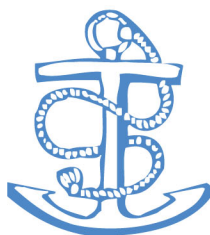




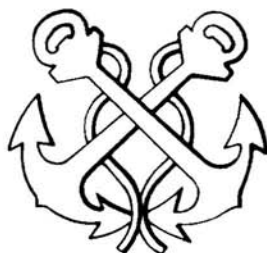
ΛΥΚΕΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΩΝ
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ

Γ. Φ. Δανιήλ - Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλου
ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΩΝ ΜΗΧ., ε.α.



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
Α.Δ.Σ.Ε.Ν.
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου» προείδε ενωρίτατα και σχημάτισε τη βαθιά πεποίθηση ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο του έθνους θα αποτελούσε η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας σε συνδυασμό προς την ηθική τους αγωγή.

Την πεποίθησή του αυτή τη μετέτρεψε σε γενναία πράξη ευεργεσίας, όταν κληροδότησε σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Κατά την κλιμάκωση των σκοπών του, το Ίδρυμα πρόταξε την έκδοση τεχνικών βιβλίων τόσο για λόγους θεωρητικούς όσο και πρακτικούς. Διαπιστώθηκε πράγματι ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός των μαθητών με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έβηταν ορθά θεμέλια στην παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό.

Ειδικότερα, όσον αφορά στα εκπαιδευτικά βιβλία των σπουδαστών των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού, το Ίδρυμα ανέλαβε την έκδοσή τους σε πλήρη και στενή συνεργασία με τη Διεύθυνση Ναυτικής Εκπαιδεύσεως του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, υπό την εποπτεία του οποίου υπάγονται οι Σχολές αυτές.

Η ανάθεση στο Ίδρυμα έγινε με την υπ' αριθ. 61288/5031, της 9ης Αυγούστου 1966, απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και συγκροτήθηκε και η Επιτροπή Εκδόσεων.

Κύριος σκοπός των εκδόσεων αυτών, των οποίων το περιεχόμενο είναι σύμφωνο με τα εκάστοτε ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα του Υ.Ε.Ν, είναι η παροχή προς τους σπουδαστές των ναυτικών σχολών ΑΔΣΕΝ και Ναυτικών Λυκείων των αναγκαίων εκπαιδευτικών κειμένων, τα οποία αντιστοιχούν προς τα μαθήματα που διδάσκονται στις Σχολές αυτές.

Επίσης ελήφθη πρόνοια, ώστε τα βιβλία αυτά να είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν ήδη το επάγγελμα και εξελίσσονται στην ιεραρχία του κλάδου τους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι επέρχεται μεταβολή στη στάθμη του περιεχομένου τους.

Οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος καταβάλλουν κάθε προσπάθεια, ώστε τα βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια αλλά και προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες των σπουδαστών. Γι' αυτό και τα βιβλία αυτά έχουν προσεγμένη γλωσσική διατύπωση και η διαπραγμάτευση των θεμάτων είναι ανάλογη προς τη στάθμη της εκπαίδευσης για την οποία προορίζεται κάθε σειρά των βιβλίων.

Έτσι προσφέρονται στους καθηγητές, τους σπουδαστές της ναυτικής μας εκπαίδευσης και όλους τους αξιωματικούς του Ε.Ν. οι εκδόσεις του Ιδρύματος, των οποίων οι συμβολή στην πραγματοποίηση του σκοπού του Ευγενίου Ευγενίδου ελπίζεται να είναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ. Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς. Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Εξαρχόπουλος Π., πλοίαρχος Λ.Σ., Διευθ. Ναυτ. Εκπ. Υ.Ε.Ν.

Σύμβουλος επί των εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Μανόφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής. **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

Ι Δ Ρ Υ Μ Α Ε Υ Γ Ε Ν Ι Δ Ο Υ
Β Ι Β Λ Ι Ο Θ Η Κ Η Τ Ο Υ Ν Α Υ Τ Ι Κ Ο Υ

ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ

Γ.Φ. ΔΑΝΙΗΛ
ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ ΜΗΧ. έ.ά.

ΚΩΝ. ΗΡ. ΜΙΜΗΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ ΜΗΧ., έ.ά.

ΑΘΗΝΑ
2002



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι Ναυτικοί Ατμολέβητες είναι το σημαντικότερο τμήμα των εγκαστάσεων προώσεως των ατμοκινήτων πλοίων. Αλλά και στα νηξελοκίνητα πλοία υπάρχουν ατμολέβητες, που τροφοδοτούνται με τα καυσαέρια των κυρίων μηχανών νηξελ ή με πετρέλαιο ή και με τα δύο, για την κάλυψη των αναγκών σε ατμό των πλοίων, για βοηθητικές χρήσεις ζωτικής σημασίας και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι κατασκευαστές προσπαθούν ώστε:

– Ο βαθμός αποδόσεως των Ν. Ατμολεβήτων να είναι ο μεγαλύτερος που μπορεί να αποδοθεί.

– Να παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή, ασφάλεια λειτουργίας και διάρκεια ζωής.

– Να παθαίνουν, όσον γίνεται, λιγότερες βλάβες.

Για την πραγματοποίηση όμως των παραπάνω απαιτείται η καλή και η ορθή χρήση, καθώς και η επιμελημένη συντήρηση του λέβητα. Την ευθύνη για την καλή λειτουργία και συντήρηση έχουν οι Μηχανικοί του πλοίου. Επομένως αυτοί πρέπει να γνωρίζουν καλά τη δομή και τα βασικά χαρακτηριστικά των λεβήτων, καθώς και οποιουδήποτε οργάνου ή μηχανισμού που σχετίζεται με αυτούς, το σκοπό που το κάθε όργανο ή μηχανισμός εκπληρώνει, καθώς και τον τρόπο λειτουργίας τους. Απαραίτητη επομένως είναι για τον σπουδαστή η πλήρης κατανόηση των σχετικών με τους λέβητες στοιχείων που εμπεριέχονται στο βιβλίο και όχι η απλή μόνο απομνημόνευσή τους, η οποία στην πράξη αποδεικνύεται εντελώς άχρηστη.

Πρέπει να τονισθεί εδώ ότι στο βιβλίο αυτό αναφέρονται, περιληπτικά βέβαια, και στοιχεία που αφορούν τους γαιανθρακολέβητες των πλοίων, γιατί μερικά από τα νεοαναπηγούμενα πλοία, λόγω της ενεργειακής κρίσεως, διαθέτουν τέτοιους λέβητες.

Πιστεύουμε ότι το βιβλίο αυτό, γραμμένο σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα του ΥΕΝ, θα δώσει τα κατάλληλα εφόδια στους σπουδαστές και θα συντελέσει, ώστε να γίνουν ενεργοί παράγοντες καλής λειτουργίας των πλοίων και προόδου της πολύτιμης για την οικονομία και το γόητρο της χώρας μας Εμπορικής Ναυτιλίας.

Ευχαριστούμε τους υπευθύνους των εργοστασίων κατασκευής ατμολεβήτων Babcock Power, που κατασκευάζει τους λέβητες Babcock, E. Green and Son Ltd που κατασκευάζει το λέβητα Diescon, Stone-Plat Industries, που κατασκευάζει τους βοηθητικούς λέβητες Stone, και τον κ. Alan F. Hodgkin, της εταιρίας Babcock Power Ltd, για τα πολύτιμα στοιχεία που είχαν την καλοσύνη να θέσουν υπ' όψη μας.

Τέλος, ευχαριστούμε την Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου, καθώς και το προσωπικό του Εκδοτικού τμήματος του Ιδρύματος, για τις προσπάθειες που κατέβαλαν για την όσο το δυνατόν άρτια έκδοση του βιβλίου.

Οι συγγραφείς

ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

1.1 Γενικά.

Στο βιβλίο αυτό θα εξετάσουμε τους λέβητες που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση της προωστήριας και της βοηθητικής ατμομηχανικής εγκαταστάσεως των πλοίων. Οι πρώτοι χαρακτηρίζονται ως **κύριοι** λέβητες, ενώ οι δεύτεροι ως **βοηθητικοί**. Και οι δύο ονομάζονται γενικά **Ναυτικοί Ατμολέβητες**.

Ο λέβητας είναι μία μεταλλική ατμοπαραγωγική συσκευή, ένα συγκρότημα το οποίο από το νερό παράγει ατμό με τη χρησιμοποίηση της θερμότητας. Αλλιώς μπορούμε να ορίσουμε το λέβητα ως έναν εναλλάκτη θερμότητας μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η εναλλαγή θερμότητας μεταξύ ενός ρεύματος θερμών καυσαερίων, που παράγεται με την καύση του καυσίμου, και ενός ρεύματος νερού, το οποίο, καθώς διατρέχει το λέβητα, μετατρέπεται προοδευτικά σε ατμό, κορεσμένο αρχικά και στη συνέχεια υπέρθερμο.

Οι ατμομηχανικές εγκαταστάσεις των πλοίων χρησιμοποιούν ως εργαζόμενη ουσία το νερό και είναι δύο ειδών: αυτές στις οποίες χρησιμοποιούνται εμβολοφόρες **παλινδρομικές** μηχανές και αυτές που λειτουργούν με **ατμοστρόβιλους**.

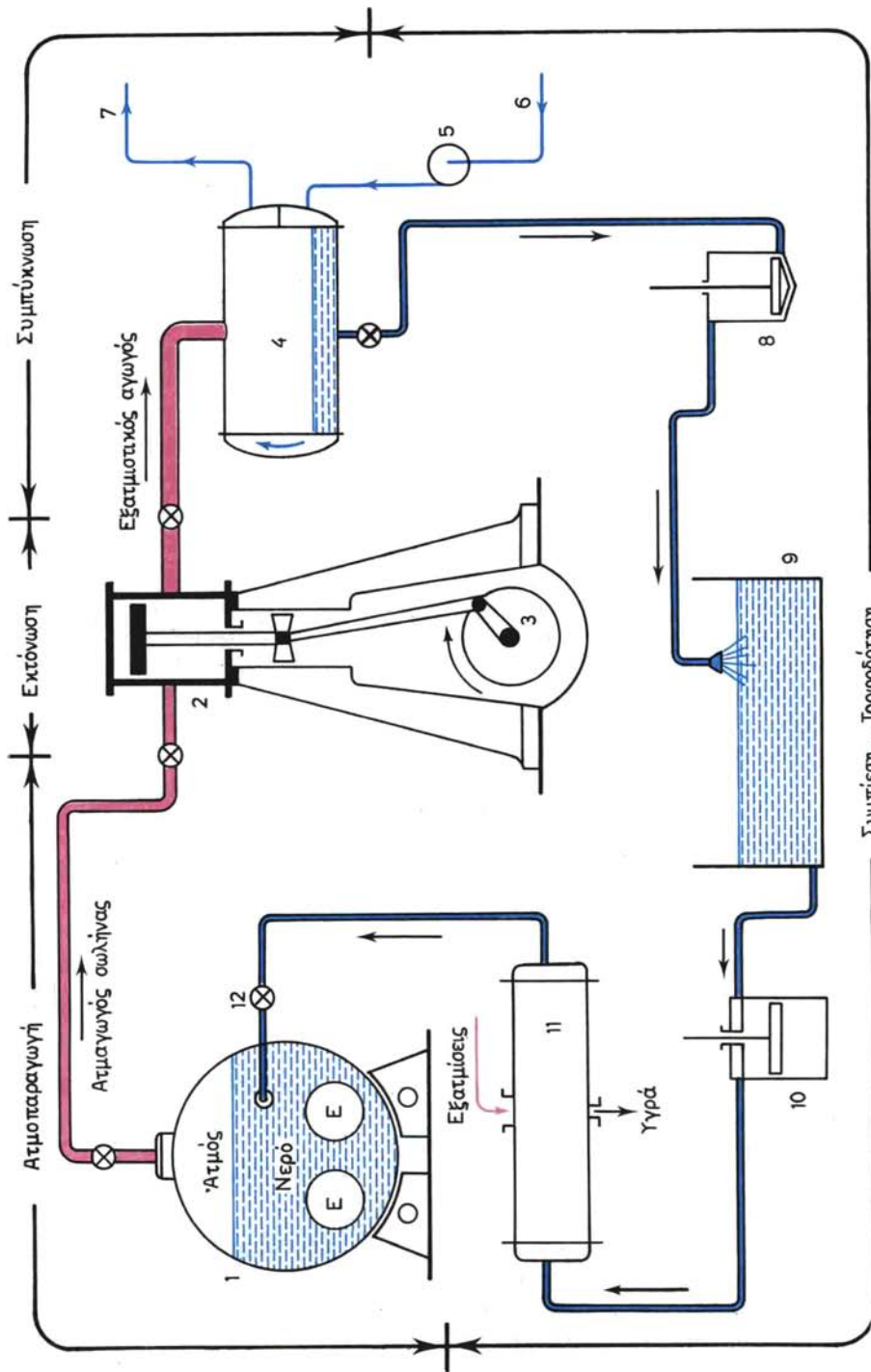
Οι πρώτες έχουν σχεδόν εκλείψει τελείως τα τελευταία χρόνια. Χρησιμοποιούνται ακόμη ελάχιστα ως προωστήριες και ως βοηθητικές για την κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων ατμοκινήτων ή πετρελαιοκινήτων πλοίων.

Οι εγκαταστάσεις με ατμοστρόβιλους είναι σε ευρεία χρήση στα πολύ μεγάλα πετρελαιοφόρα. Και αυτοί όμως, για λόγους οικονομίας σε καύσιμο, αντικαθίστανται προοδευτικά από τις πετρελαιομηχανές Diesel.

1.2 Το κύκλωμα της λειτουργίας ατμομηχανικής εγκαταστάσεως και οι βασικές μονάδες του.

1.2.1 Λειτουργία ατμομηχανικής εγκαταστάσεως με παλινδρομική ατμομηχανή (σχ. 1.2α).

Μέσα στην **εστία Ε** γίνεται η καύση του καυσίμου. Η θερμότητα που δημιουργείται παραλαμβάνεται από τα τοιχώματα της εστίας και από αυτά μεταδίδεται στο νερό το οποίο θερμαίνεται ατμοποιείται. Ο ατμός από τον **ατμοθάλαμο** του λέβητα 1 οδηγείται, με τον **ατμαγωγό** σωλήνα, στην εμβολοφόρα παλινδρομική ατμομηχανή 2, όπου εκτονώνεται και αποδίδει ενέργεια την οποία ο περιστρεφόμε-



Συμπύεση – Τροφοδότηση

Σχ. 1.2α.

Τυπική διάταξη λειτουργίας ατμομηχανικής εγκαταστάσεως με παλινδρομική ατμομηχανή.

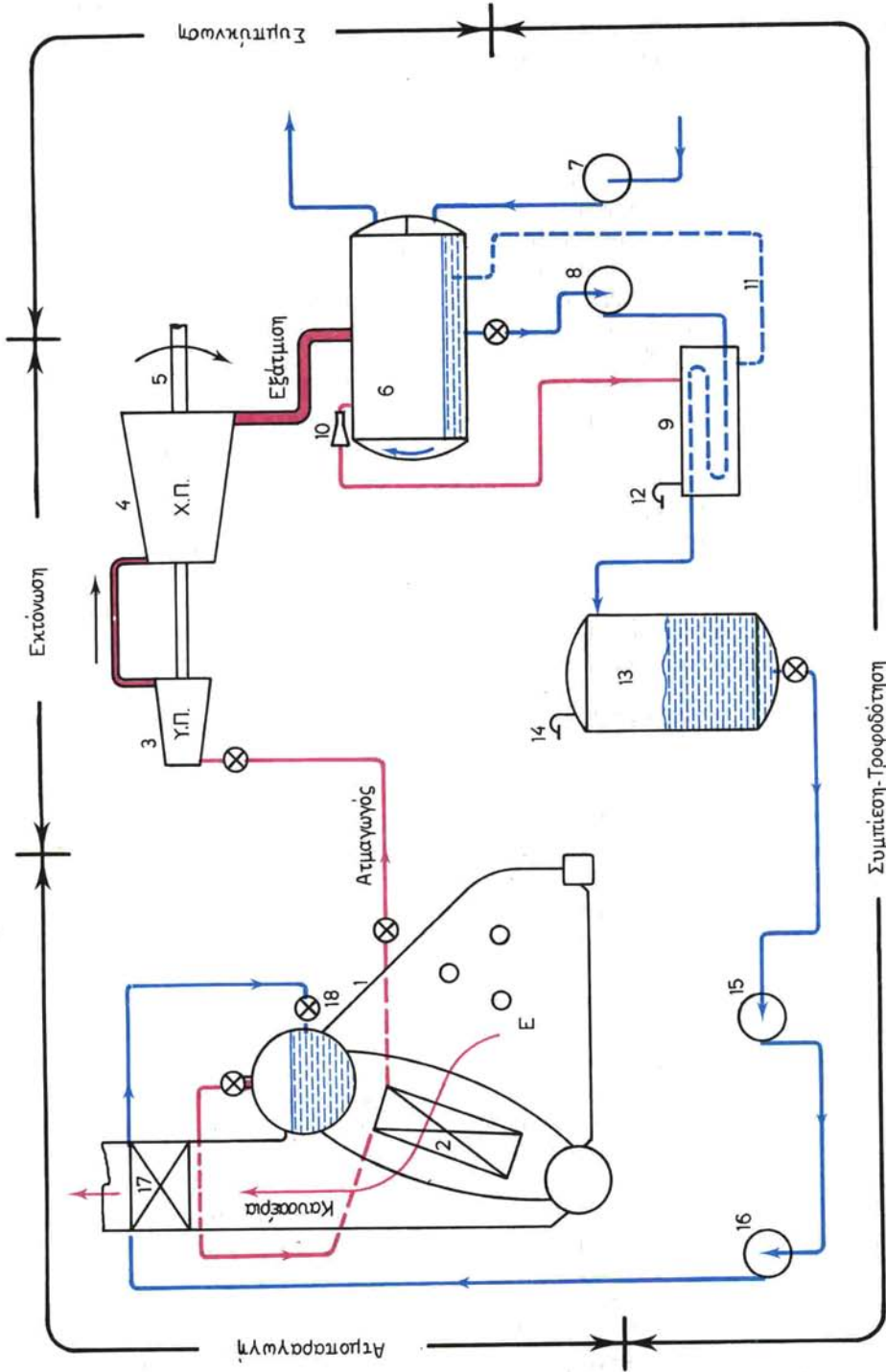
μενος άξονας 3 παραλαμβάνει ως έργο. Στις πιο σύγχρονες μηχανές, ο ατμός, μετά από τον ατμοφράκτη καί προτού επενεργήσει στη μηχανή, διέρχεται από ιδιαίτερη συσκευή που λέγεται **υπερθερμαντήρας**, όπου με σταθερή την πίεσή του παραλαμβάνει πρόσθετη θερμότητα και αποκτά θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτήν που αντιστοιχεί στον κορεσμένο ατμό της ίδιας πίεσεως. Γίνεται δηλαδή **υπέρθερμος** ατμός.

Ο ατμός, αφού ενεργήσει στη μηχανή, οδηγείται με μειωμένη ενέργεια (πίεση και θερμοκρασία) ως **εξάτμιση** με τον εξατμιστικό αγωγό προς το **συμπυκνωτή** ή **ψυγείο** 4. Εκεί περιβάλλει τους **αυλούς** του ψυγείου μέσα από τους οποίους κυκλοφορεί το θαλάσσιο νερό ψύξεως. Το νερό αυτό καταθλίβεται από την αντλία κυκλοφορίας 5 ή περιστροφική με το σωλήνα 6 και, αφού ψύξει τις εξατμίσεις, εξέρχεται στη θάλασσα από την πλευρά του σκάφους με το σωλήνα 7. Έτσι οι εξατμίσεις της μηχανής ψύχονται και συμπυκνώνονται στο κατώτερο μέρος του ψυγείου. Με τη συμπύκνωση αυτή δημιουργείται μέσα στο ψυγείο κενό που συντελεί στην επαύξηση του έργου της μηχανής. Το νερό που προήλθε από τη συμπύκνωση των εξατμίσεων, το αναρροφά η αντλία συμπυκνώματος ή **αεραντλία** 8 και το καταθλίβει στην τροφοδοτική δεξαμενή ή **θερμοδοχείο** 9. Από εκεί άλλη αντλία, η **τροφοδοτική** ή **τροφοδοτικό ππάριο** 10, το αναρροφά και το καταθλίβει με πίεση μεγαλύτερη από αυτήν που επικρατεί μέσα στο λέβητα προς τον **προθερμαντήρα** τού νερού 11, όπου αυτό προθερμαίνεται με τις εξατμίσεις των βοηθητικών μηχανημάτων της εγκαταστάσεως και συνέχεια εισέρχεται στο λέβητα, μέσω του τροφοδοτικού επιστομίου 12, προς ατμοποίηση. Ο κύκλος των μεταβολών αυτών επαναλαμβάνεται συνεχώς, όσο η μηχανή λειτουργεί.

1.2.2 Λειτουργία ατμομηχανικής εγκαταστάσεως με ατμοστρόβιλο (σχ. 1.2β).

Μέσα στην **εστία** Ε του **λέβητα** 1 γίνεται η καύση του καυσίμου. Η θερμότητα που αναπτύσσεται ατμοποιεί το νερό και υπερθερμαίνει τον παραγόμενο ατμό, ο οποίος από τον ατμοθάλαμο οδηγείται στον **υπερθερμαντήρα** 2. Ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται, διαμέσου του κύριου ατμοφράκτη, προς τους στρόβιλους Υ.Π. (υψηλής πίεσεως) 3 και Χ.Π. (χαμηλής πίεσεως) 4, όπου εκτονώνεται και παράγει το έργο, που παραλαμβάνεται από τον **άξονα** 5. Κατόπιν, με τον εξατμιστικό αγωγό οδηγείται ως εξάτμιση προς το **συμπυκνωτή** ή **ψυγείο** 6, όπου συμπυκνώνεται, στο κατώτερο μέρος του, σε νερό. Η συμπύκνωση αυτή γίνεται με θαλάσσιο νερό που καταθλίβει η αντλία κυκλοφορίας 7, το οποίο κυκλοφορεί μέσα από τους αυλούς του ψυγείου και, αφού ψύξει τις εξατμίσεις που περιβάλλουν τους αυλούς, εξέρχεται στη θάλασσα από την πλευρά του πλοίου.

Το συμπύκνωμα του ψυγείου το απορροφά η αντλία συμπυκνώματος 8 και το καταθλίβει πρώτα προς τον **ψυκτήρα** 9 των **εκχυτήρων** κενού 10. Οι εκχυτήρες αναρροφούν τον αέρα και όσους ατμούς δε συμπυκνώθηκαν μέσα στο κύριο ψυγείο και τους καταθλίβουν προς τον ψυκτήρα 9, όπου οι ατμοί συμπυκνώνονται σε νερό και με το σωλήνα 11 επανέρχονται στο κύριο ψυγείο, ενώ ο αέρας και άλλα αέρια που περιέχονται στο σύστημα, εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα με το **εξαεριστικό** 12. Έτσι με την ενέργεια των εκχυτήρων το κενό στο ψυγείο ανεβαίνει σε πολύ υψηλές τιμές (98-99% του τέλειου κενού). Αφού τώρα το συμπύκνωμα πραγματοποιήσει την ψύξη μέσα στον ψυκτήρα των εκχυτήρων, συνεχίζει την πορεία του μέσα από την **εξαεριστική τροφοδοτική δεξαμενή** 13 (De-aerating Feed



Σχ. 1.2β. Τυπική διάταξη λειτουργίας ατμομηχανικής εγκατάστασας με ατμοστρόβιλο.

Tank ή D.F.T), όπου προθερμαίνεται και απαλλάσσεται από τον αέρα και τα άλλα αέρια που περιείχε. Η εξαεριστική δεξαμενή, που λέγεται πολλές φορές και θερμοδοχείο, τροφοδοτείται με ατμό **απομαστεύσεως** από τους κύριους στρόβιλους ή με τις εξατμίσεις των βοηθητικών μηχανημάτων. Το νερό μέσα στην εξαεριστική δεξαμενή φθάνει στη θερμοκρασία βρασμού οπότε η ικανότητά του να διαλύει αέρα και άλλα αέρια μηδενίζεται και έτσι το νερό συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος της δεξαμενής, ενώ τα αέρια απάγονται προς την ατμόσφαιρα από το **εξαεριστικό** 14. Το νερό από τον πυθμένα της εξαεριστικής δεξαμενής αναρροφάται από την **ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως** 15, η οποία το καταθλίβει στην αναρρόφηση της **κύριας αντλίας τροφοδοτήσεως** 16. Αυτή το καταθλίβει με πίεση μεγαλύτερη από αυτήν του λέβητα προς τον **οικονομητήρα** 17 όπου αυτό θερμαίνεται με τα καυσαέρια ακόμη περισσότερο και εισέρχεται τελικά στο λέβητα δια του τροφοδοτικού **επιστομίου** 18 προς ατμοποίηση.

Ο κύκλος των μεταβολών αυτών επαναλαμβάνεται συνεχώς, όσο η μηχανή λειτουργεί.

Σημείωση:

Και στις δύο προηγούμενες λειτουργίες υπάρχουν πολλές παραλλαγές και βελτιώσεις που περιγράφονται λεπτομερέστερα στο βιβλίο των ατμομηχανών.

- Πάντως, και στα δύο κυκλώματα οι βασικές φάσεις λειτουργίας είναι τέσσερις:
- Η **ατμοπαραγωγή** με θέρμανση του νερού στο λέβητα και στον υπερθερμαντήρα.
 - Η **εκτόνωση** τού ατμού μέσα στην ατμομηχανή και η παραγωγή του έργου.
 - Η **συμπύκνωση** του ατμού σε νερό μέσα στο ψυγείο.
 - Η **συμπίεση** του νερού σε πίεση υψηλότερη από αυτήν που επικρατεί στο λέβητα και η **τροφοδότηση** του λέβητα με προθερμασμένο νερό.

1.3 Παράσταση του κύκλου των ατμομηχανών σε διάγραμμα T-S.

Αυτή γίνεται με τρόπο απλό στο γνωστό από τη θερμοδυναμική εντροπικό διάγραμμα νερού-ατμού, με κάθετο άξονα την απόλυτη θερμοκρασία T (σε βαθμούς Κελβίν) και οριζόντιο την εντροπία S.

Σ' αυτό, όπως είναι γνωστό, το έργο υπολογίζεται σε μονάδες θερμότητας και προσδιορίζεται από τη μέτρηση των επιφανειών, αφού προηγουμένως καθορισθούν οι χρησιμοποιούμενες κλίμακες των μεγεθών T και S.

Στο σχήμα 1.3α παριστάνεται η λειτουργία της μηχανής με κορεσμένο ατμό σ' ένα τέτοιο διάγραμμα, στο οποίο είναι χαραγμένες η πρώτη (αριστερά) και η δεύτερη (δεξιά) οριακές καμπύλες, και οι θερμοκρασίες του απόλυτου μηδέν, του μηδέν της κλίμακας Κελσίου 0°C (δηλαδή 273°K) της απόλυτης θερμοκρασίας του ψυγείου T_1 και της απόλυτης θερμοκρασίας του ατμού T_2 .

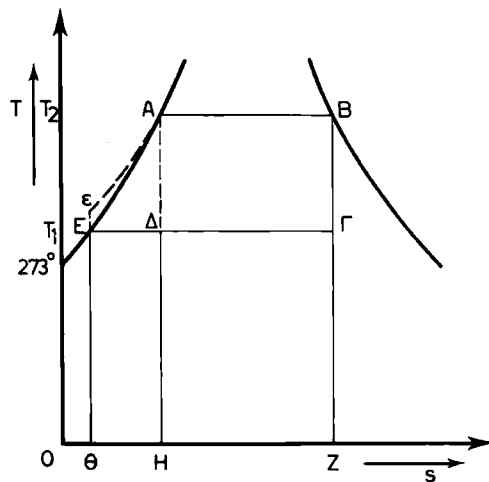
Σ' αυτό είναι:

AB: η υπό σταθερή πίεση του λέβητα και σταθερή θερμοκρασία T_2 ατμοποίηση. Στο σημείο B, ο ατμός είναι ξηρός κορεσμένος.

ΒΓ: η αδιαβατική εκτόνωση μέχρι τήν πίεση και θερμοκρασία T_1 της συμπύκνωσης. Στο σημείο Γ ο ατμός έχει γίνει υγρός κορεσμένος.

ΓΔΕ: η υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία συμπύκνωση, όπου ο ατμός γίνεται προοδευτικά υγρότερος μέχρις ότου στο σημείο Ε μετατραπεί σε νερό.

Από το σημείο Ε αρχίζει η συμπίεση του νερού από τήν τροφοδοτική αν-



Σχ. 1.3α.

Παράσταση της λειτουργίας της μηχανής με κορεσμένο ατμό.

τλία και η ανύψωση της θερμοκρασίας του κατά την $E\epsilon A$. Για λόγους ευκολίας όμως θεωρούμε ότι η φάση αυτή πραγματοποιείται επάνω στην πρώτη οριακή καμπύλη, ώστε να είναι:

EA : η συμπίεση-τροφοδότηση μέχρι την πίεση και θερμοκρασία του λέβητα.

Έτσι η λειτουργία της μηχανής παριστάνεται από το διάγραμμα $AB\Gamma\Delta EA$.

Η επιφάνεια $EAH\theta EA$ παριστάνει τη χορηγούμενη αισθητή θερμότητα, ενώ η $ABZHA$ τη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης και η $E\Gamma Z\theta E$ τη θερμότητα που αφαιρείται με την ψύξη του ατμού κατά τη συμπύκνωση. Έτσι το έργο που αποδίδεται από τον ατμό παριστάνεται σε μονάδες θερμότητας από την επιφάνεια $AB\Gamma EA$ και ο θερμικός βαθμός αποδόσεως του κύκλου είναι ο λόγος επιφανειών:

$$\frac{AB\Gamma EA}{ABZ\theta EA}$$

Στο σχήμα 1.3β παριστάνεται η λειτουργία της μηχανής με υπέρθερμο ατμό. Η παράσταση είναι ίδια με τη διαφορά ότι στο σημείο B αρχίζει η υπερθέρμανση με σταθερή πίεση μέχρι την τελική θερμοκρασία υπέρθερμου T_s κατά την BI . Από το σημείο I αρχίζει η αδιαβατική εκτόνωση IK και από το K η συμπύκνωση KE .

Η πρόσθετη θερμότητα υπερθερμάνσεως παριστάνεται από την επιφάνεια $BI\Lambda ZB$.

Το έργο της μηχανής σε μονάδες θερμότητας είναι $ABIKEA$ και ο θερμικός βαθμός αποδόσεως ο λόγος:

$$\frac{ABIKEA}{ABI\Lambda\theta EA}$$

Ας σημειωθεί ότι και οι δύο κύκλοι αφορούν και τις δύο κατηγορίες μηχανών, παλινδρομικές και στρόβιλους, ανάλογα με το αν η εγκατάσταση διαθέτει η όχι υπερθερμαντήρα.

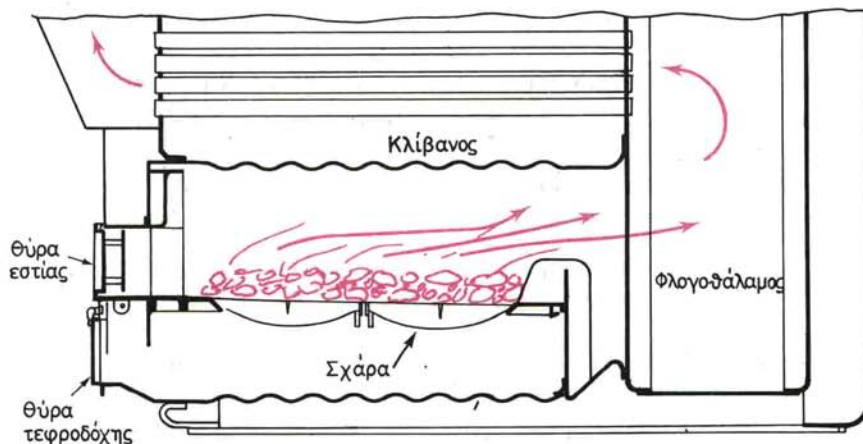
Στους υδραυλωτούς έχει πρισματική μορφή και περιβάλλεται από κατάλληλη μεταλλική κατασκευή που επενδύεται εσωτερικά από πυρίμαχο πλινθόκτισμα.

Στους σύγχρονους υδραυλωτούς μεγάλης ατμοπαραγωγής περιβάλλεται από σωλήνες μικρής διαμέτρου πολύ κοντά ή σε επαφή μεταξύ τους, μέσα από τους οποίους κυκλοφορεί το νερό που ατμοποιείται. Οι σωλήνες αυτοί λέγονται **υδρότοιχοι** και αποτελούν τα τοιχώματά της.

Στους **γαιανθρακολέβητες**, η εστία διαιρείται με τη σχάρα σε δύο μέρη: την κυρίως εστία (πάνω) και την τεφροδόχη (κάτω).

Στη σχάρα (κοινού τύπου ή μηχανική, κινούμενη με ιδιαίτερο εξωτερικό μηχανήμα), τοποθετείται ο προς καύση γαιάνθρακας. Αυτή αποτελείται από τα **εσχάρια (μπάρες)**.

Στο σχήμα 1.5α φαίνεται η διάταξη εστίας-τεφροδόχης-σχάρας σε κυλινδρικό γαιανθρακολέβητα. Διακρίνονται επίσης η **θύρα της εστίας**, από την οποία γίνεται η εισαγωγή του γαιάνθρακα, και η **θύρα της τεφροδόχης**, από την οποία εισέρχεται ο καυσιγόνος αέρας και εξάγονται αντίστοιχα τα κατάλοιπα της καύσεως (τέφρες και σκουριές).



Σχ. 1.5α.

Η διάταξη εστίας-τεφροδόχης-σχάρας σε κυλινδρικό γαιανθρακολέβητα.

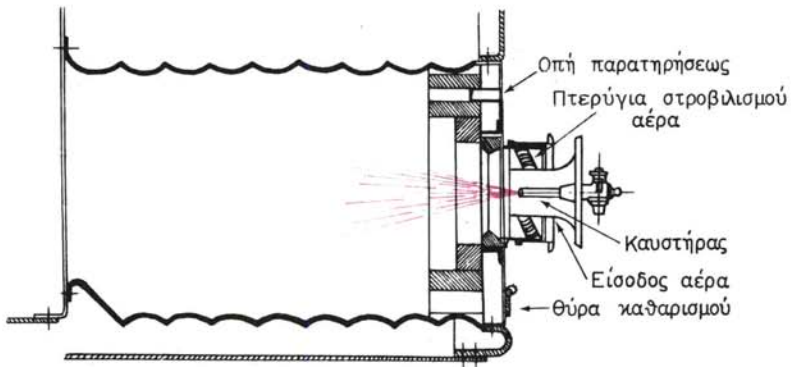
Στα πλοία, από το τέλος του Β΄ Παγκόσμιου πολέμου και μετά, χρησιμοποιείται, αποκλειστικά σχεδόν, το πετρέλαιο λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει. Με την ελάττωση όμως των αποθεμάτων του πετρελαίου στον πλανήτη μας, άρχισε ξανά η χρησιμοποίηση του γαιάνθρακα και στα πλοία.

Στους **πετρελαιολέβητες** δεν υπάρχει σχάρα. Το καύσιμο στην περίπτωση αυτή εισάγεται με πίεση στην εστία από ειδικό εξάρτημα που λέγεται **καυστήρας** και ο καυσιγόνος αέρας από κατάλληλες θυρίδες που υπάρχουν στο λεγόμενο **κώνο αέρα**, ο οποίος περιβάλλει τον καυστήρα (σχ. 1.5β).

Το ίδιο συμβαίνει και στους λέβητες κονιοποιημένου γαιάνθρακα.

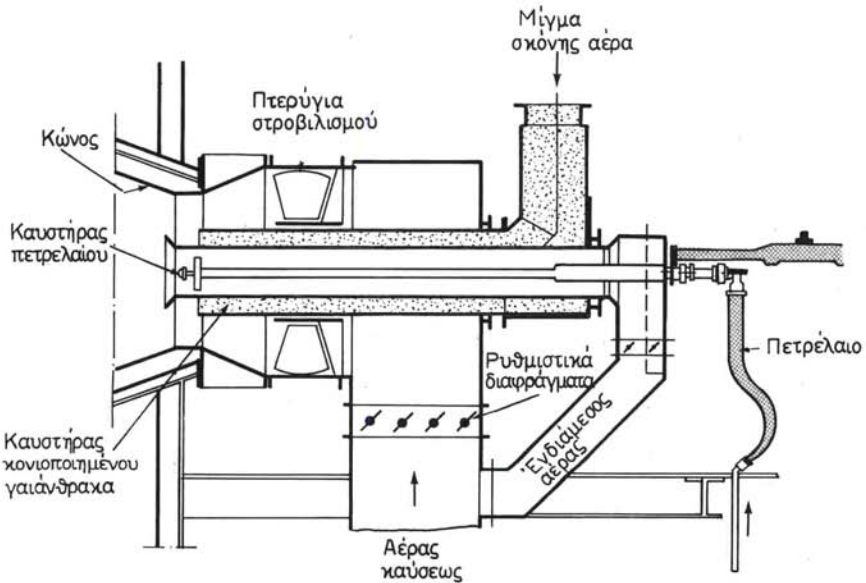
Στο σχήμα 1.5γ φαίνεται ο καυστήρας του κονιοποιημένου γαιάνθρακα ο οποίος εσωτερικά φέρει και καυστήρα για την καύση πετρελαίου.

Διακρίνουμε τα ελικοειδή περύγια στροβιλισμού του καυσιγόνου αέρα και τον



Σχ. 1.5β.

Η εισαγωγή του καυσίμου στους πετρελαιολέβητες.



Σχ. 1.5γ.

Ο καυστήρας κονιοποιημένου γαιάνθρακα στους λέβητες.

κατακόρυφο τροφοδοτικό σωλήνα του μίγματος σκόνης-αέρα που έρχεται υπό πίεση από ιδιαίτερο ανεμιστήρα. Επίσης τον κώνο αέρα ο οποίος περιβάλλει τον καυστήρα.

ε) Ο **φλογοθάλαμος** είναι ο χώρος μέσα στον οποίο αποπερατώνεται η καύση των αερίων.

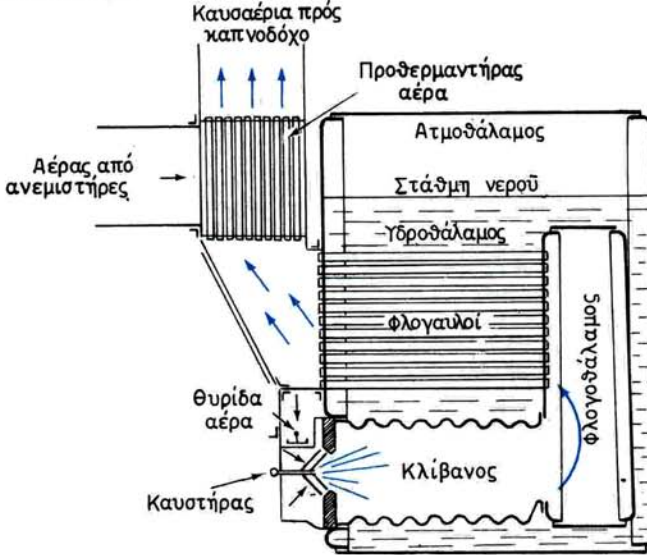
στ) Οι **αυλοί** είναι σωλήνες με μεγάλο μήκος και μικρή διάμετρο. Μέσα από τους αυλούς διέρχονται φλόγες και καυσαέρια (**φλογαυλοί**), οπότε αυτοί περιβάλλονται από το νερό, ή το προς ατμοποίηση νερό (**υδραυλοί**), οπότε περιβάλλονται από τις φλόγες και τα καυσαέρια. Σκοπός των αυλών είναι να δημιουργήσουν μεγάλη επι-

φάνεια μεταδόσεως της θερμότητας στο νερό μέσα σ' έναν ορισμένο χώρο.

ζ) Ο **καπνοθάλαμος**, που συνδέει το θερμαντήρα με την καπνοδόχο.

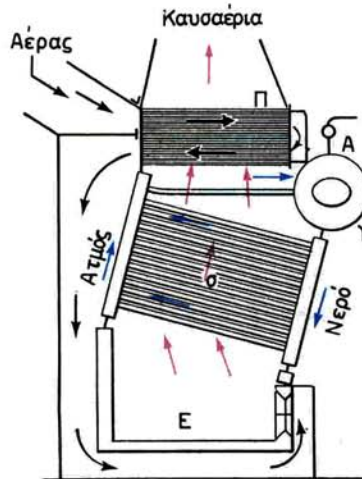
η) Η **καπνοδόχος**, που οδηγεί τα αέρια της καύσεως προς την ατμόσφαιρα.

Στο σχήμα 1.5δ φαίνεται η γενική διάταξη κυλινδρικού πετρελαιολέβητα στον οποίο διακρίνονται τα κυριότερα μέρη του. Αυτός είναι εφοδιασμένος και με προθερμαντήρα αέρα, ο οποίος καταθλίβεται με πίεση από τους ανεμιστήρες προς τους κώνους αέρα.



Σχ. 1.5δ.

Η γενική διάταξη κυλινδρικού πετρελαιολέβητα.



Σχ. 1.5ε.

Γενική διάταξη πετρελαιολέβητα τύπου Babcock-Wilcox με προθερμαντήρα.

Στο σχήμα 1.5ε φαίνεται η γενική διάταξη πετρελαιολέβητα τύπου Babcock-Wilcox με προθερμαντήρα αέρα Π. Διακρίνουμε τον ατμοθάλαμο Α, τον υδροθάλαμο Υ, τους αυλούς σ και την εστία Ε. Στο σχήμα φαίνεται επίσης και η πορεία του νερού-ατμού και των καυσαερίων μέχρι την έξοδό τους προς την ατμόσφαιρα.

1.6 Γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία των λεβήτων.

Τα κύρια χαρακτηριστικά στοιχεία που προσδιορίζουν το μέγεθος και τις ικανότητες των λεβήτων, είναι η **πίεση** και η **θερμοκρασία** του παραγόμενου ατμού και η παροχή του, που αλλιώς λέγεται **ατμοπαραγωγική ικανότητα**.

- α) **Η πίεση του ατμού p** μετρείται με βάση τη φυσική ατμόσφαιρα (atm) σε μονάδες bar ή σε kp/cm^2 ή τέλος στο αγγλικό σύστημα σε lb/in^2 (λίμπρες ανά τετραγωνική ίντσα) που γράφονται psi (pounds per square inch) Είναι:

$$1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kp/cm}^2 = 1,01325 \text{ bar} = 14,7 \text{ psi}$$

$$1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ kp/cm}^2 = 14,5038 \text{ psi}$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 14,223 \text{ psi}$$

Στην πράξη είναι αρκετό να λαμβάνονται ως:

$$1 \text{ bar} = 1,02 \text{ kp/cm}^2 = 14,5 \text{ psi}$$

$$\text{και } 1 \text{ kp/cm}^2 = 14,22 \text{ psi}$$

- β) **Η θερμοκρασία του ατμού t** μετρείται σε βαθμούς Κελσίου $^{\circ}\text{C}$ ή Fahrenheit και είναι:

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} \quad \text{και} \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

Επίσης σε βαθμούς απόλυτης θερμοκρασίας T, Kelvin $^{\circ}\text{K}$ ή Rankine $^{\circ}\text{R}$, όπου:

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273^{\circ} \quad \text{και} \quad ^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 461^{\circ}$$

Αυτή για υγρό και ξηρό κορεσμένο ατμό είναι καθορισμένη από την πίεση του ατμού, όπως είναι γνωστό από τη θεωρία της ατμοπαραγωγής, και κατά κανόνα παραλείπεται. Χρησιμοποιείται μόνο όταν ο λέβητας παράγει **υπέρθερμο** ατμό.

- γ) **Η ατμοπαραγωγική ικανότητα Α** χρησιμεύει ως μέτρο της **ισχύος** του λέβητα και κατ' επέκταση της ιπποδυνάμειας της μηχανής που μπορεί αυτός να εξυπηρετήσει. Μετρείται σε τόννους ή kg ή lb παραγόμενου ατμού ανά ώρα.

Είναι φανερό ότι, επειδή η ατμοπαραγωγική ικανότητα είναι ηλίθια του βάρους του ατμού δια του χρόνου και κάθε μονάδα βάρους ατμού περιέχει ορισμένη θερμότητα, που αντιστοιχεί σε ανάλογο έργο, θα ισοδυναμεί με έργο που παράγεται στη μονάδα του χρόνου. Έτσι έχει τις ίδιες φυσικές διαστάσεις με την ισχύ, ώστε αντί για την ιπποδύναμη του λέβητα να δίνεται η ατμοπαραγωγική ικανότητά του και τα στοιχεία (πίεση-θερμοκρασία) του ατμού που παράγει.

Για τη μέτρηση της ισχύος των λεβήτων, αλλά ορθότερα για τη σύγκριση διάφορων λεβήτων μεταξύ τους, χρησιμοποιείται μερικές φορές και ο λεγόμενος **διεθνής ίππος λέβητα**. Αυτός είναι μία συμβατική μονάδα και εκφράζει το ισοδύναμο της θερμότητας που απαιτείται για να εξατμιστούν $34,5 \text{ lb}$ νερού θερμοκρασίας

212°F και να μετατραπούν σε ατμό της ίδιας θερμοκρασίας σε χρόνο 1 ώρας.

Στο μετρικό σύστημα ορίσθηκε ως το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για τη μετατροπή 15,63 kg νερού θερμοκρασίας 100°C σε ατμό της ίδιας θερμοκρασίας σε μία ώρα.

Επειδή όμως, όπως γνωρίζουμε από τη θεωρία του ατμού, η θερμότητα αυτή είναι γενικά η λανθάνουσα θερμότητα και είναι ίση προς 537 kcal/kg, συμπεραίνουμε ότι:

$$1 \text{ ίππος λέβητα} = 15,63 \times 537 = 8940 \text{ kcal/h}$$

Αλλά, επειδή 1 kcal = 427 kpm, 1h = 3600" δευτερόλεπτα και 1 μετρικός ίππος PS είναι 75 kpm/sec, θα είναι

$$8940 \text{ kcal/h} = \frac{8940 \times 427}{3600 \times 75} = 14 \text{ PS περίπου}$$

Δηλαδή ο ίππος λέβητα είναι περίπου 14 φορές μεγαλύτερος από το γνωστό μας ίππο με τον οποίο μετρείται γενικά η ιπποδύναμη.

Τα άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία των λεβήτων είναι:

1. Ο τύπος του λέβητα.

Ο όρος αυτός χαρακτηρίζει την κατηγορία στην οποία ανήκει ο λέβητας και συχνά συνοδεύεται από το όνομα του εργοστασίου που τον κατασκεύασε. Λέμε π.χ. λέβητας υδραυλωτός Babcock-Wilcox M.R.R (Marine Radiant Reheat), δηλαδή ναυτικού τύπου ακτινοβολίας με αναθέρμανση του ατμού κλπ.

2. Η θερμαινόμενη επιφάνεια Θ.

Αυτή αποτελείται από το άθροισμα των επιφανειών διαμέσου των οποίων η θερμότητα μεταδίδεται προς το νερό ή αλλιώς είναι η επιφάνεια που περικλείει το θερμαντήρα. Βρίσκεται σε επαφή από τη μια πλευρά της με τις φλόγες και τα καυσαέρια και από την άλλη με το νερό. Όταν βρίσκεται σε επαφή με τις φλόγες λέγεται *άμεση*, ενώ όταν βρίσκεται σε επαφή με τα καυσαέρια *έμμεση*.

Η διάκριση αυτή αφορά τους κυλινδρικούς λέβητες και τους κλασσικούς υδραυλωτούς στους οποίους η εστία επενδύεται με μονωτική πλινθόκτιση.

Στους σύγχρονους υδραυλωτούς λέβητες, στους οποίους όπως είπαμε η εστία επενδύεται με υδραυλούς (υδρότοιχους), η θερμότητα που αναπτύσσεται στην εστία μεταδίδεται προς αυτούς με *ακτινοβολία*, ενώ οι αυλοί από τα διάκενα των οποίων διέρχονται τα θερμά καυσαέρια παραλαμβάνουν τη θερμότητα από το ρεύμα των καυσαερίων *«δια μεταφοράς»* και *«εξ επαφής»*.

Έτσι η θερμαινόμενη επιφάνεια χαρακτηρίζεται σε επιφάνεια *ακτινοβολίας* και σε επιφάνεια *επαφής*.

Η επιφάνεια ακτινοβολίας απορροφά μέχρι και 40% από τη θερμότητα της καύσεως και συντελεί στην αύξηση της αποδόσεως του λέβητα. Γι' αυτό και η χρήση της έχει γενικευθεί σε όλους σχεδόν τους σύγχρονους λέβητες.

Η θερμαινόμενη επιφάνεια μετρείται σε m².

3. Η επιφάνεια σχάρας Ε.

Σχηματίζεται από τα εσχάρια επάνω στα οποία ρίχνεται ο γαιάνθρακας προς καύση. Αφορά τους γαιανθρακολέβητες μόνο και διακρίνεται σε *ολική*, που είναι το σύνολο της επιφάνειας που καταλαμβάνουν τα εσχάρια και σε *ελεύθερη*, που

είναι το άθροισμα της επιφάνειας των διακένων που σχηματίζονται ανάμεσα στα εσχάρια. Η ελεύθερη επιφάνεια είναι περίπου το $\frac{1}{3}$ της ολικής και έχει ιδιαίτερη σημασία για την ικανότητα και την καλή λειτουργία του λέβητα, γιατί προσδιορίζει την ποσότητα του αέρα που θα εισέλθει στην εστία και συνεπώς και την ποσότητα του γαιάνθρακα που μπορεί να καεί μέσα στην εστία του λέβητα στη μονάδα του χρόνου.

Οι πετρελαιολέβητες και οι λέβητες κονιοποιημένου γαιάνθρακα δεν έχουν σχάρα.

Η επιφάνεια της σχάρας μετρείται και αυτή σε m^2 .

4. Ο όγκος θαλάμου καύσεως Vκ.

Είναι ο χώρος της εστίας μέσα στον οποίο καίγεται το καύσιμο μέχρι τις πρώτες σειρές των αυλών. Αφορά όλους τους λέβητες. Η σχέση μεταξύ θερμαινόμενης επιφάνειας και θαλάμου καύσεως: Θ/V_k κυμαίνεται από 25-40 για τους υδραυλωτούς λέβητες.

Ο όγκος θαλάμου καύσεως μετρείται σε m^3 .

5. Όγκος υδροθάλαμου Vυ.

Είναι ο χώρος που καταλαμβάνει το νερό μέσα στο λέβητα. Αυτός είναι συνάρτηση της ιπποδυνάμεως της μηχανής και μετρείται σε kg νερού ανά ίππο (HP) της μηχανής.

Είναι:

- Για κυλινδρικούς λέβητες με τεχνητό ελκυσμό, 15-20 kg/HP.
- Για συνήθεις υδραυλωτούς, 2-3 kg/HP
- Για συγχρόνους υδραυλωτούς ταχείας ατμοπαραγωγής, 0,5-0,8 kg/HP περίπου.

6. Όγκος ατμοθάλαμου (Va):

Είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ο ατμός και δίνεται ως συνάρτηση της ιπποδυνάμεως της μηχανής σε dm^3/HP .

Είναι:

- Για κυλινδρικούς λέβητες με παλινδρομική μηχανή, 10-12 dm^3/HP .
- Για κυλινδρικούς με ατμοστρόβιλο, 7-8 dm^3/HP .
- Για συνήθεις υδραυλωτούς, 1-2 dm^3/HP .
- Για σύγχρονους υδραυλωτούς ταχείας ατμοπαραγωγής, 0,2-0,3 dm^3/HP .

7. Βαθμός καύσεως β.

Είναι το μέτρο της ποσότητας του καυσίμου που καίγεται, ανά μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας ή όγκου θαλάμου καύσεως στη 1 ώρα.

Μετρείται επομένως σε $kg/m^2/h$ ή σε $kg/m^3/h$. Ειδικότερα στους γαιανθρακολέβητες, ο βαθμός καύσεως μετρείται σε kg ανά m^2 επιφάνειας σχάρας και ανά ώρα $kg/m^2/h$ και λέγεται τότε **ειδική φόρτιση** της σχάρας.

Οι τιμές του βαθμού καύσεως ποικίλλουν σε ευρύτατα όρια, ανάλογα με την ποιότητα και το είδος του καυσίμου, τη μέθοδο και τις συνθήκες καύσεως, το είδος των καυστήρων, το είδος του ελκυσμού κλπ.

Μία ιδέα των ορίων του βαθμού καύσεως δίνουν οι παρακάτω τιμές:

- Για κυλινδρικό πετρελαιολέβητα με τεχνητό ελκυσμό, 1-2 $kg/m^2/h$.

- Για υδραυλωτούς λέβητες, 3-6 kg/m²/h
 - Για σύγχρονους υδραυλωτούς ταχείας ατμοπαραγωγής, 6-15 kg/m²/h.
- Ο βαθμός καύσεως σε kg ανά m³ θαλάμου καύσεως των τελευταίων αυτών λεβήτων κυμαίνεται από 150-180 kg/m³/h.

8. Βαθμός ατμοπαραγωγής R.

Αυτός λέγεται και **ειδική ατμοποίηση** του λέβητα και είναι το βάρος του παραγόμενου ατμού ανά μονάδα θερμαινόμενη επιφάνεια σε 1 ώρα.

Σε φλογαυλωτούς λέβητες φθάνει μέχρι 30-40 kg/m²/h, στους υδραυλωτούς μέχρι 50-150 kg/m²/h, ανάλογα πάντοτε με τον τύπο του λέβητα.

Είναι φανερό ότι, όταν γνωρίζουμε τη θερμαινόμενη επιφάνεια Θ και το βαθμό ατμοπαραγωγής του R, με πολλαπλασιασμό τους βρίσκουμε την ατμοπαραγωγική ικανότητα Α του λέβητα.

1.7 Αρχές κατασκευής και στοιχειώδους λειτουργίας των Ναυτικών ατμολεβήτων.

1.7.1 Οι αρχές κατασκευής.

Ο λέβητας, για να πραγματοποιεί ικανοποιητικά τον σκοπό του, πρέπει να εκπληρώνει ορισμένες προϋποθέσεις ή αλλιώς να παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα, τα οποία είναι:

α) Η μεγάλη θερμαινόμενη επιφάνεια.

Στο μικρότερο δυνατό χώρο και βάρος του λέβητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση των αυλών μεγάλου μήκους και μικρής διαμέτρου και με την κατάλληλη διάταξη της όλης επιφάνειας σ' έναν ορισμένο χώρο.

β) Η μεγάλη μετάδοση της θερμότητας.

Αυτή επιτυγχάνεται:

- Με τη χρήση, για την κατασκευή της θερμαινόμενης επιφάνειας, ευθερμαγωγών υλικών από μαλακό χάλυβα και ειδικά κράματά του.
- Με την επένδυση της εστίας με αυλους.
- Με την καλή σχεδίαση και διάταξη της θερμαινόμενης επιφάνειας σε σχέση προς την πορεία των καυσαερίων, ώστε αυτά να εγκαταλείπουν το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητάς τους στο νερό. Τοποθετείται δηλαδή η θερμαινόμενη επιφάνεια έτσι, ώστε τα καυσαέρια κατά την πορεία τους προς την καπνοδόχο να την προσβάλλουν σχεδόν κάθετα. Για το λόγο αυτό μέσα στο θερμαντήρα τοποθετούνται κατάλληλα οδηγητικά **διαφράγματα** που ρυθμίζουν την πορεία των καυσαερίων.
- Με την προσπάθεια που καταβάλλεται, όταν ο λέβητας λειτουργεί, να διατηρείται η θερμαινόμενη επιφάνεια καθαρή και από την πλευρά καύσεως (χρήση εκκαπνιστών) και από την πλευρά νερού (χημική επεξεργασία του νερού - εξαγωγές), γιατί και η αιθάλη και τα άλατα αποτελούν δυσθερμαγωγές ουσίες που εμποδίζουν τη διάβαση της θερμότητας στο νερό.

γ) Η έντονη κυκλοφορία του νερού.

Αυτή συντελεί στην αύξηση της μεταδόσεως της θερμότητας και την επιτάχυνση της ατμοποίησης. Πραγματοποιείται με την κατάλληλη τοποθέτηση των αυ-

λών, ώστε να πλησιάζουν την κατακόρυφο και να αυξάνεται έτσι η **φυσική** κυκλοφορία του νερού. Σε νεότερους λέβητες εφαρμόζεται η **τεχνητή** κυκλοφορία με ιδιαίτερη αντλία που προκαλεί την επιτάχυνση της ροής του νερού και ταχύτερη την ατμοποίηση.

δ) Οι μικρές απώλειες από ακτινοβολία του λέβητα προς το περιβάλλον.

Για το σκοπό αυτό, ο λέβητας επενδύεται με θερμομονωτικές ουσίες, όπως π.χ. μίγμα από γύψο-αμίαντο, και τα τοιχώματα της εστίας κατασκευάζονται από μονωτικούς **πυρόπλινθους** (πυρότουβλα) ή αυλούς, όπως έχομε αναφέρει, που αποτελούν τους **υδρότοιχους**. Αυτοί εκτός από το ότι απορροφούν τη θερμότητα με ακτινοβολία, εμποδίζουν τη διαφυγή της προς το περιβάλλον. Επιχρίονται γι' αυτό με ειδικά πυρίμαχα υλικά όπως είναι το ορυκτό χρώμιο (Chrome-Ore) και άλλα ανάλογα υλικά.

ε) Η ασφάλεια του λέβητα.

Ο λέβητας κατασκευάζεται από υλικά άριστης ποιότητας, τα οποία είναι ανθεκτικά στην πίεση, στις υψηλές θερμοκρασίες και στις διαβρώσεις, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για το προσωπικό που τον χειρίζεται, αλλά και για την εγκατάσταση γενικά. Υπολογίζεται και σχεδιάζεται σύμφωνα με κανόνες των διαφόρων Νηογυμνώνων, οι οποίοι προδιαγράφουν τα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής. Μετά την κατασκευή του υποβάλλεται πάντοτε στις αναγκαίες αυστηρές δοκιμές ασφάλειας και ικανοποιητικής λειτουργίας.

Εκτός από αυτά που αναφέραμε παραπάνω, οι ναυτικοί λέβητες, λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών στις οποίες εργάζονται πρέπει να παρουσιάζουν:

1. Ελάχιστο όγκο και βάρος.

Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της ταχύτητας κυκλοφορίας του νερού, της ταχύτητας των καυσαερίων, της θερμαινόμενης επιφάνειας και του βαθμού καύσεως, ο οποίος αυξάνει με τη χρησιμοποίηση του τεχνητού ελκυσμού.

2. Ικανότητα παροχής ατμού στη μέγιστη θερμοκρασία του μέσα σε μεγάλα όρια μεταβολής του βαθμού ατμοπαραγωγής. Αυτή επιτυγχάνεται με τον ορθό υπολογισμό και σωστή σχεδίαση του υπερθερμαντήρα και τη χρήση των καταλλήλων οργάνων ελέγχου θερμοκρασίας του υπέρθερμου.

3. Μέγιστη απόδοση σε πολύ μεγάλα όρια ατμοπαραγωγής.

4. Μέγιστη ικανότητα προσαρμογής στις αυξομειώσεις της ατμοπαραγωγής, ανάλογα με τις απαιτήσεις της μηχανής.

5. Μικρό χρόνο ατμοποιήσεως

6. Μεγάλη ευχέρεια επιθεωρήσεως, καθαρισμού και επισκευών.

1.7.2 Η στοιχειώδης λειτουργία του λέβητα.

Η λειτουργία ενός λέβητα διαιρείται και θα εξετασθεί συνεπώς, σε δύο διαφορετικά **κυκλώματα**: το κύκλωμα καυσίμου-αέρα-καυσαερίων και το κύκλωμα τροφοδοτικού νερού-ατμού.

α) Το κύκλωμα καυσίμου-αέρα-καυσαερίων αναφέρεται στην είσοδο του καυσίμου μέσα στην εστία και στην παράλληλη είσοδο του ατμοσφαιρικού καυσιγόνου αέρα.

Στους πετρελαιολέβητες το υγρό πετρέλαιο εισάγεται με τον καυστήρα στην εστία υπό την πίεση της αντλίας πετρελαίου, ενώ ο αέρας εισάγεται με τον κώνο αέρα που περιβάλλει τον καυστήρα. Στην υψηλή θερμοκρασία της εστίας, το πετρέλαιο ενώνεται χημικά με το οξυγόνο του αέρα, δηλαδή καίγεται, και παράγονται οι φλόγες και τα καυσαέρια.

Οι παραγόμενες φλόγες και τα καυσαέρια οδεύουν προς την καπνοδόχο του θερμαντήρα. Κατά την πορεία τους αυτή μεταδίδουν μέσα από τη θερμαινόμενη επιφάνεια τη θερμότητα στο νερό, το οποίο ατμοποιείται. Από την καπνοδόχο τέλος εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.

Σε περιπτώσεις γαιανθρακολεβήτων με κοινή σχάρα, ο στερεός γαιάνθρακας εισάγεται από τη θύρα της εστίας και διανέμεται πάνω στην επιφάνεια της σχάρας. Ο αέρας εισάγεται από τη θύρα της τεφροδόχης και μέσω των διακένων της σχάρας εισέρχεται στο χώρο της εστίας. Εκεί, κάτω από υψηλή θερμοκρασία, ο γαιάνθρακας καίγεται και παράγονται οι φλόγες και τα καυσαέρια. Ανάλογη είναι η καύση του γαιάνθρακα πάνω στις μηχανικές σχάρες.

Ο κονιοποιημένος γαιάνθρακας στους αντίστοιχους λέβητες εισάγεται στο θάλαμο καύσεως υπό πίεση αέρα εμφυσήσεως με κατάλληλους καυστήρες και καίγεται όπως το πετρέλαιο.

β) Το κύκλωμα τροφοδοτικού νερού-ατμού αναφέρεται στην είσοδο του τροφοδοτικού νερού στο λέβητα και στην ατμοποίησή του.

Το νερό καταθλίβεται από την τροφοδοτική αντλία με πίεση μεγαλύτερη από αυτή που επικρατεί μέσα στο λέβητα και εισάγεται στον υδροθάλαμο. Εκεί θερμαίνεται από τις φλόγες και τα καυσαέρια μέσω της θερμαινόμενης επιφάνειας, ατμοποιείται και ως ατμός συγκεντρώνεται στον ατμοθάλαμο του λέβητα από όπου από τον ατμοφράκτη παρέχεται προς κατανάλωση στη μηχανή.

Στα παραπάνω πρέπει να προστεθούν και τα εξής συναφή με τη λειτουργία του λέβητα:

- 1) Το πετρέλαιο εισέρχεται στην εστία, αφού πρώτα προθερμανθεί με ατμό μέσα στον **προθερμαντήρα πετρελαίου**.
- 2) Ο αέρας εισάγεται στην εστία είτε μόνο με τη βοήθεια του αναρροφητικού ρεύματος της καπνοδόχου, δηλαδή με φυσικό **ελκυσμό**, είτε με τη βοήθεια τεχνητών μέσων, των **ανεμιστήρων**, δηλαδή με **τεχνητό ελκυσμό**. Ακόμα ο αέρας μπορεί να εισέρχεται στην εστία ψυχρός, δηλαδή με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ή θερμός, αφού προηγουμένως περάσει μέσα από ιδιαίτερη συσκευή, τον **προθερμαντήρα αέρα**.
- 3) Το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στον υδροθάλαμο, αφού πρώτα προθερμανθεί μέσα σε **προθερμαντήρα νερού**, που λειτουργεί με τη θερμότητα των εξατμίσεων των βοηθητικών μηχανημάτων, ή μέσα σε 2 ή 3 εναλλακτικές θερμότητας, που λειτουργούν με ατμό απομαστεύσεως από τους στρόβιλους ή μέσα στην εξαεριστική δεξαμενή (De-aerating Feed Tank ή D.F.T), ή τέλος, μέσα σε οικονομητήρα, ο οποίος λειτουργεί με τη θερμότητα των καυσαερίων που εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.
- 4) Όταν ο ατμός εξέρχεται από το λέβητα, οδεύει απευθείας προς την κατανά-

λωση ως **φυσικός ατμός (υγρός ή ξηρός κορεσμένος)** ή περνά και από τον **υπερθερμαντήρα**, όπου υπερθερμαίνεται. Στην περίπτωση αυτή καλείται **υπέρθερμος** ατμός.

Ο υπέρθερμος ατμός, κατά την πορεία του μέσα από το στρόβιλο, μπορεί να παραληφθεί από μία ενδιάμεση εκτονωτική βαθμίδα και να οδηγηθεί ξανά μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή του λέβητα, που λέγεται **αναθερμαντήρας** (παρόμοια με τον υπερθερμαντήρα), όπου αναθερμαίνεται και οδηγείται κατόπιν στην επόμενη εκτονωτική βαθμίδα του στρόβιλου με υψηλότερο θερμικό περιεχόμενο.

Τα δύο λοιπόν βασικά κυκλώματα λειτουργίας του λέβητα είναι:

α) Προθέρμανση πετρελαίου — προθέρμανση αέρα — είσοδος καυσίμου και αέρα στην εστία — καύση και παραγωγή φλογών και καυσαερίων — μετάδοση της θερμότητας στο νερό προς ατμοποίηση — υπερθέρμανση του ατμού από τον υπερθερμαντήρα και ενδεχομένως αναθέρμανσή του στον αναθερμαντήρα — προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού από τον οικονομητήρα — προθέρμανση του καυσιγόνου αέρα από τον προθερμαντήρα αέρα — έξοδος καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

β) Προθέρμανση του νερού στον προθερμαντήρα ή στους εναλλάκτες θερμότητας και την εξαεριστική δεξαμενή — προθέρμανση του νερού στον οικονομητήρα — είσοδος στον υδροθάλαμο — ατμοποίηση — υπερθέρμανση του ατμού — έξοδος του προς την κατανάλωση — ενδεχομένως ενδιάμεση αναθέρμανση του ατμού και επιστροφή προς την κατανάλωση.

1.8 Γενική περιγραφή εγκαταστάσεως λεβητοστασίου. Βοηθητικά μηχανήματα και συσκευές.

1.8.1 Το λεβητοστάσιο.

Λεβητοστάσιο γενικά ονομάζεται ο ιδιαίτερος χώρος του μηχανοστασίου του πλοίου, μέσα στον οποίο τοποθετείται ο **λέβητας** με τα αναγκαία για τη λειτουργία του **μηχανήματα και συσκευές**.

Σε νεότερες εγκαταστάσεις το λεβητοστάσιο τοποθετείται πάνω από το μηχανοστάσιο και ο λέβητας, σε ορισμένες περιπτώσεις, μέσα στη βάση της καπνοδόχου.

Για την ικανοποιητική λειτουργία των λεβήτων είναι απαραίτητο να υπάρχουν ορισμένες **συσκευές και μηχανήματα** προσαρμοσμένα πάνω στο λέβητα ή εγκαταστημένα μέσα στο χώρο του λεβητοστασίου, τα οποία εξυπηρετούν ανάλογες βοηθητικές λειτουργίες του.

1.8.2 Οι συσκευές.

α) Προθερμαντήρες πετρελαίου.

Χρησιμοποιούν για την προθέρμανση του πετρελαίου, πριν αυτό εισέλθει στην εστία. Αποτελούνται από δέσμες αυλών στο εσωτερικό των οποίων κυκλοφορεί το πετρέλαιο. Εξωτερικά των αυλών κυκλοφορεί ατμός από τη βοηθητική ατμαγωγό σωλήνωση, ο οποίος και προθερμαίνει το πετρέλαιο. Έτσι διευκολύνεται η αφή του, γίνεται λεπτόρρευστο ώστε να ψεκάζεται τέλεια με τους καυστήρες και να πραγματοποιείται η μεγαλύτερη κατά το δυνατόν επαφή των μορίων του με τα μόρια του αέρα και από την επαφή αυτή η καλύτερη δυνατή καύση.

β) Προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού.

Χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Αποτελούνται, συνήθως, από δέσμες αυλών, στο εσωτερικό των οποίων κυκλοφορεί το νερό που κατευθύνεται προς το λέβητα. Εξωτερικά των αυλών κυκλοφορούν οι εξατμίσεις των βοηθητικών μηχανημάτων της εγκαταστάσεως. Με αυτό τον τρόπο η θερμότητα των εξατμίσεων χρησιμοποιείται επωφελώς.

Οι εναλλάκτες με απομάστευση, που έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα, και η D.F.T. εκπληρώνουν τον ίδιο σκοπό, προθερμαίνουν δηλαδή το νερό.

γ) Οικονομητήρες τροφοδοτικού νερού.

Απορροφούν μέρος από τις θερμίδες των εξερχομένων καυσαερίων για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Αποτελούνται από σύστημα αυλών στο εσωτερικό των οποίων κυκλοφορεί το νερό που κατευθύνεται προς το λέβητα. Εξωτερικά των αυλών κυκλοφορούν τα καυσαέρια. Τοποθετούνται και αυτοί στην έξοδο των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

δ) Προθερμαντήρες αέρα.

Χρησιμεύουν για την προθέρμανση του καυσιγόνου αέρα. Τοποθετούνται συνήθως στην έξοδο των καυσαερίων, δηλαδή πριν από την καπνοδόχο. Αποτελούνται, στην απλούστερη διάταξή τους, από δέσμη αυλών στο εσωτερικό των οποίων διέρχονται καυσαέρια. Στο εξωτερικό τους κυκλοφορεί ο αέρας που οδηγείται στη συνέχεια προς την εστία. Με αυτό τον τρόπο μέρος από τις θερμίδες, που με τα καυσαέρια απάγονται προς την ατμόσφαιρα, εισάγονται ξανά στην εστία περιορίζοντας έτσι την απώλεια θερμίδων.

ε) Υπερθερμαντήρες.

Με παρόμοιο τρόπο χρησιμοποιείται η θερμότητα των καυσαερίων και για την υπερθέρμανση του ατμού. Οι υπερθερμαντήρες αποτελούνται από δέσμες αυλών στο εσωτερικό των οποίων διέρχεται ο κορεσμένος ατμός του λέβητα. Στο εξωτερικό των αυλών κυκλοφορούν τα καυσαέρια.

στ) Αναθερμαντήρες.

Είναι παρόμοιες συσκευές με τους υπερθερμαντήρες. Χρησιμεύουν για την ενδιάμεση αναθέρμανση του ατμού με τα καυσαέρια.

ζ) Αφυπερθερμαντήρες.

Χρησιμεύουν για τον υποβιβασμό της θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού. Συνήθως αποτελούνται από οφιοειδή σωλήνα, ο οποίος τοποθετείται μέσα στον υδροθάλαμο. Στο εσωτερικό του σωλήνα διέρχεται ο υπέρθερμος ατμός που μεταδίδει μέρος από τη θερμότητα υπερθερμάνσεώς του προς το νερό του υδροθαλάμου και έτσι αφυπερθερμαίνεται.

Ο τύπος αυτός αφυπερθερμαντήρα λέγεται **εσωτερικός** αφυπερθερμαντήρας. Υπάρχει όμως και ο **εξωτερικός**, με τη μορφή συνηθισμένου εναλλάκτη, από τον οποίο διέρχεται ο υπέρθερμος ατμός και αφυπερθερμαίνεται με τη βοήθεια του τροφοδοτικού νερού πριν αυτό εισέλθει στον λέβητα. Έτσι και το τροφοδοτικό νερό προθερμαίνεται ανάλογα.

Ο αφυπέρθερμος ατμός που εξέρχεται από τον αφυπερθερμαντήρα, είναι και

αυτός υπέρθερμος χαμηλότερης θερμοκρασίας ή κορεσμένος, και οδηγείται στην κατανάλωση για την κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων της εγκαταστάσεως.

1.8.3 Μηχανήματα.

α) Τροφοδοτικά ιπάρια ή αντλίες.

Είναι παλινδρομικές ή περιστροφικές αντλίες, οι οποίες καταθλίβουν το τροφοδοτικό νερό προς τον λέβητα με πίεση 1,5 έως 2 φορές μεγαλύτερη από εκείνη που επικρατεί μέσα στο λέβητα. Είναι συνήθως ατμοκίνητες, υπάρχουν όμως και ηλεκτροκίνητες.

β) Ιπάρια ή αντλίες πετρελαίου.

Είναι παλινδρομικές ή περιστροφικές αντλίες, οι οποίες, μέσω φίλτρων αναρροφούν το πετρέλαιο από τις δεξαμενές και το καταθλίβουν, μέσω του προθερμαντήρα πετρελαίου και φίλτρων, προς τους καυστήρες.

γ) Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού.

Είναι μηχανήματα, που αναρροφούν τα καυσαέρια από την καπνοδόχο και τα οδηγούν με μεγαλύτερη ταχύτητα προς την ατμόσφαιρα, ή καταθλίβουν αέρα υπό πίεση προς την εστία. Και στα δύο συστήματα επιτυγχάνεται η είσοδος μεγαλύτερης ποσότητας καυσιγόνου αέρα προς την εστία, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός καύσεως του λέβητα.

— Οι παραπάνω συσκευές και μηχανήματα υπάρχουν στους γαιανθρακολέβητες και στους πετρελαιολέβητες. Στους γαιανθρακολέβητες χρησιμοποιούνται ακόμη ειδικά μηχανήματα για την απόρριψη της τέφρας έξω από το πλοίο, οι **ανυψωτήρες της τέφρας** και οι **τεφροεκβολείς**. Ειδικότερα, σε εγκαταστάσεις με καύση του γαιάνθρακα πάνω σε μηχανικές σχάρες ή υπό τη μορφή του κονιοποιημένου γαιάνθρακα περιλαμβάνονται και μηχανήματα και συσκευές, όπως είναι οι **σπαστήρες**, οι **μεταφορείς του γαιάνθρακα**, οι **αυτόματοι ζυγιστές**, οι **αυτόματοι τροφοδότες**, τα **κινητήρια μηχανήματα της σχάρας**, οι **μύλοι αλέσεως** του γαιάνθρακα σε σκόνη, οι βοηθητικοί ανεμιστήρες λειτουργίας του μύλου και ανεμιστήρες **εμφυσήσεως** της σκόνης του γαιάνθρακα.

1.9 Τα εξαρτήματα του λέβητα.

Τα εξαρτήματα ενός λέβητα είναι γενικά όργανα, τα οποία εξασφαλίζουν και ελέγχουν την κανονική και απρόσκοπτη λειτουργία του. Διακρίνονται σε **εσωτερικά** και **εξωτερικά εξαρτήματα** και σχετίζονται κυρίως με το νερό και τον ατμό. Διακρίνομε και μια άλλη κατηγορία εξαρτημάτων τα οποία έχουν σχέση με την καύση.

1.9.1 Εσωτερικά εξαρτήματα.

α) Ο εσωτερικός σωλήνας τροφοδοτήσεως.

Αυτός συνδέεται με το τροφοδοτικό επιστόμιο. Σε όλο το μήκος του είναι διάτρητος και διανέμει το εισερχόμενο ψυχρό νερό σε όλο το χώρο του υδροθάλαμου, ώστε να εμποδίζει τη δημιουργία τάσεων στο υλικό λόγω συσσωρεύσεως ψυχρού νερού, όπως θα συνέβαινε αν αυτό εισέρχονταν σε ένα μόνο σημείο του υδροθάλαμου.

β) Ο εσωτερικός εξαφριστικός σωλήνας.

Αυτός καταλήγει σε χοάνη γύρω από τη στάθμη του λέβητα. Με τη χοάνη οι ελαιώδεις αφροί απάγονται προς τη θάλασσα μέσω του εξαφριστικού κρουνού, ο οποίος προσαρμόζεται εξωτερικά του ατμοϋδροθάλαμου.

γ) Τα εμποδιστικά διαφράγματα.

Είναι ελάσματα τα οποία τοποθετούνται μέσα στον υδροθάλαμο και έχουν σκοπό να εμποδίζουν τη μετακίνηση της μάζας του νερού στο διατοιχισμό του σκάφους. Έτσι αποφεύγεται η αποκάλυψη των θερμαινόμενων επιφανειών στην πυρά και η καταστροφή τους.

δ) Οι αποχωριστήρες ατμού.

Είναι ελάσματα ειδικής κατασκευής ή δοχεία ειδικού σχήματος, από τα οποία περνά ο παραγόμενος ατμός και αποχωρίζεται από την υγρασία, που παρασύρει, πριν από την έξοδό του από το λέβητα.

ε) Ο σωλήνας απαγωγής ατμού.

Τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο του ατμοθάλαμου και εκτείνεται σε όλο το μήκος του. Είναι διάτρητος μόνο από πάνω για να συλλέγει στεγνό κατα το δυνατόν ατμό, που παραλαμβάνει στη συνέχεια ο ατμοφράκτης ο οποίος τοποθετείται εξωτερικά του ατμοθάλαμου και τον οδηγεί προς την κατανάλωση.

1.9.2 Εξωτερικά εξαρτήματα.**α) Οι ατμοφράκτες.**

Είναι βαλβίδες λήψεως και διακοπής του ατμού, που τοποθετούνται στο υψηλότερο σημείο του ατμοθάλαμου και συγκοινωνούν με τον εσωτερικό σωλήνα απαγωγής του ατμού. Οι ατμοφράκτες διακρίνονται:

- Σε **κύρια**, ο οποίος παρέχει ατμό στην **κύρια ατμαγωγό σωλήνωση**, δηλαδή στην κύρια μηχανή.
- Σε **βοηθητικό**, ο οποίος παρέχει ατμό στη **βοηθητική ατμαγωγό σωλήνωση** για τα βοηθητικά μηχανήματα.

β) Τα ασφαλιστικά επιστόμια.

Είναι βαλβίδες οι οποίες φορτίζονται κατάλληλα και ρυθμίζονται να ανοίγουν σε ορισμένη πίεση, για να εξέρχεται από αυτές προς την ατμόσφαιρα ο ατμός που πλεονάζει. Χρησιμεύουν δηλαδή για τη διατήρηση του μέγιστου ορίου πίεσεως ασφάλειας του λέβητα, ώστε να προλαβαίνεται υπερκόπωση των υλικών του και τυχόν παραμόρφωση ή έκρηξη του, όταν η πίεση αυξηθεί πέρα από το κανονικό όριο.

γ) Τα τροφοδοτικά επιστόμια.

Χρησιμεύουν για τον έλεγχο της ποσότητας του τροφοδοτικού νερού που εισέρχεται στον λέβητα. Είναι κοινά επιστόμια με ανεπίστροφη βαλβίδα και εφοδιάζονται συνήθως με απομονωτικό διακόπτη.

δ) Οι τροφοδοτικοί ρυθμιστές.

Είναι εξαρτήματα που επιδρούν πάνω στα τροφοδοτικά επιστόμια και ρυθμίζουν την παροχή του νερού στο λέβητα, ώστε η στάθμη του να διατηρείται σταθερή. Τοποθετούνται στην πρόσοψη του λέβητα και συγκοινωνούν καταρχή με τον ατμοθάλαμο και τον υδροθάλαμο.

ε) Τα θλιβόμετρα.

Είναι όργανα τα οποία τοποθετούνται (δύο τουλάχιστον) σε κάθε λέβητα και δείχνουν την πίεση του ατμοθάλαμου. Είναι βαθμολογημένα σε kp/cm^2 ή bar ή psi , και φέρουν πλάκα ενδείξεων όπου είναι έντονα χαραγμένη η πίεση λειτουργίας και η ανώτερη πίεση του λέβητα (άνοιγμα ασφαλιστικών).

στ) Οι υδροδείκτες.

Δείχνουν τη στάθμη του νερού. Τοποθετούνται στο ύψος της στάθμης πάνω στην πρόσοψη του λέβητα και συγκοινωνούν με τον ατμοθάλαμο και τον υδροθάλαμο.

ζ) Ο εξαεριστικός κρουνός.

Τοποθετείται στο ψηλότερο σημείο του ατμοθάλαμου και χρησιμεύει για την επικοινωνία του με την ατμόσφαιρα. Ανοίγεται κατά την αφή πυρών του λέβητα (άναμμα) για την έξοδο του ατμοσφαιρικού αέρα και επίσης κατά την πλήρωση ή εκκένωση του λέβητα, όταν αυτός δεν βρίσκεται σε λειτουργία.

η) Ο εξαφριστικός κρουνός.

Τοποθετείται πάνω στο λέβητα και συγκοινωνεί με τον εσωτερικό εξαφριστικό σωλήνα, ο οποίος καταλήγει σε οριζόντια χοάνη, λίγο κάτω από τη στάθμη λειτουργίας του λέβητα.

Ο εξαφριστικός κρουνός ανοίγεται κατά διαστήματα, για να επιτρέψει την έξοδο των ελαιωδών ουσιών και λιπαρών αφρών, που μπορεί να επιπλέουν, πάνω στην επιφάνεια του νερού και που προέρχονται από τα λάδια εσωτερικής λιπάνσεως μηχανών και μηχανημάτων.

θ) Ο κρουνός εξαγωγής.

Τοποθετείται στο κατώτατο σημείο του υδροθάλαμου και ανοίγεται, όταν κατά τη λειτουργία είναι αναγκαίο να γίνει εξαγωγή μέρους του νερού του υδροθάλαμου προς ελάττωση της πυκνότητάς του.

ι) Ο κρουνός εκκενώσεως.

Χρησιμεύει για την εκκένωση του λέβητα.

ια) Οι κρουνοί υγρών.

Χρησιμεύουν για την εξυδάτωση των υπερθερμαντήρων και των ατμαγωγών.

ιβ) Ο κρουνός αλατομέτρου.

Αυτός τοποθετείται στο κατώτατο μέρος του υδροθάλαμου και χρησιμεύει για τη λήψη δείγματος νερού προς εκτέλεση των διαφόρων χημικών μετρήσεων.

ιγ) Τα θερμόμετρα.

Είναι όργανα με τα οποία παρακολουθείται η θερμοκρασία του ατμού.

ιδ) Το σύστημα συναγερμού.

Είναι όργανο που προειδοποιεί σε περίπτωση χαμηλής στάθμης νερού ή υψηλής θερμοκρασίας του ατμού.

ιε) Οι ενδείκτες ροής ατμού.

Είναι όργανα που δείχνουν τη ροή του ατμού.

1.9.3 Όργανα και εξαρτήματα σχετικά με την καύση.

α) Οι καυστήρες.

Χρησιμοποιούνται για την ψέκαση και εκτόξευση του πετρελαίου ή του κονιοποιημένου γαιάνθρακα μέσα στην εστία. Κάθε καυστήρας εφοδιάζεται απαραίτητα με ιδιαίτερο απομονωτικό διακόπτη.

β) Οι κώνοι αέρα.

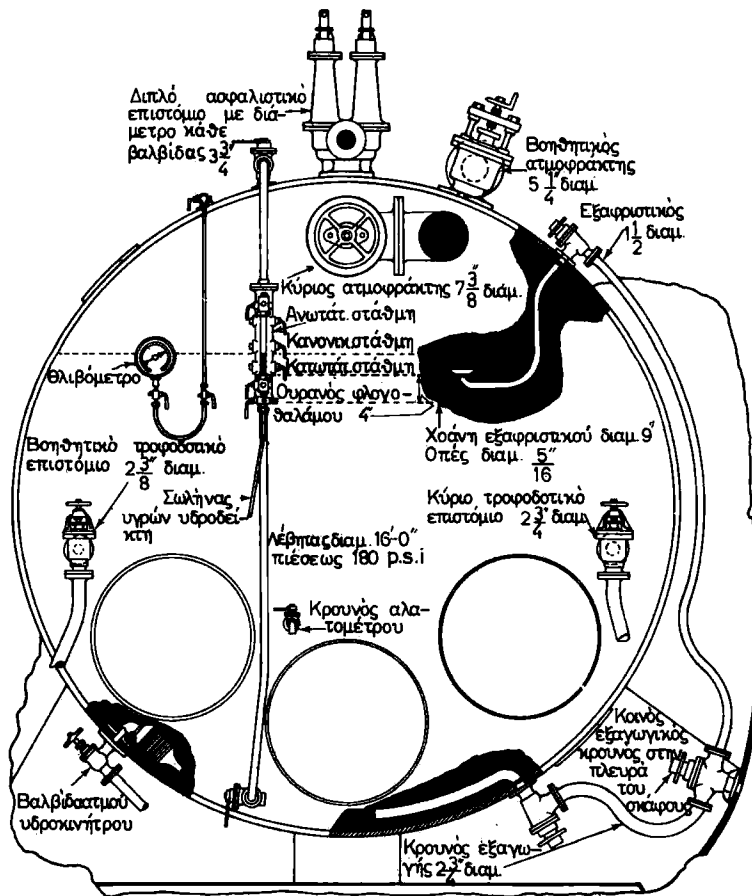
Είναι οχετοί ειδικού σχήματος, που περιβάλλουν τους καυστήρες και οδηγούν τον καυσιγόνο αέρα προς την εστία για να πραγματοποιηθεί η καύση.

γ) Τα πυρόμετρα.

Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας της εστίας.

δ) Τα υδροθλιβόμετρα ή αερόμετρα.

Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της πίεσεως του ελκυσμού.



Σχ. 1.9α.

Γενική διάταξη εξαρτημάτων κυλινδρικού λέβητα.

ε) Οι ενδείκτες καπνού (ή περισκόπια).

Χρησιμεύουν για την παρακολούθηση της ποιότητας των καυσαερίων στον καπνοθάλαμο.

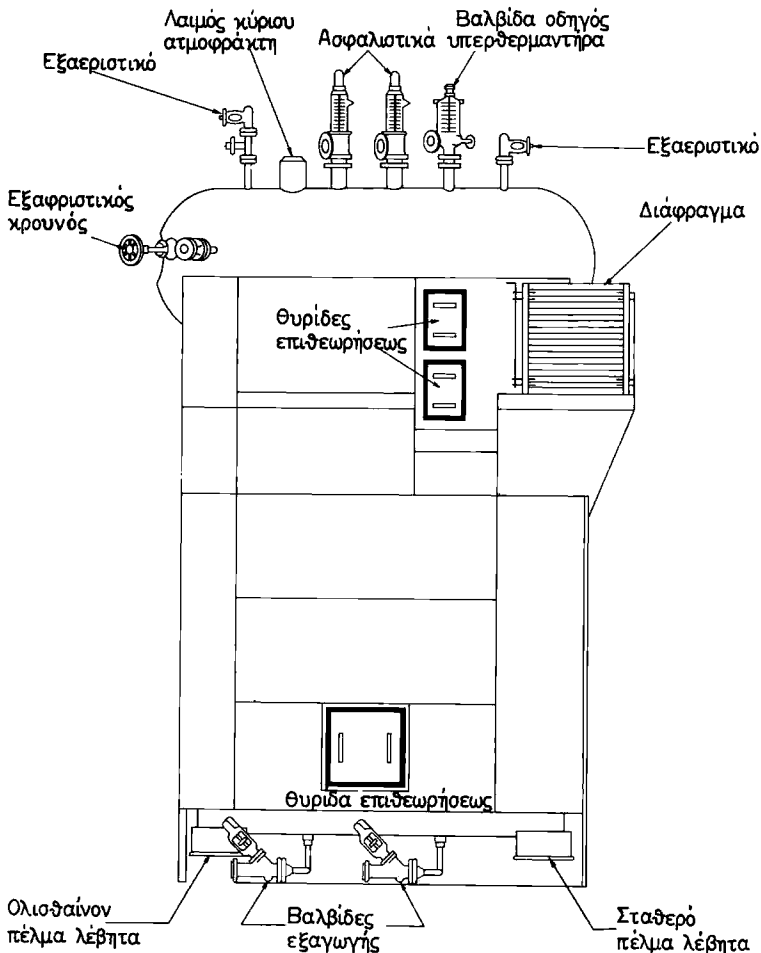
στ) Οι εκκαπνιστήρες ατμού.

Είναι ειδικά προφύσια, τα οποία προβάλλουν ατμό ή αέρα επάνω στις δέσμες των αυλών, ώστε να γίνεται περιοδικός καθαρισμός τους από την αιθάλη κατά τη λειτουργία του λέβητα. Τοποθετούνται σ' όλους τους νεότερους λέβητες.

Στο σχήμα 1.9α φαίνεται γενική διάταξη εξαρτημάτων κυλινδρικού λέβητα.

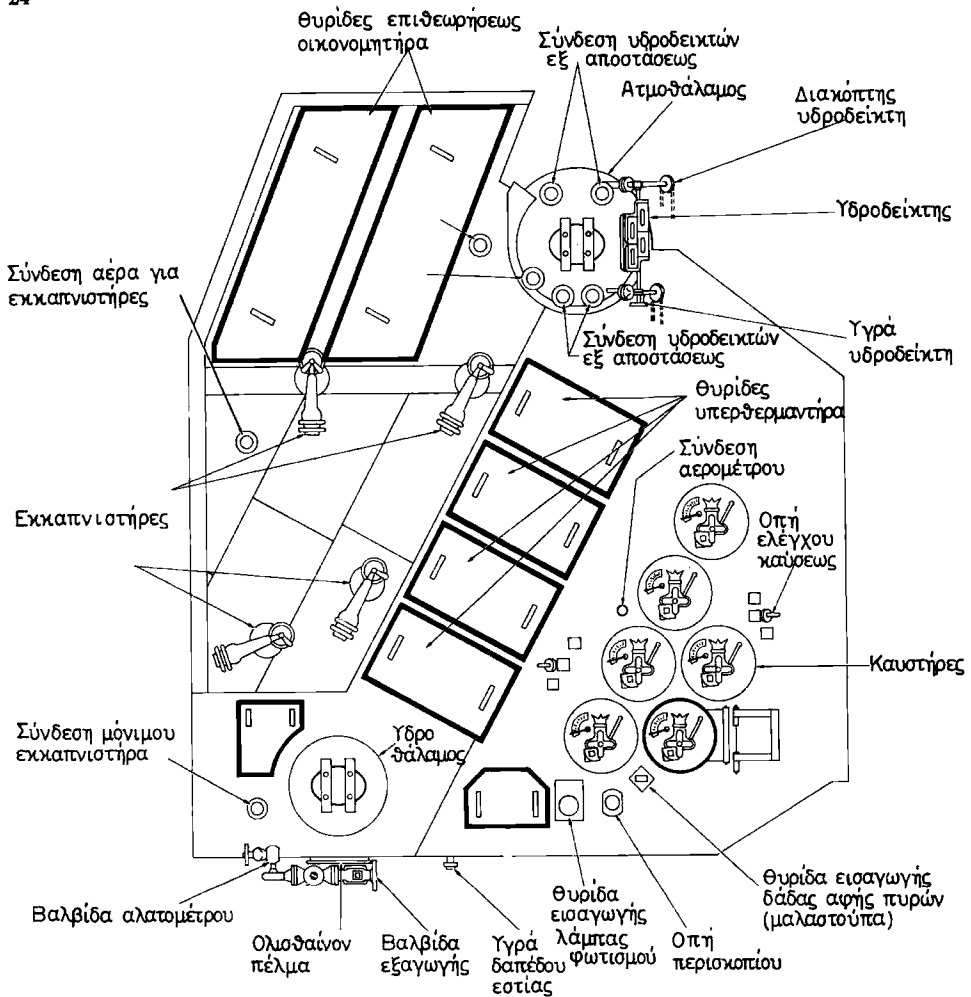
Στα σχήματα 1.9β καί 1.9γ φαίνονται τα εξαρτήματα ενός λέβητα τύπου D μιάς εστίας αλλά και ορισμένα από τα όργανα που αφορούν την καύση.

Λεπτομερής περιγραφή τών εσωτερικών καί εξωτερικών εξαρτημάτων καθώς και των οργάνων της καύσεως θα επακολουθήσει σε επόμενα κεφάλαια.



Σχ. 1.9β.

Πλάγια όψη εξωτερικών εξαρτημάτων και συνδέσεων σε λέβητα τύπου «D» μίας εστίας και πίεσεως 83 bar.



Σχ. 1.9γ.

Εμπρόσθια όψη εξωτερικών εξαρτημάτων και συνδέσεων σε λέβητα τύπου «D» μιας εστίας και πίεσεως 83 bar.

1.10 Η κυκλοφορία του νερού μέσα στο λέβητα.

Το νερό θερμαινόμενο στο λέβητα κυκλοφορεί μέσα στον υδροθάλαμο μέχρις ότου η θερμοκρασία του ανεβεί στο σημείο που απαιτείται για την ατμοποίηση.

Η κυκλοφορία αυτή μπορεί να επιτευχθεί με δύο μεθόδους: τη **φυσική** και την **τεχνητή**. Η φυσική κυκλοφορία ήταν και είναι μέχρι σήμερα πολύ συνηθισμένη στους ναυτικούς λέβητες. Η τεχνητή κυκλοφορία χρησιμοποιείται κυρίως σε εγκαταστάσεις ατμογεννητριών.

1.10.1 Φυσική κυκλοφορία.

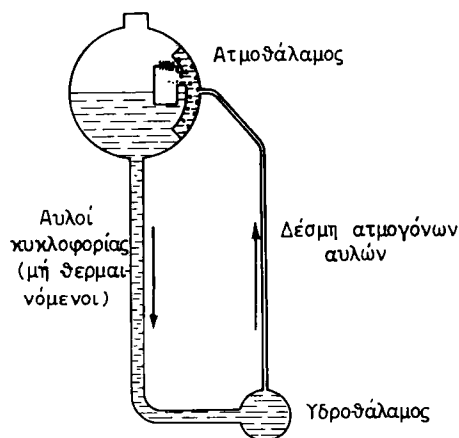
Ως φυσική κυκλοφορία μπορεί να χαρακτηριστεί η κίνηση του νερού και του μίγματος ατμού-νερού μέσω των αυλών του λέβητα, που οφείλεται στις κατά τό-

πους διαφορές πυκνότητας λόγω διαφοράς θερμοκρασιών.

Αν πάρουμε ένα γυάλινο σωλήνα σχήματος U και τον γεμίσαμε μερικώς με νερό και στη συνέχεια τον γείρομε προς μία κατεύθυνση, θα παρατηρήσουμε ότι το νερό θα παραμείνει στο ίδιο ύψος και στα δύο σκέλη του σωλήνα. Αν όμως θερμάνουμε το ένα σκέλος του σωλήνα, το νερό στο σκέλος αυτό θα διασταλεί, η πυκνότητά του θα ελαττωθεί και θα παρατηρήσουμε μια διαφορά στη στάθμη των δύο σκελών. Η στάθμη του νερού στο σκέλος που θερμάνουμε θα είναι υψηλότερη, γιατί το σχετικά ψυχρότερο νερό, στο ψυχρό σκέλος είναι ειδικώς βαρύτερο από το νερό που θερμάνουμε.

Αν εξακολουθήσουμε τη θέρμανση του σκέλους, τότε θα αρχίσουν να δημιουργούνται φυσαλίδες ατμού. Με αυτό τον τρόπο το νερό στο σκέλος που θερμάνουμε γίνεται ακόμη ελαφρότερο από το νερό του ψυχρού σκέλους. Η στάθμη νερού στο θερμό σκέλος ανεβαίνει πάρα πολύ γρήγορα ενώ πέφτει αντίστοιχα η στάθμη στο ψυχρό σκέλος. Το φυσικό τούτο φαινόμενο αποτελεί την αιτία και την αρχή πάνω στην οποία βασίζεται η κυκλοφορία του νερού σ' ένα λέβητα **φυσικής** κυκλοφορίας.

Ένα απλό κύκλωμα λέβητα με φυσική κυκλοφορία φαίνεται στο σχήμα 1.10. Το νερό στο ανερχόμενο σκέλος (αυλό) με τη θέρμανσή του γίνεται λιγότερο πυκνό και εκτοπίζεται από το ψυχρότερο νερό που κατεβαίνει από το μη θερμαινόμενο σκέλος. Το σκέλος αυτό είναι ο αυλός κυκλοφορίας.



Σχ. 1.10.

Έστω ότι ο λέβητας έχει κατακόρυφο ύψος 9,144 m και λειτουργεί με πίεση 42 bar και θερμοκρασία 250°C. Αν η πυκνότητα του μίγματος νερού και ατμού είναι 52,7% της πυκνότητας του ψυχρού νερού, έπεται ότι στήλη 4,8 m νερού στον αυλό κυκλοφορίας μπορεί να αντισταθμίσει στήλη 9,144 m μίγματος ατμού-νερού στον ατμογόνο αυλό. Δεδομένου όμως ότι υπάρχει νερό μέσα στον αυλό κυκλοφορίας σε ύψος 9,144 m και όχι 4,8 m, έπεται ότι έχουμε μια θετική διαφορά πίεσεως $9,144 \text{ m} - 4,8 = 4,344 \text{ m}$ νερού ή 0,44 bar (οι τριβές δεν λαμβάνονται υπόψη στο παράδειγμα αυτό).

Η πίεση αυτή αναγκάζει το νερό να περάσει από τον ατμογόνο αυλό. Οποιαδήποτε παρέκκλιση από το απλό κύκλωμα του σχήματος 1.10, όπως π.χ. παρεμβολή

συλλεκτών ή αυλών με μικρότερη διάμετρο, θα ελαττώσει την πίεση, άρα και την ποσότητα του νερού που κυκλοφορεί.

Το ύψος του ατμοθάλαμου από τον υδροθάλαμο ή συλλέκτη και το ποσό θερμότητας που παραλαμβάνεται από τους αυλούς κυκλοφορίας, επηρεάζουν επίσης την κυκλοφορία. Γι' αυτό οι αυλοί κυκλοφορίας πρέπει να είναι μονωμένοι ή έξω από την εστία του λέβητα και να είναι χαμηλότερης θερμοκρασίας από εκείνη του νερού που τους διαρρέει.

Η κλίση τελικά των ατμογόνων αυλών επηρεάζει αισθητά την ταχύτητα της φυσικής κυκλοφορίας. Όσο η κλίση αυξάνεται και πλησιάζει προς την κατακόρυφη, τόσο και η κυκλοφορία επιταχύνεται. Σε λέβητες ελεύθερης κυκλοφορίας (B & W) οι αυλοί παρουσιάζουν ικανή κλίση 10 ως 15%. Σε λέβητες τέλος πολύ γρήγορης κυκλοφορίας (τύπου A, D, MR κλπ.) πλησιάζουν την κατακόρυφη ή τοποθετούνται και τελείως κατακόρυφοι.

1.10.2 Τεχνητή κυκλοφορία.

Η κυκλοφορία αυτή η οποία ονομάζεται και **αναγκαστική** είναι ανεξάρτητη από τη διαφορά πυκνότητας μεταξύ του νερού των αυλών κυκλοφορίας και του μίγματος ατμού-νερού, που παράγεται μέσα στους ατμογόνους αυλούς ενός λέβητα φυσικής κυκλοφορίας. Είναι ακόμη ανεξάρτητη και από την κλίση των αυλών του.

Η τεχνητή κυκλοφορία πραγματοποιείται με τη βοήθεια ιδιαίτερης **αντλίας κυκλοφορίας**, που καταθλίβει με μεγαλύτερη πίεση το νερό. Διακρίνεται βασικά σε **ελεγχόμενη ανακυκλοφορία** και σε **εφ' άπαξ αναγκαστική κυκλοφορία**.

Στην ελεγχόμενη, η ποσότητα του νερού που παρέχεται στο λέβητα είναι μεγαλύτερη από αυτή που εξατμίζεται, ώστε με αυτόν τον τρόπο να πραγματοποιείται η ανακυκλοφορία του. Εις την «εφ' άπαξ» κυκλοφορία εξάλλου, η ποσότητα του νερού που πλεονάζει είναι ελάχιστη ή μηδενική, ώστε να μην υπάρχει διαθέσιμη ποσότητα για ανακυκλοφορία και η τυχόν μικρή ποσότητα που πλεονάζει να απάγεται από το λέβητα με ενδιάμεση εξαγωγή. Σε ορισμένους μάλιστα από τους λέβητες της «εφ' άπαξ» κυκλοφορίας το νερό καταθλίβεται πάνω στις θερμαινόμενες επιφάνειες και εξατμίζεται ακαριαία ή αστραπιαία. Γι' αυτό οι λέβητες αυτοί καλούνται στην αγγλική γλώσσα «flash boilers», δηλαδή λέβητες ακαριαίας ή ολοκληρωτικής εξατμίσεως.

Η τεχνητή κυκλοφορία γενικά αφορά κυρίως τους λέβητες ή ατμογεννήτριες ψίστης πιέσεως που θα περιγράψουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

1.11 Όριο ατμοπαραγωγικής ικανότητας του λέβητα.

Η ατμοπαραγωγική ικανότητα ενός λέβητα περιορίζεται μέχρι ένα μέγιστο όριο, πέρα από το οποίο είναι αδύνατη οποιαδήποτε αύξησή της. Το όριο αυτό προσδιορίζεται από τους εξής τρεις λειτουργικούς παράγοντες:

- Την **κυκλοφορία** του νερού.
- Τη **σχετική υγρότητα** του ατμού.
- Το **βαθμό καύσεως του λέβητα**.

Καθένας από τους παράγοντες αυτούς χαρακτηρίζεται από την οριακή τιμή του, που χαρακτηριστικά προσδιορίζει και το όριο της ατμοπαραγωγικής ικανότητας του λέβητα.

Έτσι:

- **Η οριακή τιμή για την κυκλοφορία του νερού** εμφανίζεται, όταν η ποσότητα του νερού που τροφοδοτείται στους ατμογόνους αυλούς, δεν είναι επαρκής, για να αποτρέψει την υπερθέρμανση των προς την εστία ατμογόνων αυλών.
- **Η οριακή τιμή για τη σχετική υγρότητα** εμφανίζεται, όταν το ποσοστό της υγρασίας που περιέχεται στον ατμό είναι τόσο υψηλό, ώστε να προκαλέσει ζημιές στον υπερθερμαντήρα τους ατμαγωγούς ή και τους στρόβιλους. Οι τεχνικές προδιαγραφές για τις εγκαταστάσεις πλοίων υπαγορεύουν ως ανώτατο όριο υγρασίας 0,25% στην έξοδο του κορεσμένου ατμού από το λέβητα, που αποτελεί προφανώς και το οριακό σημείο του βαθμού υγρότητας.
- **Η οριακή τιμή για το βαθμό καύσεως** καθορίζεται από το ποσό καυσίμου, που μπορεί να καεί κάτω από κανονικές συνθήκες αποδοτικά σε λέβητα. Αυτό αντίστοιχα περιορίζεται από:
 - α) Την ποσότητα του αέρα, που μπορεί να εισαχθεί μέσα στην εστία.
 - β) Την ικανότητα του καυστήρα να αναμίξει κανονικά τον αέρα με το καύσιμο.
 - γ) Τον όγκο και το σχήμα της εστίας.

Ένδειξη επιτεύξεως της οριακής τιμής του βαθμού καύσεως στην περίπτωση όπου το μέγιστο ποσό αέρα εισάγεται στην εστία είναι η έξοδος μαύρου καπνού από την καπνοδόχο.

Σε καλά υπολογισμένους λέβητες η οριακή τιμή του βαθμού καύσεως παρουσιάζεται πάντοτε σε χαμηλότερο βαθμό ατμοποίησης από την οριακή τιμή της σχετικής υγρότητας. Η τελευταία πρέπει να εμφανίζεται πάντοτε πριν από την επίτευξη της οριακής τιμής της κυκλοφορίας του νερού.

Για την ασφάλεια του προσωπικού οι ναυτικοί λέβητες υπολογίζονται και σχεδιάζονται έτσι, ώστε οι οριακές τιμές να εμφανίζονται σύμφωνα με την παραπάνω σειρά, δηλαδή οριακή τιμή καύσεως, στη συνέχεια της υγρότητας και τέλος της κυκλοφορίας του νερού.

Γενικά, όταν ο λέβητας φθάσει την οριακή τιμή του **βαθμού καύσεως** δεν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος ζημιών του λέβητα, και ο κίνδυνος για το προσωπικό είναι αμελητέος.

Αν φθάσει την οριακή τιμή του βαθμού **υγρότητας**, τότε μπορεί να προκληθούν ορισμένες ζημιές έστω και αν δεν είναι φανερές. Αδιάλυτα υλικά που περιέχονται στη συμπαρασυρόμενη υγρασία, θα σχηματίσουν τότε καθαλατώσεις στους αυλούς του υπερθερμαντήρα ή τις πτερυγώσεις του στρόβιλου και μπορεί να προκαλέσουν αποζυγοστάθμιση των στρεφομένων μερών αυτού. Η υγρασία προκαλεί διάτρηση και μηχανική διάβρωση στους αυλούς του υπερθερμαντήρα, τις σωληνώσεις και τα μηχανήματα. Ο κίνδυνος για το προσωπικό κατά την επίτευξη της οριακής τιμής του βαθμού υγρότητας είναι μικρός.

Όταν τέλος, εμφανισθεί η οριακή τιμή της **κυκλοφορίας**, τότε θα συμβούν σοβαρές ζημιές στο υλικό και πιθανόν και ατυχήματα στο προσωπικό. Μέταλλο από καμμένους αυλούς και διαφυγή ατμού από καταστραμμένες σωληνώσεις θα προξενήσουν σοβαρές ζημιές στο λέβητα και μπορεί και στο προσωπικό.

Ο βαθμός απορροφήσεως θερμότητας ανά αυλό έχει ελαττωθεί στους νεότερους λέβητες και έτσι η οριακή τιμή για την κυκλοφορία του νερού απέχει ακόμη πιο πολύ από τις τιμές λειτουργίας. Στον πίνακα 1.11 δίνεται η σύγκριση μεταξύ ενός λέβητα Babcock MR και ενός πιο παλιού από αυτόν τύπου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.11.
Απορρόφηση ανά αυλό

	Λέβητας MR	Παλιότερος λέβητας
Πλευρική δέσμη αυλών	42,8%	53,9%
Υδρότοιχοι	38,1%	47,0%
Εστία πίσω και μπρός	41,5%	52,0%

100 = οριακή τιμή κυκλοφορίας.

Η οριακή τιμή του βαθμού καύσεως είναι σύμφωνα με τα παραπάνω η μόνη που ένας καλά υπολογισμένος και σχεδιασμένος λέβητας επιτρέπεται να φθάσει και είναι επομένως ο κυριότερος παράγοντας, που καθορίζει και τη μέγιστη ατμο-παραγωγική ικανότητά του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ

2.1 Γενικά.

Οι ναυτικοί ατμολέβητες διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες:

Στους **φλογαυλωτούς**, οι οποίοι ονομάζονται και **κυλινδρικοί**, και στους **υδραυλωτούς**.

Πρώτοι εμφανίσθηκαν οι φλογαυλωτοί λέβητες, που κατασκευάσθηκαν σε δύο τύπους, στους κυλινδρικούς **ευθείας φλόγας** ή αγγλικού ναυαρχείου και στους κυλινδρικούς **επιστρέφουσας φλόγας**.

Στους φλογαυλωτούς λέβητες γενικά, οι αυλοί διατρέχονται εσωτερικά από τις φλόγες και τα καυσαέρια, ενώ εξωτερικά περιβάλλονται από το νερό.

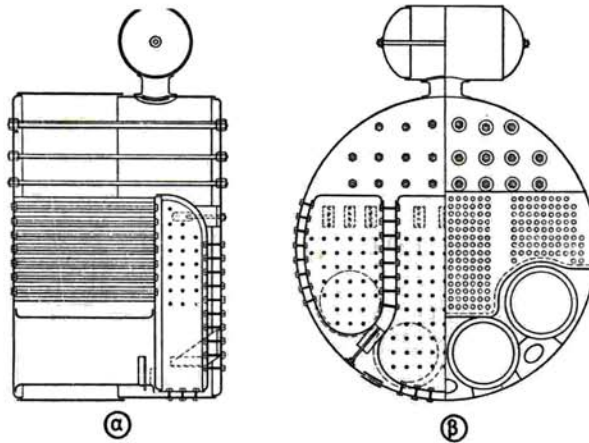
Ο λέβητας επιστρέφουσας φλόγας έχει τους αυλούς τοποθετημένους επάνω και παράλληλα προς τους κλίβανους, ώστε οι φλόγες και τα καυσαέρια να αναγκάζονται να αναστραφούν για να εισέλθουν στους αυλούς και στη συνέχεια να οδεύσουν προς την καπνοδόχο. Ο λέβητας ευθείας φλόγας φέρει τους αυλούς στην προέκταση του κλιβάνου, ώστε φλόγες και καυσαέρια να οδεύουν από αυτόν κατευθείαν προς την καπνοδόχο.

Από τους φλογαυλωτούς λέβητες ο λέβητας επιστρέφουσας φλόγας, ο οποίος και ονομάστηκε **σκωτικός λέβητας** (scotch boiler), χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ τον περασμένο και στις αρχές του αιώνα μας λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του, ως γαιανθρακολέβητας και ως πετρελαιολέβητας.

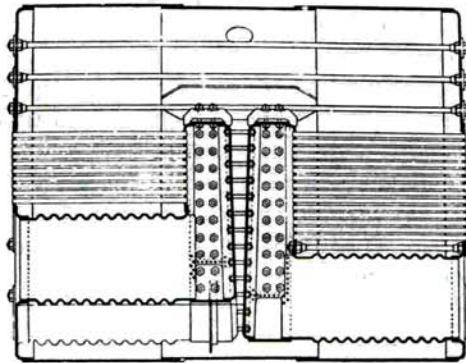
Στο σχήμα 2.1α φαίνεται σε εγκάρσια ημιτομή και διαμήκη τομή λέβητας σκωτικού τύπου, κυλινδρικός επιστρέφουσας φλόγας απλής προσόψεως. Στο σχήμα 2.1β φαίνεται σε τομή κυλινδρικός επιστρέφουσας φλόγας διπλής προσόψεως και στο σχήμα 2.1γ κυλινδρικός ευθείας φλόγας αγγλικού ναυαρχείου (σε τομή).

Στο τέλος περίπου του 19ου αιώνα με την εισαγωγή στα πλοία της παλινδρομικής μηχανής τριπλής εκτονώσεως και αργότερα (1894) του ατμοστρόβιλου, διαπιστώθηκε ότι οι φλογαυλωτοί λέβητες παρά τις τροποποιήσεις και βελτιώσεις ήταν ανεπαρκείς. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη κατασκευής των υδραυλωτών λεβήτων, οι οποίοι αποδείχθηκαν πολύ ικανότεροι, για γρήγορη παραγωγή ατμού υψηλής πίεσεως, και με διαστάσεις και βάρος μικρότερα από τα αντίστοιχα των ισοδύναμων φλογαυλωτών λεβήτων.

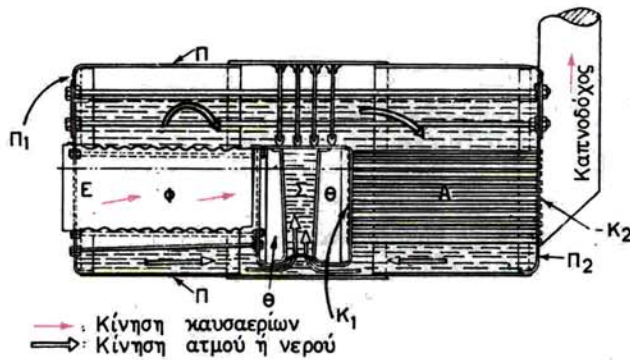
Στους υδραυλωτούς λέβητες οι αυλοί διατρέχονται εσωτερικά από το νερό ή τον ατμό ή και τα δύο, ενώ εξωτερικά περιβάλλονται από τα καυσαέρια, τα οποία διαμέσου του θερμαντήρα οδεύουν προς την καπνοδόχο.



Σχ. 2.1α.
 Λέβητας σκωτικού τύπου.
 α) Διαμήκης τομή. β) Εγκάρσια ημιτομή.



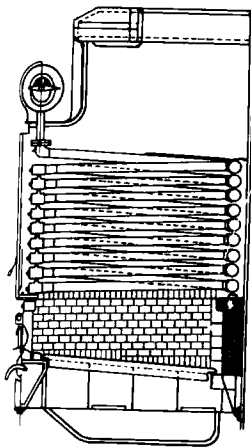
Σχ. 2.1β.



Σχ. 2.1γ.
 Υπόμνημα.
 Π) Περιβλήμα του λέβητα. Π₁) Πρόσωση. Π₂) Πυθμένας. Φ) Κλίβανος. Θ) Φλογοθάλαμος. Α) Φλογαυ-
 λοί. Κ₁-Κ₂) Εμπρόσθια και οπίσθια αυλοφόρος πλάκα. Σ) Σωλήνας κυκλοφορίας του νερού.

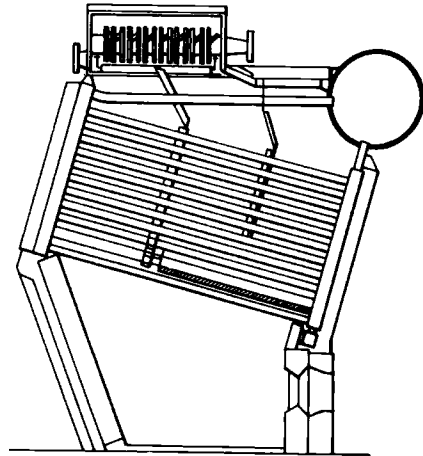
Με την πάροδο των ετών κατασκευάσθησαν οι λέβητες **περιορισμένης κυκλοφορίας** Belleville στην Γαλλία, ενώ παράλληλα αναπτύχθηκαν στην Αμερική οι λέβητες **ελεύθερης κυκλοφορίας** όπως είναι οι Babcock-Wilcox. Στην Αγγλία χρησιμοποιήθηκαν υδραυλωτοί **ταχείας κυκλοφορίας** τύπου A, όπως είναι οι Yarrow, Thornycroft, White-Forster κ.λ.π.

Στο σχήμα 2.16 παριστάνεται σε εγκάρσια τομή λέβητας περιορισμένης κυκλοφορίας τύπου Belleville· στο σχήμα 2.1ε τύπου Babcock-Wilcox ελεύθερης κυκλοφορίας και στα σχήματα 2.1στ και 2.1ζ παριστάνονται η διαμόρφωση του λέβητα Yarrow (τύπου A) ταχείας κυκλοφορίας, δηλαδή η αρχική και η εξελιγμένη μορφή του. Στο σχήμα 2.1η φαίνεται η βασική μορφή λέβητα τύπου «D» κατασκευής Foster-Wheeler.

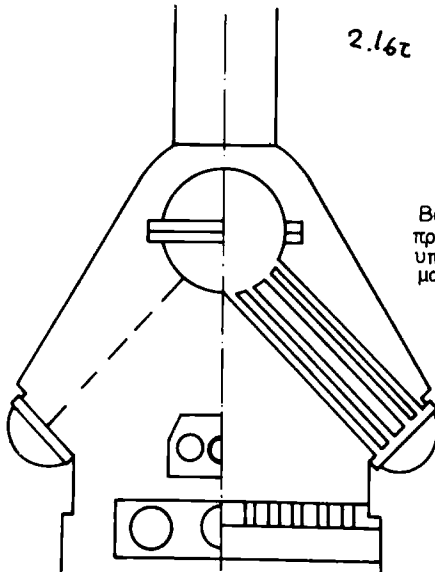


Σχ. 2.16.

2.1δ

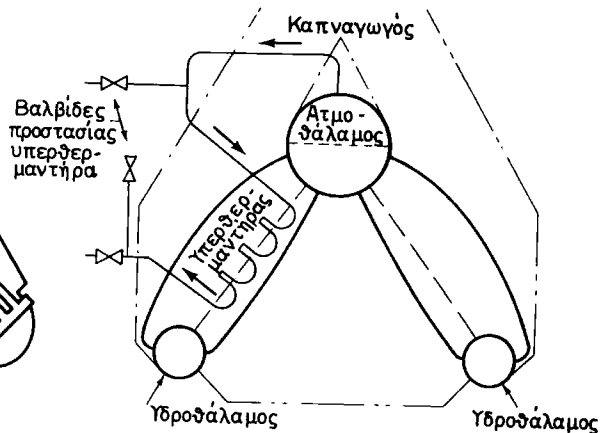


Σχ. 2.1ε.

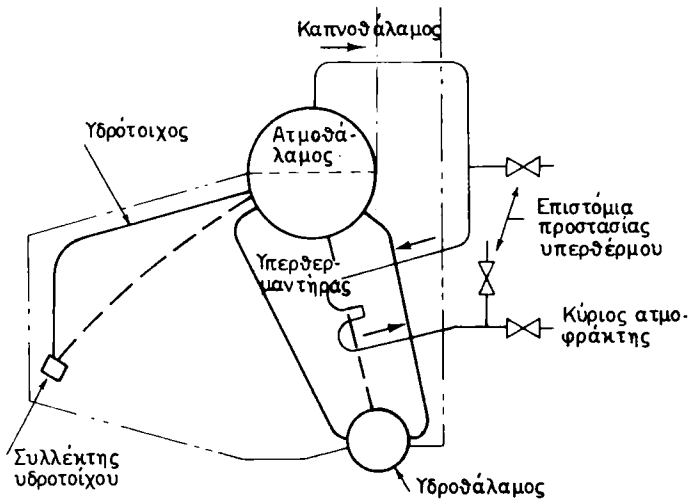


Σχ. 2.1στ.

2.1ζ



Σχ. 2.1ζ.



Σχ. 2.1η.

Παράλληλα με τους παραπάνω λέβητες χρησιμοποιήθηκαν ως βοηθητικοί λέβητες, πάρα πολλοί φλογαυλωτοί κατακόρυφου ή οριζόντιου τύπου, ή και υδραυλωτοί με κατάλληλη σχεδίαση και κατάλληλες διαστάσεις.

Τέλος την τελευταία τεσσαρακονταετία κατασκευάστηκαν **ατμογεννήτριες** (steam generators) πάρα πολύ υψηλής πίεσεως.

Οι ατμογεννήτριες χαρακτηρίζονται ως λέβητες πάρα πολύ υψηλής πίεσεως **αναγκαστικής κυκλοφορίας**. Αντιπροσωπευτικοί τύποι ατμογεννητριών είναι οι τύποι: Benson, La Mont, Sulzer, Smidth-Hartmann και άλλοι. Η χρήση τους σε ναυτικές εγκαταστάσεις υπήρξε περιορισμένη.

2.2 Η κατάταξη.

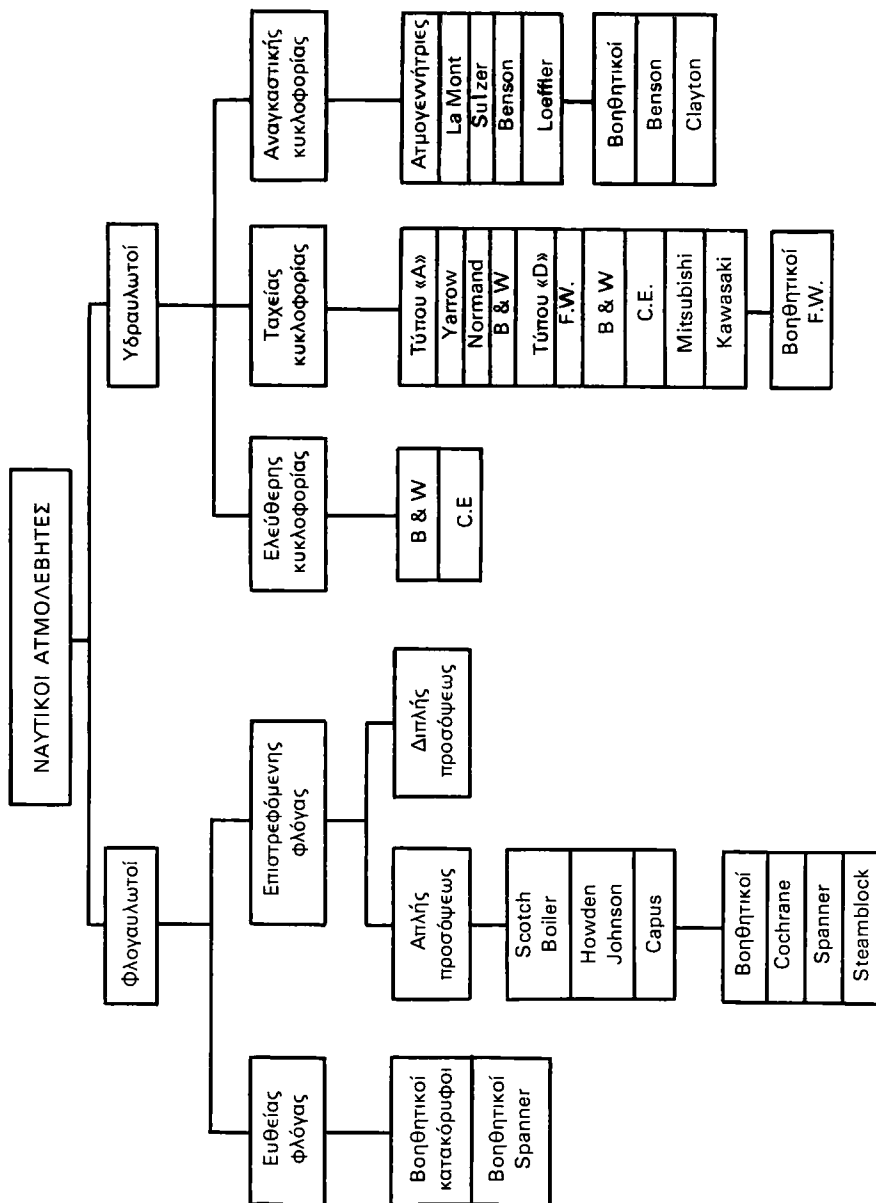
Οι ναυτικοί ατμολέβητες ταξινομούνται ανάλογα με τα διάφορα χαρακτηριστικά τους, ως εξής:

α) **Ανάλογα με το είδος των αυλών, σε φλογαυλωτούς και υδραυλωτούς.** Φλογαυλωτοί λέβητες είναι, όπως έχουμε αναφέρει, οι κυλινδρικοί **ευθείας** φλόγας ή **επιστρέφουσας** φλόγας απλής ή διπλής προσόψεως.

Οι φλογαυλωτοί χαρακτηρίζονται και ως λέβητες μεγάλου όγκου ατμοϋδροθάλαμου και βραδείας ατμοπαραγωγής, ενώ οι υδραυλωτοί μέτριου ή μικρού όγκου ατμοϋδροθάλαμου και ταχείας ατμοπαραγωγής.

β) **Με βάση τη μέθοδο κυκλοφορίας του νερού** διακρίνονται σε: λέβητες **φυσικής** κυκλοφορίας και λέβητες **τεχνητής** κυκλοφορίας.

Στους πρώτους η κυκλοφορία γίνεται με μόνη τη θέρμανση του νερού, ενώ στους δεύτερους με ιδιαίτερη αντλία κυκλοφορίας. Η φυσική κυκλοφορία του νερού υποβοηθείται, όπως έχουμε πεί, από την κλίση των αυλών. Έτσι οι λέβητες φυσικής κυκλοφορίας διακρίνονται σε **βραδείας** κυκλοφορίας, που είναι κατά κανόνα οι φλογαυλωτοί, και **περιορισμένης** (παλιοί, τύπου Belleville, που δε χρησιμοποιούνται σήμερα) **ελεύθερης** (Babcock-Wilcox, Combustion Engineering) και τα-



Σχ. 2.2.

χείας (Yarrow ή τύπου «Α», Foster-Wheller ή τύπου «D») και οι περισσότεροι από τους νεότερους λέβητες των εργοστασίων που αναφέρθηκαν και αποτελούν εξελίξεις των βασικών αρχικών τύπων. Οι λέβητες **τεχνητής** κυκλοφορίας διαιρούνται σε λέβητες **ελεγχόμενης κυκλοφορίας** και **εφ' άπαξ επιταχυνόμενης κυκλοφορίας**.

Τέτοιοι είναι οι τύπου Benson, Sulzer, La Mont κλπ.

γ) **Ανάλογα με την πίεση του ατμού που παράγουν**, διακρίνονται σε λέβητες **χαμηλής πίεσεως** μέχρι 5 bar περίπου, **μέσης** πίεσεως μέχρι 15 bar, **υψηλής** μέχρι 60 bar και μερικές φορές πάρα πολύ υψηλής από 60 μέχρι 200 bar.

Τέλος σε λέβητες **κρίσιμης** και **υπερκρίσιμης** πίεσεως, δηλαδή 221 bar και πάνω.

δ) **Ανάλογα με το είδος του ατμού**, σε λέβητες **κορεσμένου**, που είναι οι παλιότεροι λέβητες χαμηλών πιέσεων, και **υπέρθερμου**, που είναι σχεδόν όλοι οι νεότεροι υψηλών πιέσεων και πάνω.

ε) **Ανάλογα με το είδος του καυσίμου**, διακρίνονται σε **γαιάνθρακα λέβητες** και σε **πετρελαιο λέβητες**. Όλοι οι σύγχρονοι ναυτικοί λέβητες είναι πετρελαιο λέβητες. Τα τελευταία χρόνια άρχισε η επαναχρησιμοποίηση του γαιάνθρακα σε διάφορες μορφές, κονιοποιημένου, ρευστοποιημένου κλπ.

στ) **Ανάλογα με το είδος του ελκυσμού**, σε λέβητες **φυσικού** ελκυσμού, όπου ο καυσιγόνος αέρας εισάγεται με τη βοήθεια της καπνοδόχου και **τεχνητού** ελκυσμού, όπου εισάγεται με τη βοήθεια **ανεμιστήρων**. Όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι λέβητες είναι τεχνητού ελκυσμού.

ζ) **Ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν** σε **κύριους** και **βοηθητικούς**. Οι βοηθητικοί είναι φλογαυλωτοί, κατακόρυφοι, τύπου Cochran, Steamblock, Spanner ή υδραυλωτοί F.W. Clayton κλπ.

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται ενδεικτική κατάταξη των κυριότερων τύπων Ν. Ατμολεβήτων στην απλούστερη μορφή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ

3.1 Γενικά.

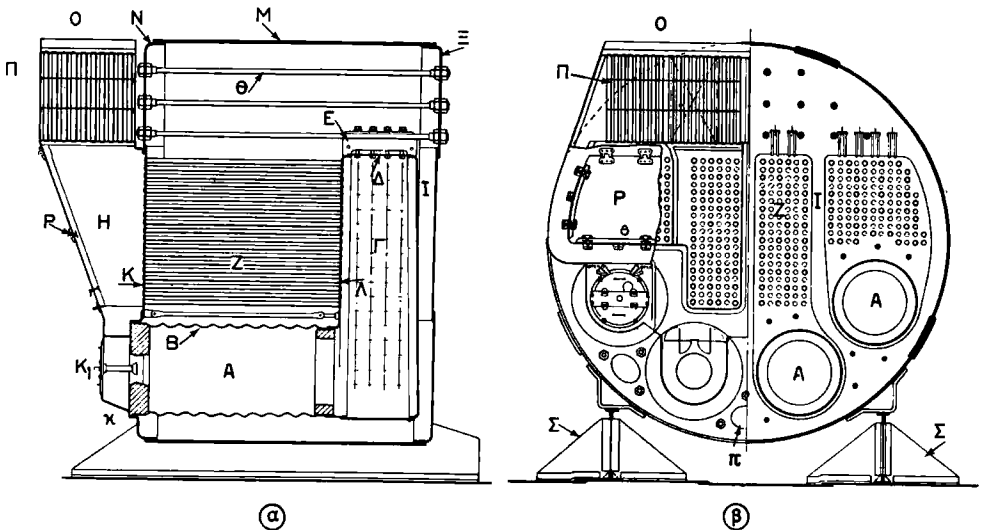
Από τους τύπους οι οποίοι αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, ο κυλινδρικός φλογαυλωτός λέβητας επιστρέφουσας φλόγας απλής προσόψεως (scotch boiler) είναι ο μόνος που βρίσκεται ακόμη σε χρήση σε ορισμένα πλοία. Ο διπλής προσόψεως δεν κατασκευάζεται πιά, ενώ ο λέβητας ευθείας φλόγας χρησιμοποιείται ελάχιστα, κυρίως σαν βοηθητικός.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψωμε το λέβητα επιστρέφουσας φλόγας απλής προσόψεως με τη μορφή του πετρελαιολέβητα.

3.2 Λέβητας φλογαυλωτός επιστρέφουσας φλόγας απλής προσόψεως.

Ο λέβητας αυτός αποτελείται από ένα κυλινδρικό **κέλυφος**, δύο **πώματα**, έναν ή περισσότερους **κλιβανούς** με τους αντίστοιχους **φλογοθάλαμους** και τις **δέσμες των φλογαυλών**.

Στο σχήμα 3.2α φαίνεται η γενική διάταξη του λέβητα σε πλάγια και εγκάρσια ημιτομή. Τα μέρη του είναι τα εξής:



Σχ. 3.2α.

Γενική διάταξη φλογαυλωτού λέβητα επιστρέφουσας φλόγας απλής προσόψεως.
α) Σε πλάγια τομή. β) Σε εγκάρσια ημιτομή.

α) Η εστία Α όπου πραγματοποιείται η καύση με την είσοδο του πετρελαίου από τον **καυστήρα** Κ₁ και του αέρα από τον **κώνο** αέρα κ. β) Ο κλιβανός Β, δηλαδή το μεταλλικό περίβλημα της εστίας. γ) Ο **φλογοθάλαμος** Γ, δηλαδή ο χώρος στον οποίο συμπληρώνεται η καύση. δ) Ο **ουρανός** φλογοθάλαμου Δ, δηλαδή το ανώτερο οριζόντιο έλασμά του. ε) Ο οπλισμός του ουρανού του φλογοθάλαμου Ε, ο οποίος χρησιμεύει προς ενίσχυση της αντοχής του. στ) Οι αυλοί και τα **αυλοστηρίγματα** Ζ που αποτελούν το 85% περίπου της θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα. ζ) Ο **καπνοθάλαμος** Η από τον οποίο περνούν τα καυσαέρια πριν εισέλθουν στην καπνοδόχο. Πάνω από τον καπνοθάλαμο τοποθετείται μερικές φορές ο προθερμαντήρας Π του αέρα. Εσωτερικά από τους αυλούς του περνούν τα καυσαέρια προς την καπνοδόχο. Γύρω από τους αυλούς κυκλοφορεί ο καυσιγόνος αέρας που καταθλίβεται από ανεμιστήρες και με κάθετους αγωγούς οδηγείται στους κώνους αέρα προθερμασμένος. η) Οι **συνδέτες** Θ οι οποίοι συνδέουν την πρόσοψη με τον πυθμένα του λέβητα. θ) Οι **ενδέτες** Ι, οι οποίοι συνδέουν το φλογοθάλαμο με το κέλυφος και τον πυθμένα και επίσης τους φλογοθάλαμους του (δεν φαίνονται στο σχήμα). Είναι όμοιοι με τους συνδέτες μικρού μήκους. ι) Η **εμπρόσθια αυλοφόρος πλάκα** Κ. ια) Η **οπίσθια αυλοφόρος πλάκα** Λ. ιβ) Το **κέλυφος** του λέβητα Μ. ιγ) Η **πρόσοψη του λέβητα** Ν. ιδ) Ο **πυθμένας του λέβητα** Ξ. ιε) Ο **αεραγωγός** Ο δια μέσου του οποίου τα καυσαέρια οδηγούνται προς την καπνοδόχο. ιστ) Η **ιλιουθυρίδα** π, εσωτερικής επιθεωρήσεως και καθαρισμού του λέβητα. ιζ) Οι **αυλόθυρες** εκκαπνισμού Ρ και ιη) Τα **πέλματα** Σ του λέβητα.

Η λειτουργία του λέβητα είναι η εξής:

Μέσα στην εστία εισάγεται το πετρέλαιο με τον καυστήρα και αναμιγνύεται με τον καυσιγόνο αέρα, ο οποίος εισέρχεται από τον κώνο αέρα του καυστήρα. Επακολουθεί η καύση του πετρελαίου και τα παραγόμενα καυσαέρια οδεύουν προς το φλογοθάλαμο, όπου αποπερατώνεται η καύση.

Από το φλογοθάλαμο τα καυσαέρια αναστρέφουν, εισέρχονται στους αυλούς, στη συνέχεια στον καπνοθάλαμο, στον προθερμαντήρα αέρα και τελικά οδεύουν προς την καπνοδόχο για να εξέλθουν στην ατμόσφαιρα.

Σε όλη την πορεία τους τα καυσαέρια μεταδίδουν τη θερμότητά τους προς το νερό (κυρίως μέσω της επιφάνειας του κλιβάνου, των αυλών, του φλογοθάλαμου και των πλακών), που έτσι μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός λαμβάνεται από τον ατμοφράκτη και οδηγείται προς την εγκατάσταση.

Οι λέβητες του τύπου αυτού δίνουν ατμό 12 ως 20 bar και μερικές φορές εφοδιάζονται με υπερθερμαντήρα, απ' όπου ο ατμός εξέρχεται με θερμοκρασία μέχρι και 370°C.

Το μήκος τους φθάνει τα 4,5 ως και 5,00 μέτρα και η διάμετρός τους μέχρι και 5,5 μέτρα.

Η όλη θερμαινόμενη επιφάνειά τους κατανέμεται επί τοις εκατόν (%) του συνόλου της ως εξής:

- Στους **κλιβανούς** 6 ως 8% περίπου
- Στους **φλογοθάλαμους** 9 ως 12% περίπου
- Στους **αυλούς** 78 ως 88%
- Στις **αυλοφόρες πλάκες** 1,5 ως 3%
- Ο ατμοθάλαμος χωρίζεται από τον υδροθάλαμο με τη στάθμη του νερού, της οποίας διακρίνομε τρεις θέσεις, την **ανώτατη**, τη **μέση** ή **κανονική** και την **κάτωτατη**.

Η κανονική στάθμη βρίσκεται σχεδόν για όλους τους λέβητες στο $\frac{1}{4}$ της διαμέτρου του λέβητα όταν το μετρήσουμε από το υψηλότερο σημείο του λέβητα. Περιορίζεται όμως από το ότι πρέπει να είναι 1,5" στο ελάχιστο και 10" στο ανώτατο όριο επάνω από το υψηλότερο σημείο του ουρανού του φλογοθάλαμου.

Άλλο στοιχείο, που επηρεάζει τη στάθμη του νερού είναι το μέγεθος του ατμοθάλαμου. Για συνήθεις κατασκευές ναυτικών ατμολεβήτων ο όγκος του ατμοθάλαμου λαμβάνεται ίσος περίπου προς το μισό του όγκου του υδροθάλαμου.

Οι κυλινδρικοί αυτοί λέβητες κατασκευάζονται με 1,2,3 ή και 4 κλίβανους, ανάλογα με το μέγεθός τους. Συνηθέστεροι υπήρξαν οι λέβητες 3 κλιβάνων (σχ. 3.2β) με διαμέτρους κελύφους 4,5 μέτρα.



Σχ. 3.2β.
Λέβητας με τρεις κλιβάνους.

3.3 Νεότεροι τύποι κυλινδρικών λεβήτων.

3.3.1 Κυλινδρικός λέβητας Howden-Johnson (με υδραυλούς κυκλοφορίας).

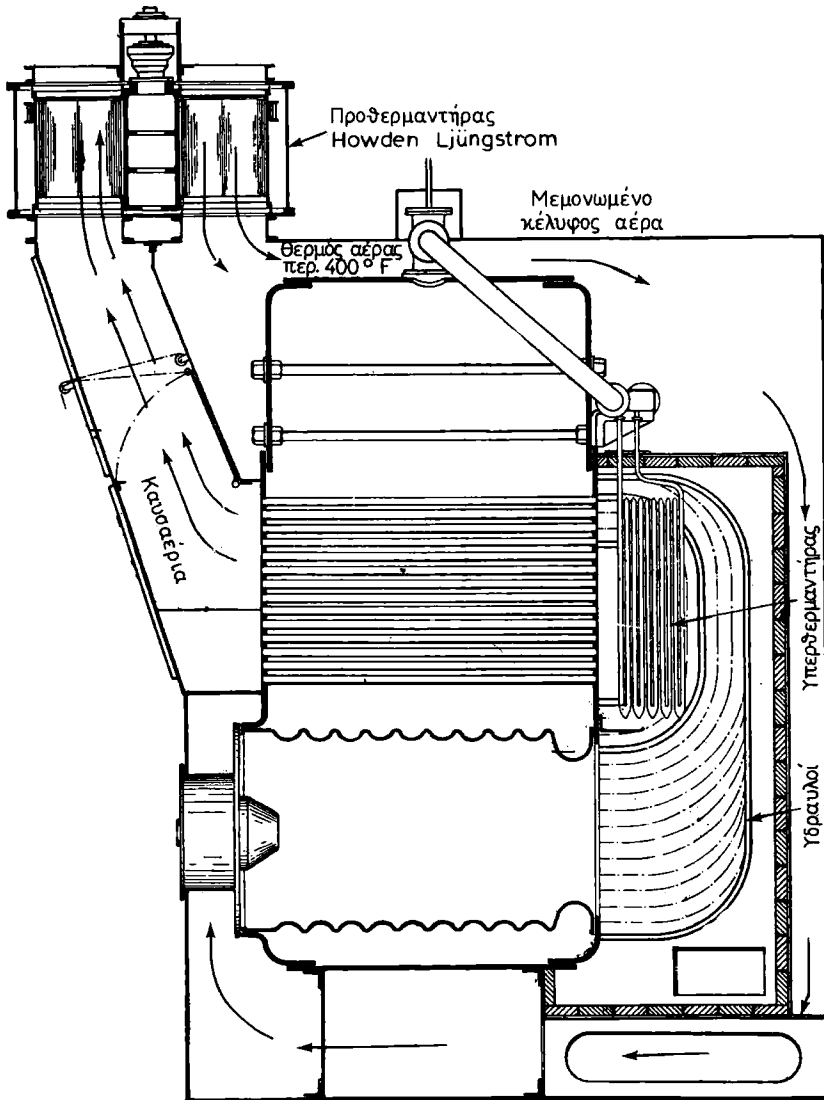
Ο λέβητας αυτός (σχ. 3.3α) λειτουργεί όπως ο γνωστός βασικός τύπος κυλινδρικού λέβητα. Το μήκος του είναι όσο το μήκος των κλιβάνων. Έχει 2 ως 4 κλίβανους, που καταλήγουν σε κοινό φλογοθάλαμο κτιστό στο οπίσθιο μέρος του λέβητα.

Στην οπίσθια αυλοφόρα πλάκα τοποθετούνται αυλοί κυκλοφορίας του νερού, που συνδέουν την περιοχή του κάτω από τους κλίβανους. Έτσι δημιουργείται μία πρόσθετη κυκλοφορία του νερού, που επαυξάνει πολύ την ατμοπαραγωγική ικανότητά του.

Στό σχήμα 3.3α διακρίνεται τό διπλό κέλυφος τού λέβητα, τό οποίο χρησιμεύει ως οχετός τού προθερμασμένου αέρα. Μέσα σ' αυτό ο προθερμασμένος αέρας λαμβάνει επί πλέον θέρμανση και καταλήγει στους κώνους των καυστήρων.

3.3.2 Κυλινδρικός λέβητας Carus με πρόσθετους ατμοθάλαμους-υδροθάλαμους και υδραυλούς.

Βασίζεται στις ίδιες αρχές με το λέβητα Howden-Johnson, με τη διαφορά μόνο

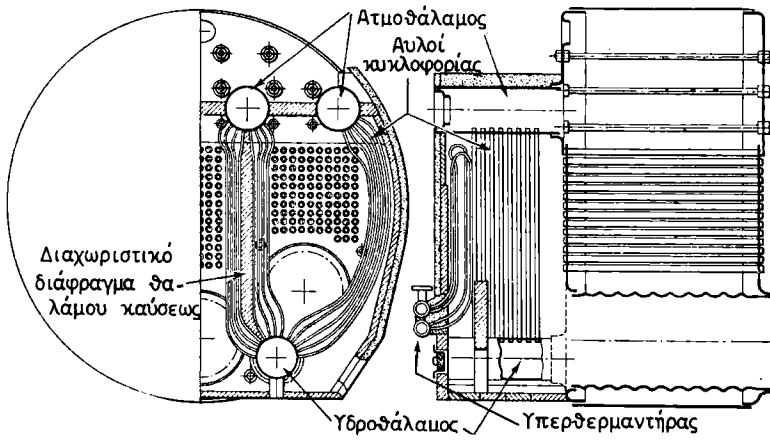


Σχ. 3.3α.

Κυλινδρικός λέβητας Howden-Johnson.

ότι στο χώρο του φλογοθάλαμου είναι τοποθετημένοι δύο υδροθάλαμοι κάτω από την περιοχή των κλιβάνων και 4 ατμοϋδροθάλαμοι στην περιοχή της στάθμης του νερού. Οι πρόσθετοι αυτοί υδροθάλαμοι και ατμοϋδροθάλαμοι συνδέονται μεταξύ τους με ορθούς και καμπυλωμένους αυλούς κυκλοφορίας του νερού.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3β στο χώρο του φλογοθάλαμου βρίσκεται τοποθετημένος και υπερθερμαντήρας ατμού.



Σχ. 3.3β.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΥΔΡΑΥΛΩΤΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ

4.1 Γενικά.

Οι υδραυλωτοί λέβητες χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στο τέλος του 19ου αιώνα από τη στιγμή που η χρήση της παλινδρομικής μηχανής τριπλής εκτονώσεως και στη συνέχεια του ατμοστρόβιλου υιοθετήθηκε από το Ναυτικό όλων των χωρών.

Η χρήση των παραπάνω μηχανών επέβαλε υψηλές πιέσεις και ανάγκη υψηλής ατμοπαραγωγικής ικανότητας των λεβήτων. Η αύξηση πάλι της ατμοπαραγωγικής ικανότητας, με την αύξηση του βαθμού καύσεως, οδήγησε στη χρήση του τεχνητού ελκυσμού από τον οποίο αναπτύσσονταν υψηλές θερμοκρασίες και ανάλογες υψηλές τάσεις από διαστολές.

Υπήρξε επίσης ανάγκη να ελαττωθεί το βάρος και ο όγκος των λεβήτων με σκοπό την αύξηση του ωφέλιμου φορτίου των εμπορικών πλοίων.

Στις προϋποθέσεις αυτές υψηλής πίεσεως, μεγάλης ατμοπαραγωγικής ικανότητας, μικρού όγκου και βάρους δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν οι φλογαυλωτοί λέβητες λόγω των μεγάλων διαμέτρων και του πάχους των μερών τους και παράλληλα λόγω μικρής ελαστικότητας και αντοχής που παρουσιάζουν στις διαστολές και στον τεχνητό ελκυσμό.

Σοβαρό εμπόδιο για την ανάπτυξη ενός επιτυχημένου υδραυλωτού λέβητα ήταν οι καθαλατώσεις που σχηματίζονταν στο εσωτερικό των αυλών. Αυτές δημιουργούν θερμικές αντιστάσεις στη διέλευση της θερμότητας προς το νερό, η οποία έτσι παραμένει μέσα στο υλικό των αυλών. Κατά συνέπεια οι αυλοί υπερθερμαίνονται, το μέταλλό τους γίνεται πλαστικότερο, με αποτέλεσμα τη διόγκωση, ερυθρόπύρωση ή και την έκρηξη ακόμη του αυλού λόγω της ελαττώσεως της αντοχής του υλικού του.

Οι ίδιες καθαλατώσεις δημιουργούνταν και στους φλογαυλωτούς λέβητες, αλλά σ' αυτούς λόγω των χαμηλών πιέσεων, του μεγάλου όγκου νερού και του σχετικά μικρού βαθμού ατμοποίησης η σχηματιζόμενη καθαλάτωση δεν προκαλούσε υπερθέρμανση και έκρηξη του αυλού. Ήταν βέβαια απαραίτητη η συχνή αφαίρεση των καθαλατώσεων από τους φλογαυλωτούς λέβητες, αλλά αυτό είχε γίνει αναγκαστικά παραδεκτό ως ένα μειονέκτημα της λειτουργίας τους.

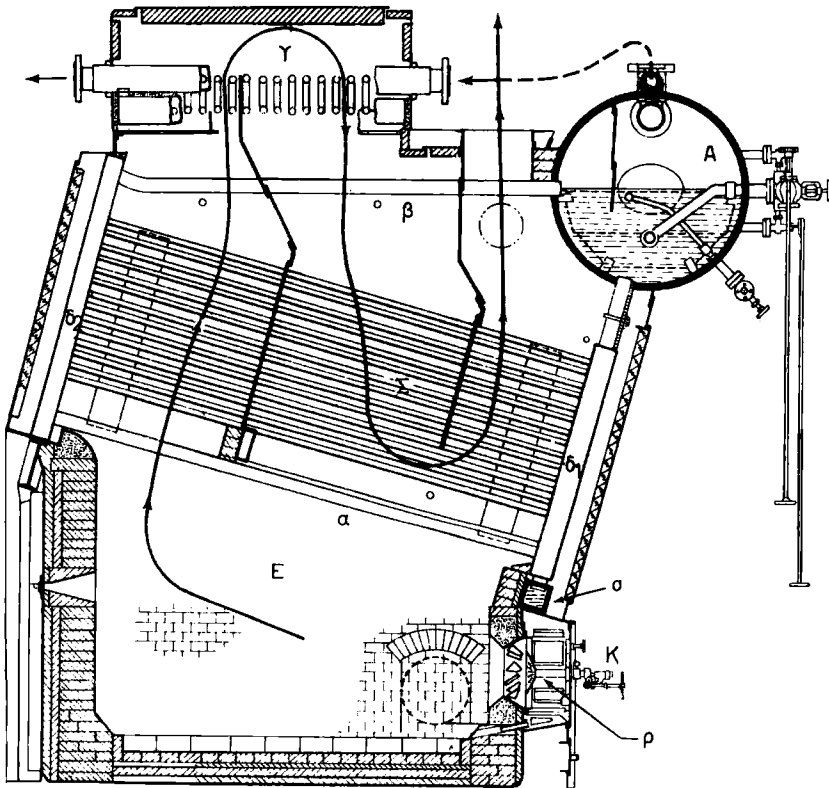
Όταν εφαρμόστηκε επιτυχημένη μέθοδος επεξεργασίας του νερού προς αποφυγή σχηματισμού καθαλατώσεων και διαβρώσεως του υλικού κατασκευής τους, οι υδραυλωτοί λέβητες επικράτησαν σχεδόν ολοκληρωτικά.

4.2 Λέβητας Babcock-Wilcox (B & W) με συλλέκτη τριών διαδρομών καυσαερίων.

Ο λέβητας αυτός ανήκει στην κατηγορία των λέβητων ελεύθερης κυκλοφορίας. Τα βασικά του μέρη είναι τα εξής (σχ. 4.2α):

α) Ο ατμοϋδροθάλαμος Α.

Κυλινδρικό δοχείο που έχει μήκος όσο το πλάτος του λέβητα. Τα αναγκαία για τη λειτουργία του εξαρτήματα βρίσκονται πάνω στο θάλαμο. Από το κάτω μέρος του συνδέεται με μικρούς συνδετικούς αυλούς 4" με τους εμπρόσθιους υδροσυλλέκτες δ₁ και στο πίσω μέρος του φέρει ισάριθμες οπές για την προσαρμογή των επιστροφικών αυλών β, με τους οποίους οδηγείται στον ατμοϋδροθάλαμο ο παραγόμενος ατμός.



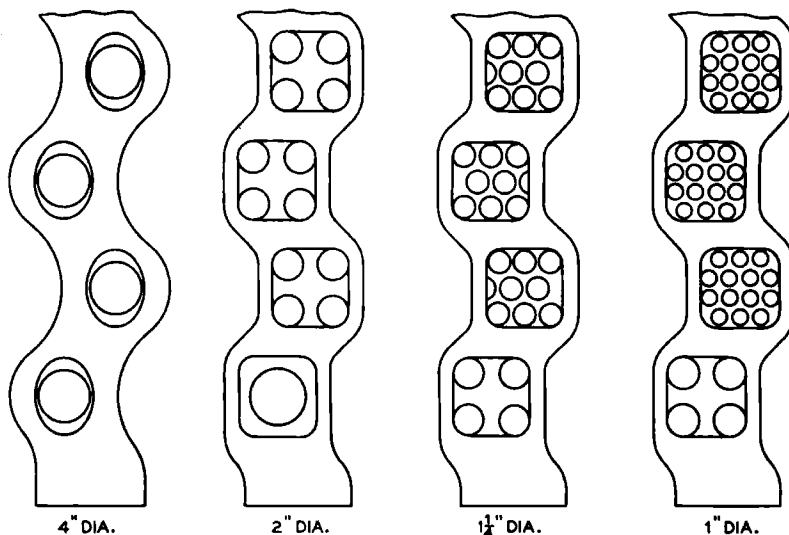
Σχ. 4.2α.

Πλάγια τομή λέβητα B & W, τριών διαδρομών καυσαερίων.

β) Τα ατμογόνα στοιχεία Σ.

Τα οποία και αποτελούν την κύρια ατμοπαραγωγό επιφάνεια του λέβητα. Κάθε ατμογόνο στοιχείο αποτελείται από ένα εμπρόσθιο κυματοειδή υδροσυλλέκτη ένα

ή δύο αυλούς α μεγάλης διαμέτρου 4" στο κατώτερο μέρος, τους ατμογόνους αυλούς Σ, ένα υδροσυλλέκτη δ₂ όμοιο περίπου με τον εμπρόσθιο και ένα ή δύο επιστροφικούς αυλούς β, οι οποίοι οδηγούν τον ατμό προς τον ατμοθάλαμο. Στο σχήμα 4.2β εικονίζονται διάφορες μορφές κυματοειδών υδροσυλλεκτών που δέχονται αυλούς διαμέτρου 4", 2", 1¹/₄" και 1".



Σχ. 4.2β.

Διάφορες μορφές υδροσυλλεκτών.

Πολλά ατμογόνα στοιχεία 12 ως 16 τα οποία τοποθετούνται παράλληλα και κοντά το ένα στο άλλο και έτσι ώστε να εφαρμόζουν οι κυματοειδείς πλευρές των υδροθαλάμων μεταξύ τους, αποτελούν την ατμοπαραγωγό επιφάνεια του λέβητα.

Από τους αυλούς ο κατώτερος α είναι της τάξεως των 4" για να αντέχει στην επίδραση των φλογών. Οι υπόλοιποι είναι συνήθως των 2". Τοποθετούνται πάνω στα εσωτερικά τοιχώματα των υδροσυλλεκτών (πλακών) με εκτόνωση.

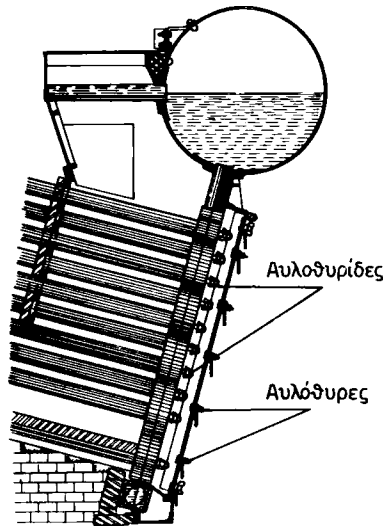
Για την τοποθέτηση και εκτόνωση των αυλών, αλλά και για τον εσωτερικό καθαρισμό τους, τοποθετούνται στα εξωτερικά τοιχώματα των υδροσυλλεκτών αυλοθυρίδες (συστήματος όμοιου με τις ανθρωποθυρίδες). Στο περίβλημα του λέβητα τοποθετούνται *αυλόθυρες* (σχ. 4.2γ).

γ) Ο συλλέκτης σ.

Είναι χυτοχαλύβδινος τετραγωνικής τομής οριζόντιος, μήκους όσο το πλάτος του λέβητα και ενώνεται από πάνω με τους εμπρόσθιους υδροθάλαμους. Ενώνεται επίσης με τον ατμοϋδροθάλαμο Α με δύο κάθετους πλευρικούς οχετούς (που δεν φαίνονται στο σχήμα) από τους οποίους και τροφοδοτείται με νερό σε μεγάλη ποσότητα.

δ) Η εστία Ε και το περίβλημα του λέβητα.

Η εστία κάτω από την κατώτερη σειρά αυλών είναι μεγάλου όγκου για την επί-



Σχ. 4.2γ.

τευξη τέλειας καύσεως. Στην πρόσοψή της φέρει τρεις ως τέσσερις κώνους αέρα ρ και καυστήρες Κ. Το περίβλημα του λέβητα τον περιβάλλει μέχρι τη βάση της καπνοδόχου και είναι κατασκευασμένο από διπλό έλασμα και φύλλο από αμίαντο. Πλευρικά, εμπρός και πίσω φέρει τις **θύρες του εκκαπνισμού** ή **αυλόθυρες**, όπως ονομάζονται και αυτές.

ε) Ο υπερθερμαντήρας Υ.

Αποτελείται από δύο θάλαμους οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με αυλούς σχήματος U. Ο ατμός προερχόμενος από τον ατμοθάλαμο εισέρχεται μέσα στον ένα θάλαμο, κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς του υπερθερμαντήρα με επαναλαμβανόμενες διαδρομές και εξέρχεται από αυτόν ως υπέρθερμος. Οι επαναλαμβανόμενες διαδρομές ατμού οφείλονται στην ύπαρξη διαφραγμάτων μέσα στους θάλαμους.

Η **λειτουργία** του λέβητα έχει ως εξής:

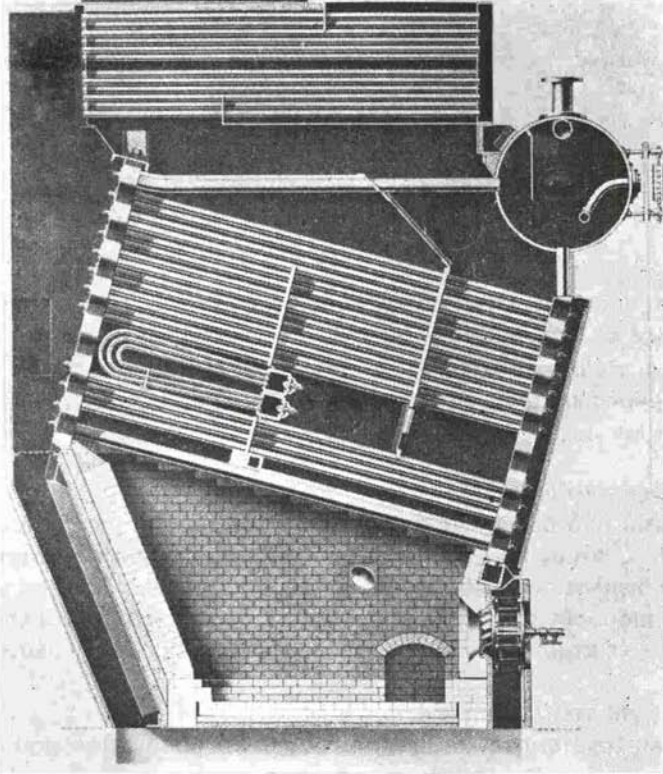
Το νερό εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του ατμοϋδροθάλαμου Α, κατεβαίνει από τους εμπρόσθιους υδροθάλαμους δ_1 (ή εφόσον υπάρχουν και κάθετοι πλευρικοί αυλοί κυκλοφορίας και από αυτούς), εισέρχεται μέσα στους ατμογόνους αυλούς Σ και θερμαινόμενο ατμοποιείται. Ως ατμός στη συνέχεια ανεβαίνει από τους οπίσθιους υδροθάλαμους δ_2 και μέσω των ατμαγωγών αυλών β εισέρχεται στον ατμοθάλαμο. Εισερχόμενος στον ατμοθάλαμο ο ατμός προσκρούει πάνω σ' ένα κάθετο διάφραγμα για να εγκαταλείψει κατά το δυνατόν την υγρασία του και από εκεί λαμβάνεται όσο το δυνατόν στεγνός από τον ατμοφράκτη. Στη συνέχεια οδηγείται στον υπερθερμαντήρα, απ' όπου εξέρχεται ως υπέρθερμος.

Η πορεία φλογών και καυσαερίων προσδιορίζεται με το βέλος στο σχήμα 4.2α. Λόγω των διαφραγμάτων τα καυσαέρια αναγκάζονται να εκτελέσουν τρεις διαδρομές, γι' αυτό και ο λέβητας ονομάζεται **τριών διαδρομών καυσαερίων** (three pass boiler). Κατά την πορεία τους τα καυσαέρια περνούν γύρω από τους αυλούς, στη συνέχεια γύρω από τον υπερθερμαντήρα, ώστε υπερθερμαίνονται τον ατμό να

κατεβαίνουν πάλι προς τα κάτω ατμοποιώντας το νερό. Τέλος, πριν εξέλθουν στην ατμόσφαιρα περνούν γύρω από τους ατμαγωγούς β και στεγνώνουν τον ατμό, ώστε αυτός να κατευθυνθεί κατά το δυνατόν ξηρότερος μέσα στον ατμοθάλαμο.

Στο σχήμα 4.2δ φαίνεται λέβητας εφοδιασμένος με ενδιάμεσο υπερθερμαντήρα και προθερμαντήρα αέρα. Ο λέβητας αυτός παρέχει ατμό 45 bar θερμοκρασίας 426°C και σε ποσότητες 23000 kg/h.

Σε παραλλαγή του παραπάνω λέβητα τα τοιχώματα της εστίας κατασκευάζονται από **υδροτοιχώματα**.



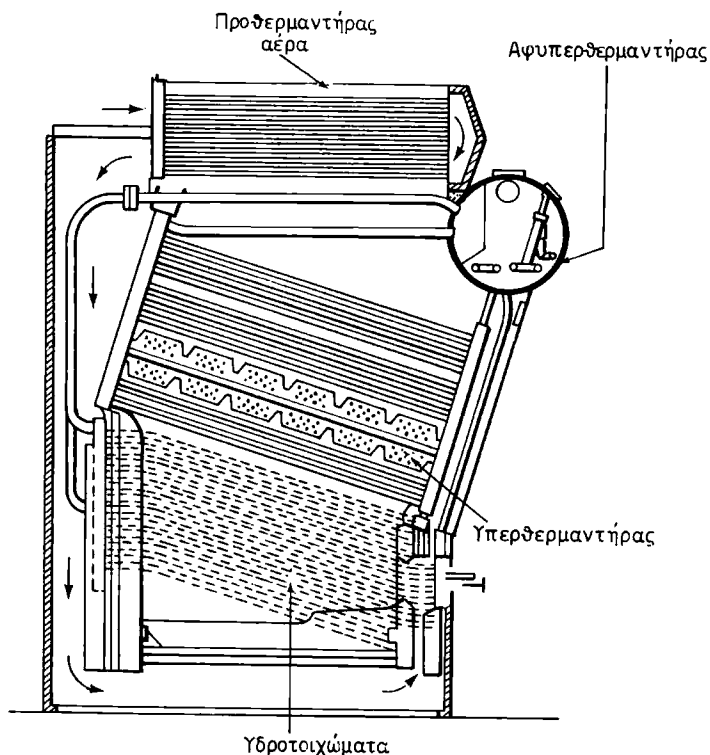
Σχ. 4.2δ.

Λέβητας B & W εφοδιασμένος με υπερθερμαντήρα και προθερμαντήρα.

4.3 Λέβητας B & W με συλλέκτη, απλής διαδρομής καυσαερίων.

Ο λέβητας αυτός (σχ. 4.3) παρουσιάζει τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά κατασκευής με τον προηγούμενο τύπο με τη διαφορά ότι τα καυσαέρια εκτελούν μόνο μία διαδρομή και είναι εφοδιασμένος με προθερμαντήρα αέρα, υπερθερμαντήρα και αφυπερθερμαντήρα.

Η εστία του λέβητα αποτελείται από υδροτοιχώματα (water walls). Αυτά αποτελούνται από αυλούς με αγκάθια τα οποία επιχρίονται κατάλληλα, ώστε να σχηματίζουν το τοίχωμα.



Σχ. 4.3.

Λέβητας B & W με συλλέκτη, απλής διαδρομής καυσαερίων.

Ο υπερθερμαντήρας παρεμβάλλεται μεταξύ των ατμογόνων αυλών.

Στην ίδια κατηγορία με τον προηγούμενο ανήκει και ο λέβητας τύπου SM της Combustion Engineering.

4.4 Λέβητες ταχείας κυκλοφορίας.

Οι λέβητες ταχείας κυκλοφορίας αποτελούν την εξελιγμένη μορφή των υδραυλωτών λεβήτων φυσικής κυκλοφορίας. Κατασκευάστηκαν σε τρεις τύπους, «Α» ή «Λ», «Μ», και «D».

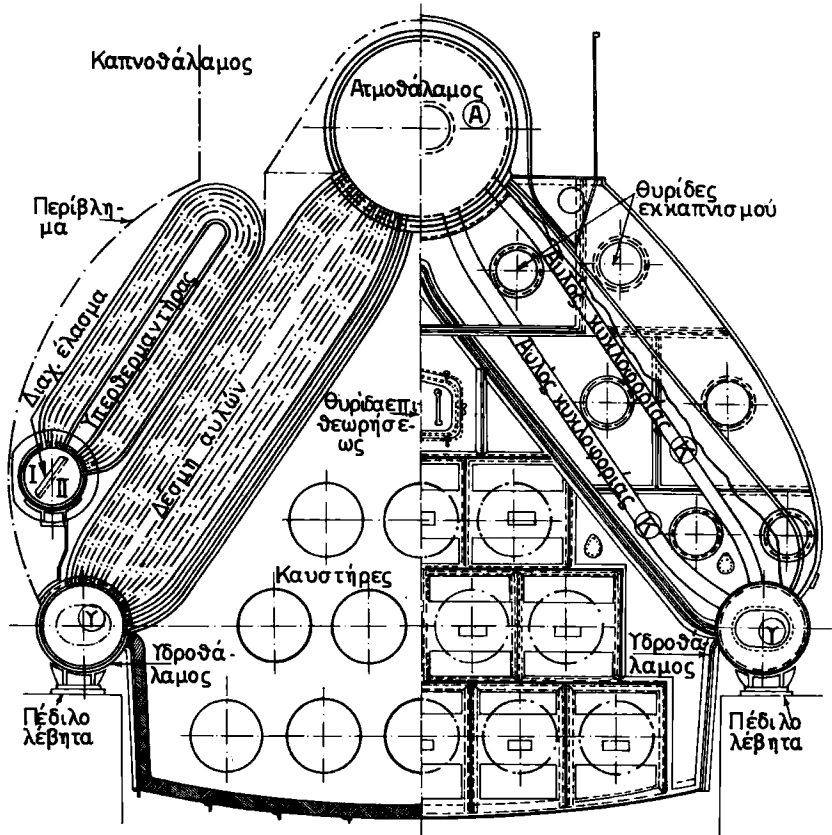
Αντιπροσωπευτικός τύπος των λεβήτων τύπου «Α» ή «Λ» υπήρξε ο λέβητας Yarrow και παρόμοιοι με αυτόν οι λέβητες White-Forster, Thornycroft, Normand, Shulz, Blöschynden και άλλοι. Χαρακτηριστικός τύπος των λεβήτων «Μ» είναι ο λέβητας, δύο εστιών ο οποίος δε χρησιμοποιείται στα εμπορικά πλοία. Αντιπροσωπευτικούς λέβητες τύπου D κατασκεύασαν οι εταιρίες Babcock-Wilcox, Foster-Wheeler και Combustion Engineering.

4.4.1 Λέβητας Yarrow-Express.

Ο λέβητας Yarrow κατασκευάστηκε αρχικά ως γαιανθρακολέβητας και στη συνέχεια ως πετρελαιολέβητας.

Ο λέβητας Yarrow-Express (σχ. 4.4α) τύπου «Α» ή «Λ» αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Τον **ατμοθάλαμο**
- Τους **υδροθάλαμους**
- Τους **αυλούς**
- Τον **υπερθερμαντήρα**
- Την **εστία** και
- Το **περίβλημα**.



Σχ. 4.4α.
Λέβητας Yarrow-Express.

α) Ο ατμοθάλαμος Α (ατμοϋδροθάλαμος).

Είναι κυλινδρικός με διάμετρο 1,2 m περίπου και φέρει στην κάτω ημικυλινδρική επιφάνειά του κυλινδρικές οπές ισάριθμες προς τους αυλούς του λέβητα, μέσα στις οποίες προσαρμίζονται με εκτόνωση οι αυλοί α που τον συνδέουν με τους δύο υδροθάλαμους Υ-Υ. Λόγω της υπέρξεως των οπών και για την αποκατάσταση της αντοχής του, το κατώτερο έλασμα του ατμοθάλαμου είναι διπλάσιου ή και περισσότερο πάχους από το ανώτερο.

Το κυλινδρικό κέλυφος του ατμοθάλαμου κλείεται με δύο ημισφαιρικά πώματα. Πάνω στο εμπρόσθιο πώμα υπάρχει ανθρωποθυρίδα για την επιθεώρηση και καθαρισμό του λέβητα.

Πάνω στον ατμοθάλαμο βρίσκονται σχεδόν όλα τα εξαρτήματα του λέβητα.

Σε ορισμένους τύπους λεβήτων Yarrow-Express, στο εμπρόσθιο μέρος ή και στα δύο άκρα του ατμοθάλαμου υπάρχουν ζεύγη αυλών «Κ» με μεγάλη διάμετρο (περίπου 5"). Οι αυλοί αυτοί βρίσκονται έξω από το περίβλημα του λέβητα για την ταχύτερη κυκλοφορία του νερού.

β) Οι υδροθάλαμοι.

Κάθε λέβητας Yarrow έχει δύο υδροθάλαμους Υ, οι οποίοι έχουν το ίδιο με τον ατμοθάλαμο μήκος και διάμετρο γύρω στα 0,6 m.

Ατμοθάλαμος και υδροθάλαμοι σήμερα κατασκευάζονται με έλαση και χωρίς κάρφωση (μονοκόμματοι ή τραβηκτοί).

Το ανώτερο έλασμα των υδροθαλάμων έχει μεγαλύτερο πάχος, για να εξισορροπείται η αντοχή του λόγω της υπέρξεως των οπών των αυλών.

Τα άκρα των υδροθαλάμων κλείνονται με σφαιρικά πώματα από τα οποία τα εμπρόσθια φέρουν ελλειπτική ανθρωποθυρίδα. Οι υδροθάλαμοι φέρουν επίσης και επιστόμια **εξαγωγής** και **εκκενώσεως** του λέβητα και προσαρμόζονται τέλος πάνω στα πέλματα του λέβητα που στερεώνεται στην εντερώνεια του σκάφους.

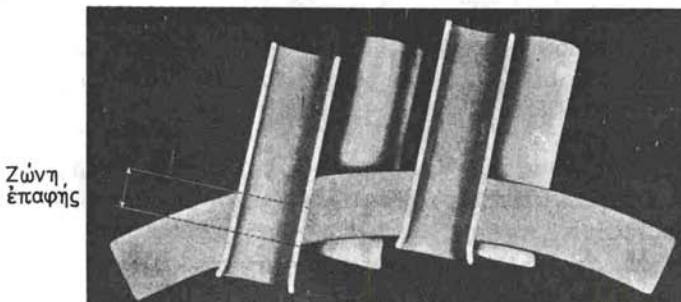
γ) Οι αυλοί.

Οι υδροθάλαμοι συγκοινωνούν με τον ατμοϋδροθάλαμο με πλήθος από αυλούς κυλινδρικούς, ευθείς ή ελαφρά καμπύλους προς το μέρος της εστίας. Σχηματίζονται έτσι δύο πυκνές δέσμες δεξιά και αριστερά του λέβητα που αποτελούν τα δύο σκέλη του.

Η γωνία μεταξύ των σκελών ποικίλλει και φθάνει τις 80°. Οι σειρές κάθε δέσμης είναι παράλληλες και οι αυλοί τοποθετούνται κατά μετάθεση έτσι, ώστε οι της μιας σειράς να παρεμβάλλονται στα διάκενα της άλλης.

Γενικά οι δύο ή μερικές φορές και τρεις προς την εστία σειρές των αυλών είναι μεγαλύτερης διαμέτρου ($1\frac{1}{2}$ ως $1\frac{3}{4}$) από τη διάμετρο των υπολοίπων σειρών, η οποία κυμαίνεται περίπου σε 1" ως $1\frac{1}{8}$.

Οι αυλοί τοποθετούνται με εκτόνωση πάνω στις αυλοφόρες πλάκες και τα άκρα τους που προεξέχουν διευρύνονται σε κώδωνα. Μετά τη διεύρυνση των χειλιών τους, οι αυλοί εκτονώνονται ελαφρώς ξανά για να εξασφαλισθεί η τέλεια στεγανότητα (σχ. 4.5β, όπου και σημειώνεται η παράλληλη εκτονωτική ζώνη επαφής). Οι



Σχ. 4.4β.

αυλοί, εκτός από το γνωστό τους προορισμό, στερεώνουν και τον ατμοθάλαμο, ο οποίος στηρίζεται μόνο πάνω σ' αυτούς.

Για την ελεύθερη διαστολή των αυλών, οι υδροθάλαμοι και συνεπώς ολόκληρος ο λέβητας στηρίζονται πάνω σε πέλαμα τα οποία φέρονται πάνω στο υπόβαθρο και στηρίζονται με σιδηρογωνιές πάνω στο σκάφος.

Δύο ή τρία πέλαμα, με τα οποία υποβαστάζεται το βάρος του λέβητα προσαρμόζονται κάτω από κάθε υδροθάλαμο. Από αυτά ένα μόνο είναι μόνιμα στερεωμένο, ενώ τα υπόλοιπα μπορούν να ολισθαίνουν ελεύθερα, ώστε να επιτρέπεται οποιαδήποτε διαστολή του λέβητα.

δ) Ο υπερθερμαντήρας.

Αποτελείται από κυλινδρικό χαλύβδινο ατμοθάλαμο ο οποίος διαχωρίζεται με έλασμα σε δύο τμήματα. Τα δύο αυτά τμήματα συνδέονται μεταξύ τους με αυλούς σχήματος U, οι οποίοι εσωτερικά διατρέχονται από ατμό και εξωτερικά περιβάλλονται από καυσαέρια. Τα καυσαέρια πέφτουν πάνω στους αυλούς του υπερθερμαντήρα πριν καταλήξουν στην καπνοδόχο και δίνουν στον ατμό την αναγκαία υπερθέρμανση.

Όπως αντιλαμβανόμαστε από το σχήμα 4.4α, ο κορεσμένος ατμός από τον ατμοθάλαμο οδηγείται στο τμήμα I του υπερθερμαντήρα και με τους αυλούς του υπερθερμαντήρα οδηγείται στο τμήμα II. Από εκεί λαμβάνεται ως υπέρθερμος από τον κύριο ατμοφράκτη του λέβητα.

ε) Η εστία και το εξωτερικό περίβλημα.

Οι αυλοί, ο υπερθερμαντήρας και τα τμήματα των κελυφών του ατμοθάλαμου και υδροθαλάμων κλείνονται μέσα σ' ένα ελαφρό χαλύβδινο περίβλημα, το οποίο προστατεύεται εσωτερικά από δυσθερμαγωγό υλικό και στην περιοχή των φλογών από πυρίμαχη πλινθοδομή.

Ο θάλαμος καύσεως ορίζεται από το χώρο μεταξύ του περιβλήματος του λέβητα και των αυλών, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στη φωτιά. Περιορίζεται από το δάπεδο της εστίας, που βρίσκεται χαμηλότερα από τους υδροθαλάμους.

Το περίβλημα του λέβητα στην περιοχή της εστίας φέρει εσωτερικά επένδυση από πυρίμαχους πλίνθους, οι οποίοι στερεώνονται με κοχλίες. Οι κεφαλές των κοχλιών σκεπάζονται με λάσπη από πυρίμαχο υλικό. Από πυρίμαχη πλινθοδομή προστατεύονται και όσα τμήματα των ελασμάτων των υδροθαλάμων εκτίθενται στις φλόγες της εστίας.

Επάνω στο εμπρόσθιο τμήμα του περιβλήματος του λέβητα υπάρχουν οι θύρες επιθεωρήσεως της εστίας, τα ανοίγματα για τους κώνους αέρα με τους καυστήρες και οι θυρίδες εκκαπνισμού των αυλών.

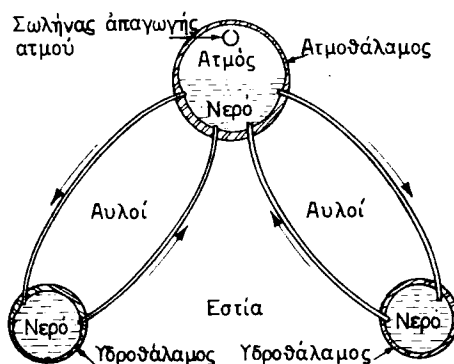
Στο λέβητα αυτό υπάρχουν οι κάθετοι εξωτερικοί αυλοί κυκλοφορίας νερού.

Η λειτουργία του λέβητα.

Τα καυσαέρια περιβάλλουν πρώτα τους αυλούς, στη συνέχεια περιβάλλουν τον υπερθερμαντήρα εισέρχονται στον καπνοθάλαμο και από την καπνοδόχο οδηγούνται στην ατμόσφαιρα. Κατά την πορεία τους θερμαίνουν το νερό μέσα στους αυλούς και προκαλούν την κυκλοφορία και ατμοποίησή του και στη συνέχεια υπερθερμαίνουν τον ατμό. Το τροφοδοτικό νερό καταθλίβεται στη βάση του ατμοϋ-

δροθάλαμου μέσω του τροφοδοτικού επιστομίου κατευθείαν ή μέσω αυτόματου τροφοδοτικού ρυθμιστή, κατεβαίνει με τους εξωτερικούς και απομακρυσμένους της εστίας αυλούς στους υδροθάλαμους και από εκεί, αφού θερμανθεί, ανεβαίνει με τους αυλούς που βρίσκονται κοντά στην εστία προς τον ατμοθάλαμο (σχ. 4.4γ).

Στους λέβητες Yarrow-Express, εκτός από τη δέσμη των ατμογόνων αυλών υπάρχουν, όπως έχει αναφερθεί, και οι αυλοί μεγάλης διαμέτρου έξω από το περιβλημα του λέβητα (αυλοί κυκλοφορίας), οι οποίοι δεν εκτίθενται στην ακτινοβολία της εστίας. Δια μέσου των αυλών αυτών το νερό κατεβαίνει σε μεγάλη ποσότητα από τον ατμοθάλαμο προς τους υδροθάλαμους.



Σχ. 4.4γ.

Σχηματική παράσταση κυκλοφορίας του λέβητα Yarrow-Express.

4.4.2 Λέβητας Yarrow 5 Θαλάμων (σχ. 4.4δ).

Είναι λέβητας διπλής ροής καυσαερίων, εφοδιασμένος με ενδιάμεσο υπερθερμαντήρα και με προθερμαντήρα αέρα Howden-Ljünstrom. Η τοποθέτηση των καυστήρων του είναι πλευρική. Έχει ατμοπαραγωγική ικανότητα 31000 kg/h υπό πίεση 33 bar και θερμοκρασία 400°C από τροφοδοτικό νερό 160°C.

Χαρακτηριστική είναι η ισχυρή μονωτική επένδυση των υδροθαλάμων του, η διάταξη ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του υπέρθερμου με τη βοήθεια των καπνοφρακτών, η είσοδος του αέρα που προθερμάνθηκε κάτω από το αερόψυκτο δάπεδο της εστίας, καθώς και η είσοδος ψυχρού αέρα από το οπίσθιο τοίχωμά της.

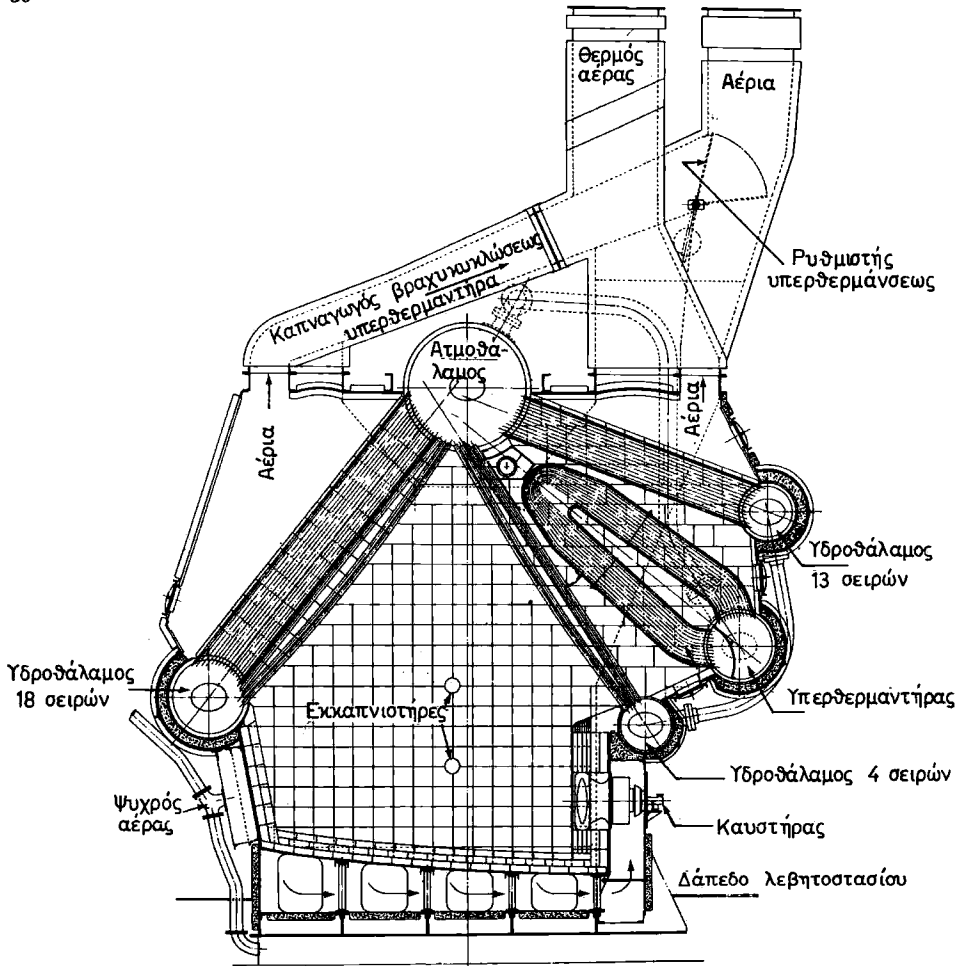
Στο μέσο της εστίας διακρίνονται οι εκκαπνιστήρες (soot-blowers) για τον εκκαπνισμό των αυλών με ατμό όταν ο λέβητας λειτουργεί.

Κατά τα άλλα η λειτουργία του μοιάζει προς τη λειτουργία του λέβητα Yarrow-Express.

Ανάλογη μορφή λέβητων Yarrow 5 Θαλάμων παριστάνεται στα σχήματα 4.4ε και 4.4στ. Ο λέβητας του σχήματος 4.4ε είναι απλής διαδρομής καυσαερίων και του σχήματος 4.4στ διπλής. Και οι δύο είναι εφοδιασμένοι με προθερμαντήρα αέρα και υπερθερμαντήρα.

4.4.3 Λέβητες τύπου «D».

Οι λέβητες αυτοί σχεδιάσθηκαν για να καλύψουν απαιτήσεις ατμοπαραγωγής από 4500 kg/h, σε ατμό κορεσμένο 14 bar μέχρι και 100000 kg/h σε ατμό υπέρ-



Σχ. 4.45.

Λέβητας Yarrow 5 θαλάμων.

θερμο, πίεσεως 61 bar και θερμοκρασίας 510°C.

Όσοι από τους λέβητες αυτούς προορίζονται κυρίως για την πρόωση των πλοίων, έχουν, συνήθως, τα εξής στοιχεία λειτουργίας: πίεση ατμού 31 bar και θερμοκρασία υπέρθερμου 400°C ή αντίστοιχα 41 bar και 450°C.

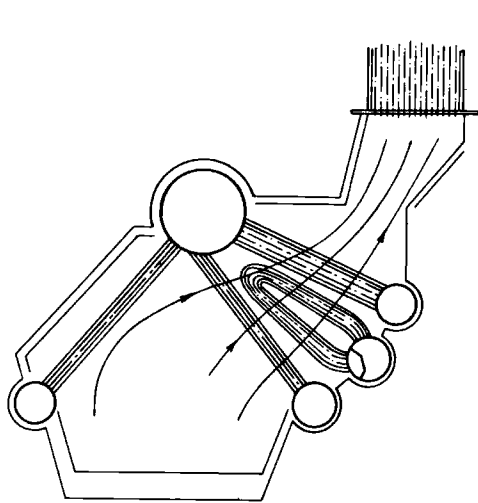
Η γενική διάταξή τους μοιάζει με το λατινικό γράμμα «D» γι' αυτό και ονομάστηκαν λέβητες τύπου «D».

Τυπική μορφή ενός λέβητα αυτού του τύπου δίνεται στα σχήματα 4.4ζ, 4.4η.

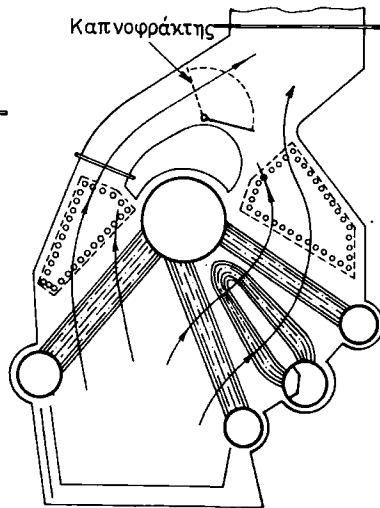
Όλοι οι λέβητες αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από δύο θάλαμους με μία κύρια δέσμη αυλών, κατακορύφων ή σχεδόν κατακορύφων, που ενδιάμεσά της τοποθετείται ο υπερθερμαντήρας.

Η εστία περιβάλλεται από υδροτοιχώματα στην πλευρά και την οροφή της.

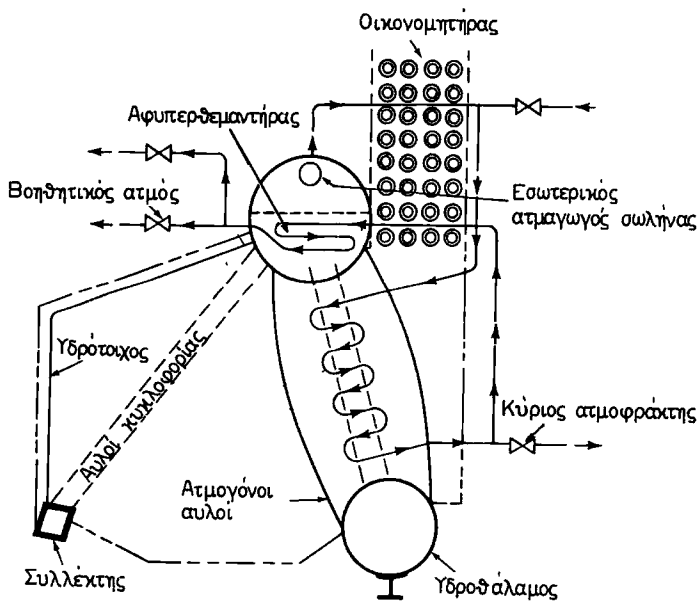
Οι αυλοί του πλευρικού υδροτοιχώματος τροφοδοτούνται με νερό από ένα κατώτερο υδροσυλλέκτη. Αυτός συγκοινωνεί με τον υδροθάλαμο με τους αυλούς κάθετης κυκλοφορίας (downcomers).



Σχ. 4.4ε.
 Λέβητας Yarrow 5 θαλάμων
 απλής διαδρομής καυσαερίων.



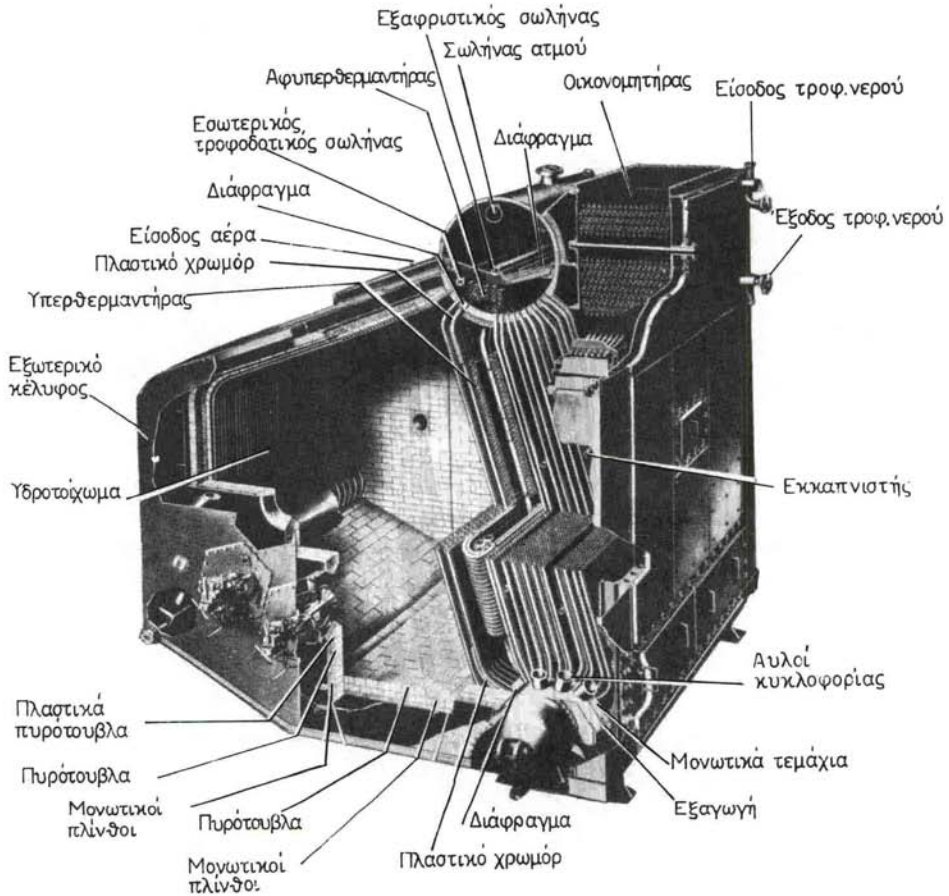
Σχ. 4.4στ.
 Λέβητας Yarrow 5 θαλάμων
 διπλής διαδρομής καυσαερίων.



Σχ. 4.4ζ.

Οι δύο θάλαμοι επίσης συνδέονται με εξωτερικούς αυλούς κυκλοφορίας, με τους οποίους τροφοδοτούνται οι αυλοί της κύριας δέσμης των αυλών.

Οι υπερθερμαντήρες αποτελούνται από αυλούς σχήματος «U» σε ορθή γωνία προς τους ατμογόνους αυλούς.

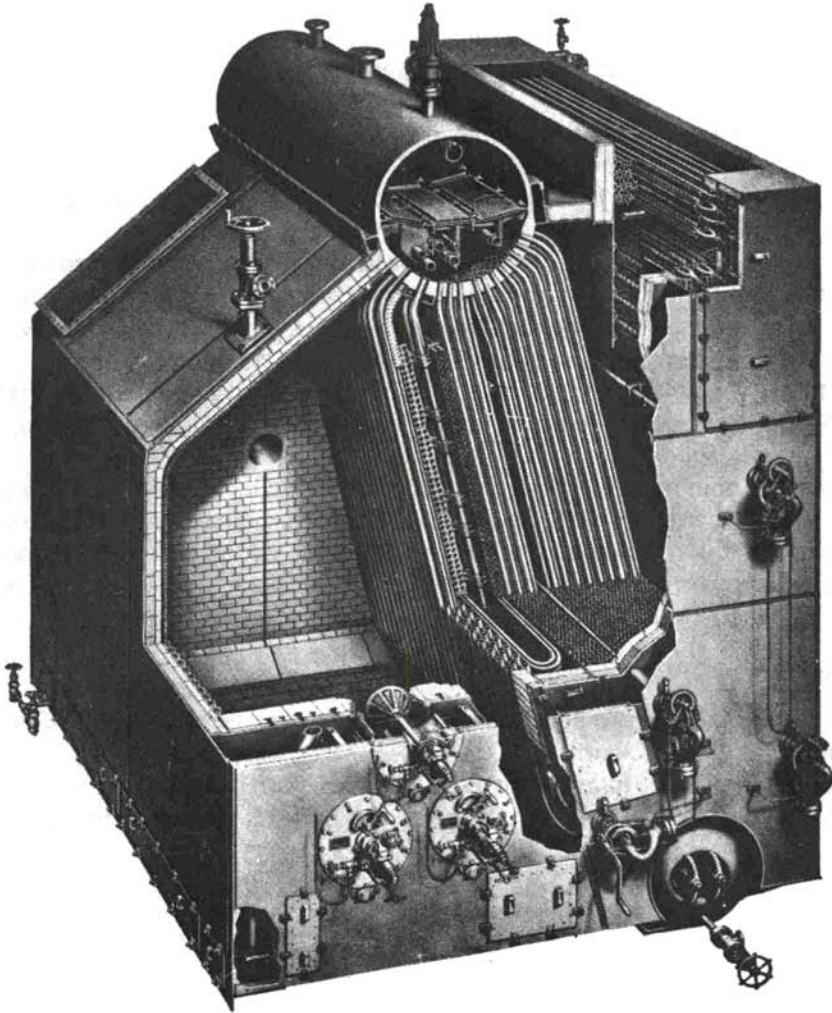


Σχ. 4.4η.

Το δάπεδο της εστίας και το εμπρόσθιο τοίχωμα είναι επενδυμένα με πυρίμαχο στρώμα. Πάνω στο εμπρόσθιο τοίχωμα τοποθετούνται οι καυστήρες.

Οι λέβητες αυτοί εφοδιάζονται με οικονομητήρα νερού και προθερμαντήρα αέρα στην έξοδο των καυσαερίων προς την καπνοδόχο. Ακόμα εφοδιάζονται με εκκαπνιστήρες ατμού για τον εκκαπνισμό των αυλών τους. Κατασκευάζονται κυρίως από τα Εργοστάσια Babcock-Wilcox (B & W), Foster Wheeler (F.W.) και Combustion Engineering (C.E.).

Ο λέβητας του σχήματος 4.4θ είναι κατασκευής Babcock-Wilcox τύπου D και έχει ατμοπαραγωγική ικανότητα 27000 κρ/h σε πίεση 30 bar και 400°C θερμοκρασία υπέρθερμου. Αποτελείται από έναν αμοθάλαμο με διάμετρο 1066 mm, ο οποίος συνδέεται με έναν υδροθάλαμο 609 mm και έναν υδροσυλλέκτη σχήματος κιβωτίου. Τρεις σειρές αυλών με εξωτερική διάμετρο 1¹/₂ σχηματίζουν έναν υδροτόιχο μεταξύ της εστίας και του υπερθερμαντήρα, ο οποίος είναι τύπου αγωγής. Τέσσερις αυλοί στηρίξεως με εξωτερική διάμετρο 3', οι οποίοι είναι τοποθετη-



Σχ. 4.4θ.

τημένοι μέσα στη δέσμη των αυλών υπερθερμάνσεως οδηγούν από τον ατμοθάλαμο στον υδροθάλαμο. Δεκαεπτά σειρές αυλών με εξωτερική διάμετρο 1" σχηματίζουν το κύριο τμήμα της δέσμης ατμογόνων αυλών και συνδέουν τον ατμοθάλαμο με τον υδροθάλαμο.

Το τοίχωμα της εστίας αποτελείται από αυλούς με εξωτερική διάμετρο 1"½, οι οποίοι σχηματίζουν υδρότοιχο.

Υπάρχουν επίσης 8 αυλοί κυκλοφορίας με εξωτερική διάμετρο 4"½ από τους οποίους οι 6 οδηγούν στον υδροθάλαμο και 2 στο συλλέκτη υδρότοιχου.

Ο υπερθερμαντήρας είναι τοποθετημένος μέσα στη δέσμη των ατμογόνων αυλών (interdeck) και στηρίζεται από δύο σειρές διατηρήτων ελασμάτων, τα οποία στερεώνονται πάνω σε τέσσερις υδροψυχόμενους αυλούς στηρίξεως. Μεταξύ εστίας και υπερθερμαντήρα παρεμβάλλονται τρεις σειρές αυλών.

Ολόκληρος ο λέβητας περιβάλλεται από χαλύβδινο περίβλημα, το οποίο σχηματίζει το εξωτερικό τοίχωμα του διπλού κέλυφους που τον περιβάλλει.

Ο αέρας εισέρχεται στο θάλαμο καύσεως μέσω ανοίγματος πάνω από τη εστία προς το οπίσθιο μέρος του λέβητα και στην αντίθετη από τον οικονομητήρα πλευρά. Διέρχεται μεταξύ των δύο περιβλημάτων στη διπλή εμπρόσθια πρόσοψη, απ' όπου εισέρχεται στην εστία διαμέσου των κώνων αέρα των τριών καυστήρων.

Τα καυσαέρια διέρχονται μία φορά μέσω των τριών σειρών των αυλών της $1\frac{1}{2}$ ", οι οποίοι σχηματίζουν υδρότοιχο (water screen) για την προστασία του υπερθερμαντήρα από την ακτινοβολία. Στη συνέχεια περνούν από τη δέσμη των αυλών του υπερθερμαντήρα και διαμέσου της δέσμης των ατμογόνων αυλών, κατόπιν μέσω του οικονομητήρα εξέρχονται τελικά από την καπνοδόχο.

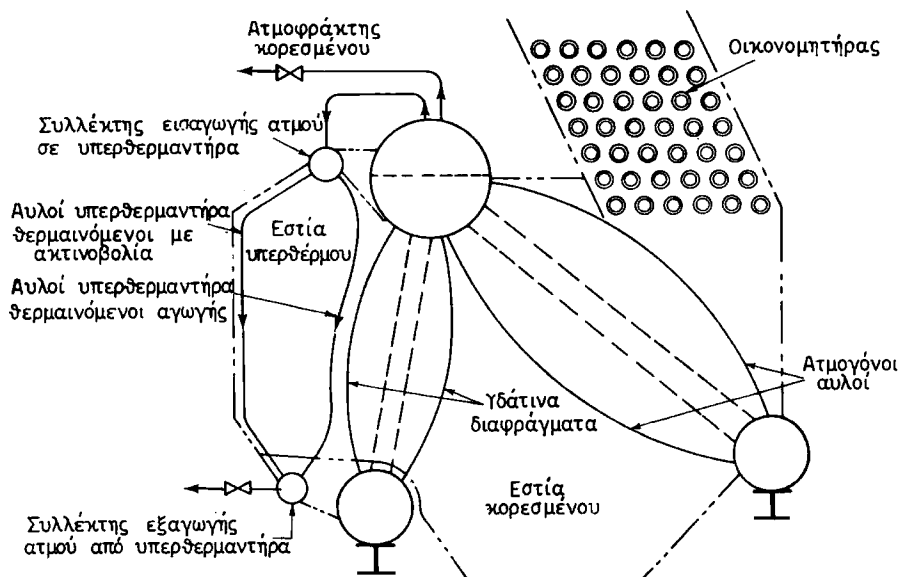
Η ροή του νερού και ατμού δε διαφέρει από την αντίστοιχη ροή του λέβητα τύπου F.W. Ο διαχωρισμός του ατμού από το νερό επιτυγχάνεται με χωρίσματα, μέσα στον ατμοθάλαμο.

Η διέλευση του ατμού διαμέσου του υπερθερμαντήρα γίνεται μόνο σε δύο διαδρομές σχήματος «U». Στο λέβητα τύπου «D» το απαιτούμενο από τα βοηθητικά μηχανήματα ποσό υπέρθεμου ατμού διοχετεύεται σε αφυπερθερμαντήρα, ο οποίος βρίσκεται κάτω από την κανονική στάθμη του νερού μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο.

4.4.4 Λέβητας δύο εστιών τύπου Foster-Wheeler.

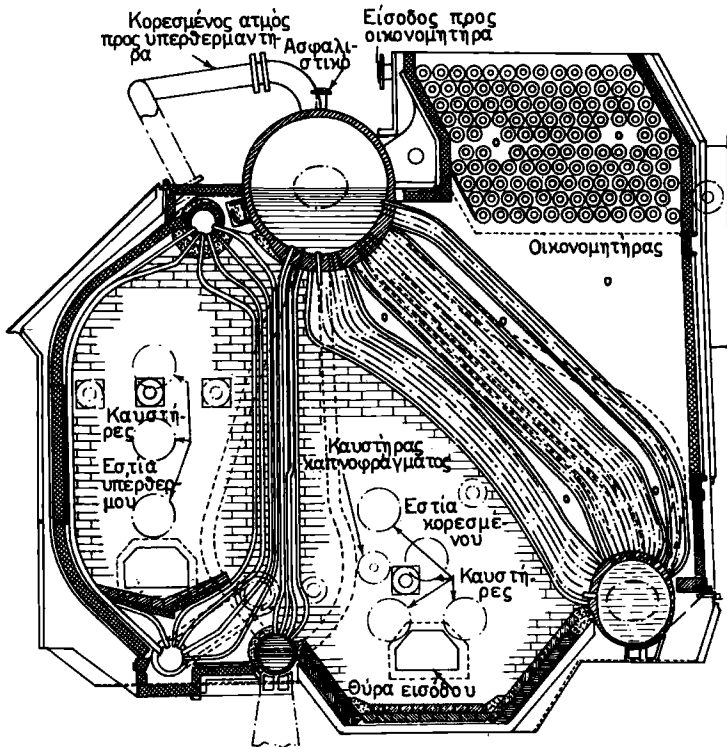
Αυτός διαθέτει μία εστία κορεσμένου ατμού δεξιά και μία υπέρθεμου αριστερά (σχήματα 4.4ι και 4.4ια).

Ο υπερθερμαντήρας αποτελείται από 2 δέσμες καθέτων περίπου αυλών από 2 και 4 σειρές αυλών $1\frac{1}{2}$ ". Οι δύο σειρές αποτελούν το εξωτερικό τοίχωμα της



Σχ. 4.4ι.

Λέβητας δύο εστιών τύπου Foster-Wheeler.



Σχ. 4.4α.
Λέβητας δύο εστιών τύπου Foster-Wheeler.

εστίας υπέρθερμου, οι άλλες 4 σχηματίζουν την με ακτινοβολία και αγωγή υπερθερμαινόμενη επιφάνεια.

Ο κορεσμένος ατμός του αμμοθάλαμου εισέρχεται από μπροστά στο επάνω τμήμα του επάνω συλλέκτη. Κατόπιν εκτελεί πέντε απλές διαδρομές μεταξύ επάνω και κάτω συλλέκτη υπερθερμαντήρα και εισέρχεται ως υπέρθερμος στον κύριο ατμαγωγό.

Ο λέβητας αυτός παράγει ατμό 55000 kg/h πίεσεως 42 bar και θερμοκρασίας 450°C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΦΛΟΓΑΥΛΩΤΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΩΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των φλογαυλωτών και των υδραυλωτών λεβήτων, ώστε να έχουμε σαφή εικόνα και σύγκριση μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών λεβήτων.

Οι φλογαυλωτοί χαρακτηρίζονται ως λέβητες με μεγάλο ατμοϋδροθάλαμο και με αυλούς μεγάλης διαμέτρου, ενώ οι υδραυλωτοί το αντίστροφο. Επιπλέον στους φλογαυλωτούς, οι αυλοί είναι ευθείς και τοποθετούνται κατά κανόνα οριζόντιοι, ενώ στους υδραυλωτούς είναι συνήθως καμπυλωτοί και με κλίση, η οποία πλησιάζει την κατακόρυφη.

Τα **πλεονεκτήματα** των φλογαυλωτών είναι τα εξής:

- Ασφάλεια λειτουργίας λόγω του μεγάλου όγκου υδροθάλαμου.
- Μικρή απώλεια από ακτινοβολία της εστίας, επειδή αυτή περιβάλλεται από τον υδροθάλαμο.
- Ασφάλεια λειτουργίας λόγω του ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν και μη αποσταγμένο νερό, σε απόλυτη ανάγκη και θαλάσσιο, παρά τα σοβαρά μειονεκτήματα και επακόλουθα από αυτό.
- Ευκολία χειρισμού και συντηρήσεως.
- Απλότητα εγκαταστάσεως, και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Τα **μειονεκτήματά** τους είναι τα εξής:

- Λόγω μεγάλων διαμέτρων, απαιτούν μεγάλα πάχη και έχουν επομένως μεγάλο βάρος και όγκο.
- Δεν μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες πιέσεις.
- Έχουν μεγάλη ευπάθεια στις διαστολές.
- Χρειάζονται μεγάλο χρόνο για ατμοποίηση και δεν μπορούν να ανταποκριθούν γρήγορα στις απαιτήσεις ατμοπαραγωγής.

Τα **πλεονεκτήματα** των υδραυλωτών είναι τα εξής:

- Είναι ελαφροί και περιέχουν μικρότερη ποσότητα νερού.
- Αναπτύσσουν υψηλές πιέσεις λόγω του κυκλικού σχήματος των τμημάτων τους και των μικρών διαμέτρων.
- Είναι ταχείας ατμοπαραγωγής. Ορισμένοι τύποι από αυτούς μπορούν να ατμοποιήσουν μέσα σε 1½ ώρα και στην ανάγκη μέσα σε μία ώρα σε αντίθεση με τους φλογαυλωτούς οι οποίοι χρειάζονται 12 ως 24 ή και 48 ώρες.
- Παρουσιάζουν λιγότερο κίνδυνο εκρήξεων λόγω της μικρής διαμέτρου των τμημάτων τους, τα οποία αντέχουν σε υψηλές πιέσεις.

- Έχουν μεγάλη αντοχή στον τεχνητό ελκυσμό και μεγάλη ευχέρεια προσαρμογής στις αυξομειώσεις της ατμοπαραγωγής.
- Παρουσιάζουν ευκολία επισκευών και αντικαταστάσεων, επειδή αποτελούνται από μικρά τεμάχια.
- Επιτυγχάνουν μεγάλους βαθμούς καύσεως.

Τα **μειονεκτήματα** είναι τα εξής:

- Έχουν ανάγκη από έμπειρο προσωπικό.
- Λόγω του μικρού υδροθάλαμου, παρουσιάζουν ευπάθεια στην τροφοδότηση.
- Χρησιμοποιούν απαραίτητα μόνο αποσταγμένο νερό.
- Παρουσιάζουν δυσχέρεια στον εσωτερικό καθαρισμό.
- Λόγω των μικρών παχών έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι οι υδραυλωτοί υπερτερούν από τους φλογαυλωτούς, γι' αυτό και η χρήση τους έχει γενικευθεί σε όλες τις εγκαταστάσεις σοβαρής ιπποδυνάμεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΑΤΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

6.1 Γενικά.

Με τον όρο **ατμογεννήτριες** εννοούμε τους νεότερους τύπους ατμολεβήτων οι οποίοι κατασκευάστηκαν από το 1930 περίπου μέχρι σήμερα και οι οποίοι παράγουν ατμό πολύ υψηλής πίεσεως. Γι' αυτό λέγονται και **ατμολέβητες υψίστης πίεσεως**, σε αντιδιαστολή με τους μέχρι τώρα γνωστούς μας κλασσικού τύπου λέβητες.

Η μελέτη του θερμοδυναμικού βαθμού αποδόσεως των ατμομηχανών οδήγησε στο εξής συμπέρασμα: όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του ατμού που εισέρχεται στη μηχανή τόσο υψηλότερος είναι και ο βαθμός αποδόσεώς της. Αυτός μάλιστα γίνεται ακόμη μεγαλύτερος, όταν η αύξηση της πίεσεως συνοδεύεται και με αύξηση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού, που παράγεται από το λέβητα.

Αυτό φαίνεται καθαρά στο διάγραμμα T-S του σχήματος 6.1α όπου, για ξηρό κορεσμένο ατμό, το κύκλωμα των ατμομηχανών παριστάνεται όπως είναι γνωστό με την κλειστή γραμμή ΑΒΓΔΑ. Το σημείο Α αντιστοιχεί σε μία αρχική πίεση p_1 στην οποία γίνεται η ατμοποίηση ΑΒ, ενώ η ΓΔ παριστάνει τη συμπύκνωση υπό την πίεση p_ψ του ψυγείου. Ο θερμοκός βαθμός αποδόσεως παριστάνεται με το πηλίκον του εμβαδού ΑΒΓΔΑ : ΑΒΕΖΔΑ.

Αν η πίεση αυξηθεί μέχρι p_1' (σημείο Α'), τότε το κύκλωμα θα παριστάνεται από την Α' Β' Γ' ΔΑ' και ο βαθμός αποδόσεως θα παριστάνεται με το πηλίκον των εμβαδών Α' Β' Γ' ΔΑ' : Α' Β' Ε' ΖΔΑ', που είναι προφανώς μεγαλύτερο από το προηγούμενο.

Αν τώρα χρησιμοποιήσουμε και υψηλή υπερθέρμανση του ατμού υπό σταθερή πίεση σε μία θερμοκρασία T_s π.χ. κατά την Β'1, τότε το κύκλωμα θα είναι Α' Β' 1ΚΔΑ' και ο βαθμός αποδόσεώς του το πηλίκον Α' Β' 1ΚΔΑ' : Α' Β' 1ΛΖΔΑ', προφανώς ακόμη μεγαλύτερο από το αρχικό.

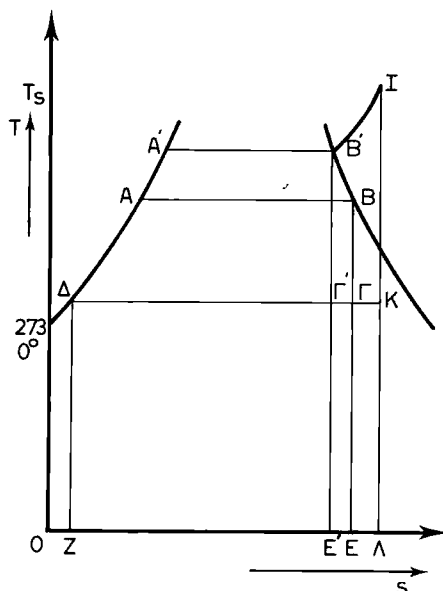
Έτσι με περίπου λειτουργικά δεδομένα ως:

$$p_1 = 16 \text{ bar } p_\psi = 0,04 \text{ bar (ή περίπου 96\%)}$$

$$p_1' = 40 \text{ bar } T_s = 623^\circ\text{K (ή } 350^\circ\text{C)}$$

και ακριβή καταμέτρηση των επιφανειών με τις αντίστοιχες κλίμακες του διαγράμματος T-S, προκύπτουν οι παρακάτω βαθμοί αποδόσεως:

- α) Με πίεση 16 bar 0,31 ή 31%.
- β) Με πίεση 40 bar 0,358 ή 35,8%.
- γ) Με πίεση 40 bar και υπερθέρμανση 0,368 ή 36,8%.



Σχ. 6.1α.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι ο θερμικός βαθμός αποδόσεως της μηχανής αυξάνεται με την αύξηση της αρχικής πίεσεως και ακόμη περισσότερο με την αύξηση της πίεσεως και με ταυτόχρονη υψηλή υπερθέρμανση.

Η διαφορά στην κλίμακα των βαθμών αποδόσεως με την πρώτη ματιά δε φαίνεται μεγάλη.

Αν όμως υπολογίσουμε το κέρδος σε ποσοστό με βάση την ωφέλιμα χρησιμοποιούμενη θερμότητα, θα έχουμε καθαρότερα την οικονομία σε κατανάλωση ατμού και φυσικά και καυσίμου.

Έτσι από τα παραπάνω δεδομένα, αν διαιρέσουμε τη διαφορά $0,358 - 0,310 = 0,048$ με το $0,31$, θα έχουμε $0,048/0,310 = 0,154$. Δηλαδή 15,4% οικονομία με την αύξηση της πίεσεως μόνο, σε σχέση με την αρχική κατανάλωση.

Αν πάλι διαιρέσουμε τη διαφορά $0,368 - 0,310 = 0,058$ με το $0,31$, θα έχουμε $0,058/0,310 = 0,187$. Δηλαδή στην περίπτωση αυξήσεως της πίεσεως και ταυτόχρονης υπερθερμάνσεως, η οικονομία που προκύπτει θα είναι 18,7% σε σχέση με την αρχική κατανάλωση.

Οι παραπάνω προϋποθέσεις δημιούργησαν την ανάγκη κατασκευής των ατμογεννητριών. Αρχικά οι κατασκευαστές απέβλεψαν στην εξέλιξη των κλασικών λεβήτων με προοδευτική αύξηση της πίεσεώς τους μέχρι περίπου 60 bar και στη συνέχεια σχεδίασαν τους νέους τύπους οι οποίοι βασίζονται σε νέες αρχές κατασκευής και λειτουργίας που αργότερα εφαρμόστηκαν με επιτυχία και στους κλασικούς τύπους λεβήτων.

Στις ατμογεννήτριες οι πιέσεις φθάνουν μέχρι και 200 bar περίπου. Σήμερα μάλιστα έχουν κατασκευασθεί και ορισμένες με πίεση την κρίσιμη πίεση του ατμού, δηλαδή 221,2 bar ή ακόμη και υψηλότερη από αυτή μέχρι περίπου 350 bar και λέ-

ποίηση ακολουθεί προφανώς τη γραμμή A_2YH . Σύμφωνα με τα παραπάνω η ατμοποίηση σε πιέσεις, από τη κρίσιμη και πάνω, γίνεται χωρίς να μεσολαβήσει η κατάσταση του βρασμού. Το νερό στην περίπτωση αυτή μετατρέπεται κατευθείαν σε υπέρθερμο ατμό.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται, όπως είπαμε, στις ατμογεννήτριες κρίσιμης ή υπερκρίσιμης πίεσεως τις οποίες θα δούμε σε επόμενη παράγραφο του κεφαλαίου αυτού.

6.2 Αρχές κατασκευής και λειτουργίας των ατμογεννητριών. Τύποι La Mont, Benson, Loeffler, Velox και Sulzer.

Οι αρχές που εφαρμόστηκαν στις ατμογεννήτριες αυτές, συνήθως σε διάφορους συνδυασμούς μεταξύ τους, είναι αυτές που περιγράφονται με συντομία στις επόμενες παραγράφους.

6.3 Η τεχνητή ή αναγκαστική ή και βεβιασμένη κυκλοφορία του νερού.

Αυτή πραγματοποιείται είτε με την τροφοδοτική αντλία του λέβητα είτε με τη βοήθεια ιδιαίτερης **αντλίας κυκλοφορίας** ανεξάρτητης από την τροφοδοτική.

Και στις δύο περιπτώσεις, το νερό εξαναγκάζεται να κυκλοφορεί πάρα πολύ γρήγορα μέσα από τους αυλούς και θάλαμους του λέβητα.

Είναι φανερό ότι με αυτό τον τρόπο, η κυκλοφορία του νερού είναι ανεξάρτητη από το μήκος, τη διάμετρο και τη θέση των αυλών, ώστε να είναι δυνατή η διάταξή τους με τον καλύτερο τρόπο, με σκοπό την υψηλότερη απόδοση κατά τη μετάδοση της θερμότητας στο νερό.

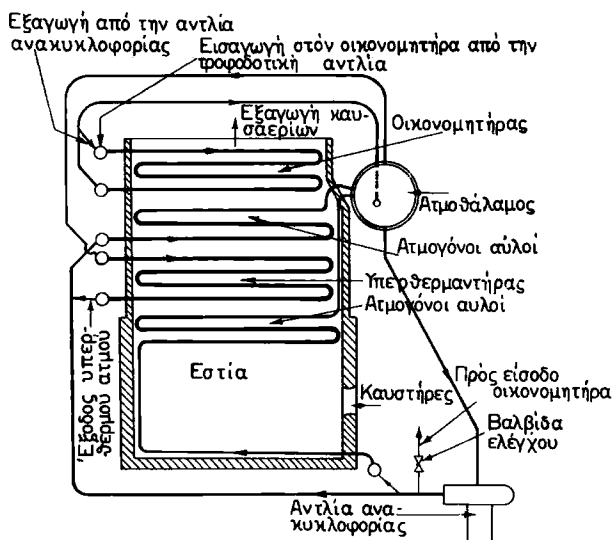
Η τεχνητή κυκλοφορία διακρίνεται σε ελεγχόμενη ή αναγκαστική επανακυκλοφορία (controlled circulation ή forced recirculation) και σε «εφ' άπαξ αναγκαστική κυκλοφορία» (once through — forced flow).

α) Στην ελεγχόμενη ή αναγκαστική επανακυκλοφορία χρησιμοποιείται η ιδιαίτερη αντλία κυκλοφορίας, η οποία καταθλίβει νερό 8 ως 20 φορές περισσότερο από εκείνο που εξατμίζεται. Έτσι το νερό επανακυκλοφορείται μέσα από το σύστημα των αυλών του λέβητα.

Για την επιτυχία του συστήματος είναι αναγκαίο να υπάρχει ένας **ατμοθάλαμος**, ή αποχωριστής, ο οποίος περισυλλέγει τον παραγόμενο ατμό, αλλά και χρησιμεύει για δεξαμενή στάθμης του νερού που επανακυκλοφορείται. Έτσι το νερό που δεν ατμοποιείται, το αναρροφά από τον ατμοθάλαμο η κυκλοφορική αντλία για να το κυκλοφορήσει ξανά μέσα από το σύστημα των αυλών. Ο ατμοθάλαμος αυτός εφοδιάζεται με τα γνωστά εξαρτήματα ελέγχου της λειτουργίας του λέβητα (σχ. 6.3α).

β) Στην «εφ' άπαξ αναγκαστική κυκλοφορία», το νερό καταθλίβεται στο ένα άκρο του συστήματος των αυλών τους οποίους διατρέχει θερμαινόμενο κατά τη διαδρομή του, χωρίς να επανακυκλοφορεί, ώστε όταν φθάσει στο άλλο άκρο να έχει μετατραπεί σε υπέρθερμο ατμό. Η ποσότητα του νερού που καταθλίβεται, είναι ακριβώς η ίδια με αυτήν του εξατμιζόμενου ή συνήθως μεγαλύτερη κατά ένα μικρό ποσοστό, το οποίο απάγεται ενδιάμεσα με εξαγωγή, ώστε με αυτό τον τρόπο να αφαιρούνται τα διάφορα άλατα και κατάλοιπα που περιέχονται στο νερό.

Στο σύστημα της «εφ' άπαξ αναγκαστικής κυκλοφορίας» δεν υπάρχει ανάγκη

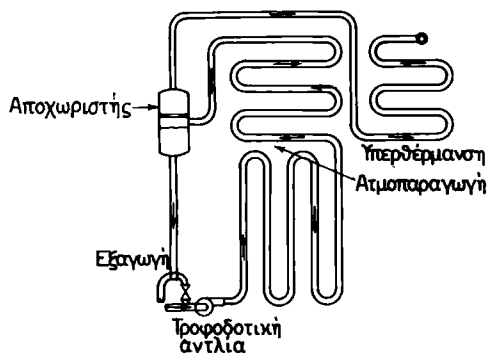


Σχ. 6.3α.
Η ελεγχόμενη κυκλοφορία.

θαλάμων ούτε ιδιαίτερης αντλίας κυκλοφορίας· παρεμβάλλεται μόνο στο κύκλωμα ένας μικρός αποχωριστής. Το νερό καταθλίβεται στους αυλούς από την τροφοδοτική αντλία μόνο, με πίεση πολύ μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας της ατμογεννήτριας. Μικρή ποσότητα νερού που δεν ατμοποιείται στους ατμογόνους αυλούς, αποχωρίζεται από τον ατμό μέσα στον αποχωριστή. Από αυτόν οδηγείται στην αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας, αν είναι κατάλληλο για χρήση ή, αν περιέχει ξένες ουσίες, αφαιρείται από το κύκλωμα με τον εξαγωγικό κρουνό.

Τό σχήμα 6.3β παριστάνει την «εφ' άπαξ βεβιασμένη κυκλοφορία» διαγραμματικά. Διακρίνεται η τροφοδοτική αντλία, τό σύστημα τών εξατμιστήρων ή ατμογόνων αυλών, ο αποχωριστής μέ τόν αγωγό συνδέσεώς του μέ τήν τροφοδοτική αντλία ή μέ τήν εξαγωγή καί τέλος ο υπερθερμαντήρας.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι ατμογεννήτριες κρίσιμης και υπερκρίσιμης πίεσεως.



Σχ. 6.3β.
Η «εφ' άπαξ βεβιασμένη κυκλοφορία».

Σε ορισμένους τέλος λέβητες αυτής της κατηγορίας, το νερό καταθλίβεται απευθείας στις θερμαινόμενες επιφάνειες από τις οποίες αναπηδά αστραπιαία ως υπέρθερμος ατμός. Οι λέβητες αυτοί ονομάστηκαν γι' αυτό «λέβητες αστραπιαίας εξατμίσεως» (flash boilers).

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των λεβήτων τεχνητής κυκλοφορίας είναι τα παρακάτω:

α) Πλεονεκτήματα.

- Θετική κυκλοφορία νερού.
- Συμπαγής κατασκευή.
- Ευχέρεια λειτουργίας και χειρισμών.
- Υψηλός τίτλος ατμού.
- Μικρός χρόνος για ατμοποίηση και επίσης για απόψυξη του λέβητα προς εκτέλεση εργασιών.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια.

β) Μειονεκτήματα.

- Το δυσπρόσιτο του λέβητα.
- Η μεγαλύτερη δαπάνη στην κατασκευή, χρήση και συντήρηση.
- Η πολύπλοκη διάταξη.
- Η εξάρτηση της λειτουργίας τους από την αντλία κυκλοφορίας.
- Το μεγαλύτερο βάρος και όγκος από τους συνηθισμένους λέβητες.

Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων η χρήση των λεβήτων αυτών στις ναυτικές εγκαταστάσεις είναι σημαντικά περιορισμένη.

6.4 Τα υδροτοιχώματα.

Για πρώτη φορά εφαρμόστηκαν στις ατμογεννήτριες και αργότερα μεταφυτευτήκανε στους κλασικούς λέβητες.

Τα υδροτοιχώματα (water walls) αποτελούνται από αυλούς με μικρή διάμετρο, που είναι τοποθετημένοι πολύ κοντά ή σε επαφή μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν τις πλευρές και το δάπεδο της εστίας. Έτσι αποτελούν μέρος της θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα και συντελούν στην αύξηση του ποσού της θερμότητας που απορροφά με ακτινοβολία η θερμαινόμενη επιφάνεια. Επίσης ελαττώνουν την απώλεια θερμίδων προς το περιβάλλον.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι προφανώς η αύξηση της αποδόσεως του λέβητα.

Εκτός αυτού όμως:

- α) Συντελούν στην αύξηση της αντοχής της δέσμης των αυλών.
- β) Παρέχουν σ' αυτήν ευχέρεια διαστολής.
- γ) Προσφέρουν ευχέρεια κατασκευής και επισκευών με συγκόλληση.
- δ) Προστατεύουν την πυρίμαχη επένδυση της εστίας.
- ε) Αυξάνουν την θερμαινόμενη επιφάνεια που αντιστοιχεί στη μονάδα όγκου του λέβητα.

Αντίθετα λόγω της πολύπλοκης μερικές φορές διατάξεώς τους, δημιουργούν δυσχέρεια στην εσωτερική επιθεώρηση και τον εσωτερικό καθαρισμό των αυλών τους.

6.5 Η καύση υπό πίεση.

Αυτή συνίσταται στην παροχή του καυσιγόνου αέρα με πίεση πολύ μεγαλύτερη από την πίεση που χρησιμοποιείται και στον ισχυρότερο τεχνητό ελκυσμό.

Στον τεχνητό ελκυσμό η πίεση αυτή δεν υπερβαίνει τα 200 mm υδάτινης στήλης. Στην υπό πίεση καύση (pressurized furnace), ο αέρας καταθλίβεται στη στεγανή εστία από κατάλληλο στροβιλοφυσητήρα με πίεση 2,5 ως και 6 bar, με αποτέλεσμα τα καυσαέρια να αποκτούν πολύ μεγάλη ταχύτητα η οποία φθάνει πολλές φορές τα όρια των υπερηχητικών ταχυτήτων. Τότε εξαιτίας ακριβώς της υπερηχητικής ταχύτητας των καυσαερίων, η θερμότητα που ακτινοβολείται από αυτά και μεταδίδεται επομένως με ακτινοβολία στη θερμαινόμενη επιφάνεια είναι ασυγκρίτως μεγαλύτερη από αυτή που πραγματοποιείται στην καύση με τεχνητό ελκυσμό.

Η υπό πίεση εστία κατασκευάζεται επιπλέον με μικρότερες διαστάσεις από την αντίστοιχη του φυσικού ή τεχνητού ελκυσμού και ο άλος λέβητας προκύπτει έτσι συμπαγής και με μικρότερο όγκο. Ανάλογα και το βάρος του περιορίζεται στο $\frac{1}{2}$ ως $\frac{1}{5}$ του βάρους του κλασσικού τύπου λέβητα.

Ο πίνακας 6.5.1 δίνει την έννοια της οικονομίας σε όγκο (και συνεπώς και σε βάρος) μεταξύ δύο λεβήτων: ενός κλασσικού τύπου και ενός με καύση υπό πίεση, για τα ίδια στοιχεία ατμοπαραγωγικής ικανότητάς τους.

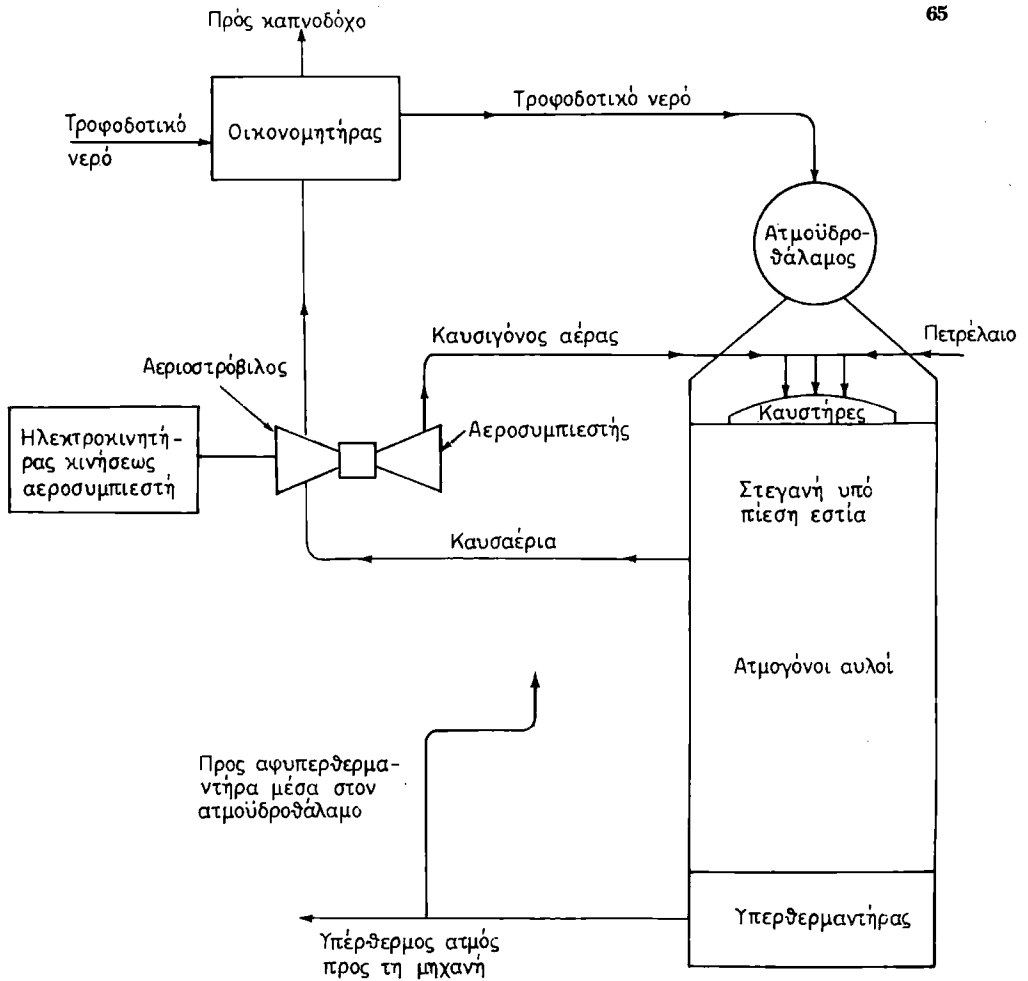
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.1

	Λέβητας κλασσικού τύπου	Λέβητας με καύση υπό πίεση
Ύψος	51' 6" ή 15,7 m	33' ή 10 m
Πλάτος	57' ή 17,5 m	24' ή 7,3 m
Βάθος	27' ή 8,2 m	22' ή 6,7 m

Ο λέβητας που λειτουργεί με καύση υπό πίεση λέγεται και λέβητας **υπερφορτίσεως** (supercharged). Σ' αυτόν, εκτός από το θερμοδυναμικό κέρδος που πραγματοποιείται με την υψηλή ταχύτητα των καυσαερίων, προκύπτει και ένα άλλο κέρδος από το έργο που αυτά μπορούν να αποδώσουν όταν εκτονωθούν μέσα σε έναν αεριοστρόβιλο. Η συνηθισμένη διάταξη προβλέπει τη χρησιμοποίηση αυτού του αεριοστρόβιλου για την κίνηση του περιστροφικού συμπιεστή ή φυσητήρα που παρέχει τον καυσιγόνο αέρα στον ίδιο το λέβητα.

Το κέρδος στη συνολική απόδοση της εγκατάστασεως εξαρτάται από τη θερμοκρασία εισόδου των καυσαερίων στον αεριοστρόβιλο. Έτσι με θερμοκρασία 850°F ως 1450°F, σε μεσαία φορτία μπορεί αυτό το κέρδος να φθάσει μέχρι και 8 ως 15% της συνολικής ισχύος που αναπτύσσει ο λέβητας.

Στο σχήμα 6.5 παριστάνεται διαγραμματικά η διάταξη σε λέβητα με **καύση υπό πίεση**. Παρατηρούμε ότι το τροφοδοτικό νερό προθερμαίνεται στον οικονομητήρα και εισέρχεται στον ατμοθάλαμο απ' όπου με κάθετους αυλούς (downcomers), τροφοδοτεί τους ατμογόνους αυλούς που είναι τοποθετημένοι περιμετρικά στην επιφάνεια της εστίας και σχηματίζουν τα υδροτοιχώματά της. Ο παραγόμενος ατμός οδηγείται με αυλούς (δε φαίνονται στο σχήμα) στον ατμοθάλαμο και από αυτόν κατεβαίνει στον υπερθερμαντήρα απ' όπου εξέρχεται υπέρθερμος προς την κατανάλωση.



Σχ. 6.5.

Ένα μικρό μέρος του απομαστεύεται και οδηγείται στον αφυπερθερμαντήρα προς παραγωγή αφυπέθερμου ατμού για τα βοηθητικά μηχανήματα.

Το πετρέλαιο έρχεται με την πίεση της αντλίας πετρελαίου και ψεκάζεται με τρεις καυστήρες, τοποθετημένους στην οροφή της εστίας, όπου εισάγεται και ο καυσιγόνος αέρας με πίεση 2,5 ως 3 bar. Τα αέρια της καύσεως, καθώς βγαίνουν από την εστία, περιστρέφουν τον αεροστρόβιλο ο οποίος κινεί τον αεροσυμπιεστή του καυσιγόνου αέρα. Κατόπιν περνούν από τον οικονομητήρα όπου προθερμαίνονται το νερό και από εκεί κατευθύνονται προς την καπνοδόχο.

Τα πλεονεκτήματα του λέβητα με καύση υπό πίεση είναι:

- Υψηλή απόδοση.
- Μικρή εστία.
- Μικρότερος όγκος και βάρος.
- Εύκολη και τέλεια καύση.
- Καυσαέρια εκμεταλλεύσιμα για άλλες χρήσεις, όπως σε αεροστρόβιλο, στροβιλοφυσητήρα, γεννήτριες κλπ.

Τα μειονεκτήματά του είναι:

- Ανάγκη συμπίεστή.
 - Πρόσθετα μηχανήματα κινήσεως του συμπίεστή.
 - Απορρόφηση μεγάλης ενέργειας για την παραγωγή και την παροχή του υπό πίεση καυσιγόνου αέρα.
 - Ανάγκη ισχυρής κατασκευής της εστίας, λόγω καταπονήσεώς της από τις υψηλές θερμοκρασίες.
 - Μεγάλη δαπάνη κατασκευής και αρχικής εγκαταστάσεως.
- Επιπλέον είναι δυσπρόσιτος λόγω της συμπαγούς κατασκευής του.

6.6 Η έμμεση ατμοποίηση.

Σύμφωνα με την αρχή της έμμεσης ατμοποίησης, η θερμότητα της εστίας δε μεταδίδεται απευθείας στο νερό αλλά στον ατμό. Έτσι ο ατμός υπερθερμαίνεται σε πολύ υψηλό βαθμό και ένα μέρος του χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή που ονομάζεται **εξατμιστήρας**.

Με τον τρόπο αυτό τα διάφορα κατάλοιπα του νερού εγκαταλείπονται μόνο στον εξατμιστήρα ο οποίος και υποβάλλεται σε καθαρισμό.

Έτσι οι ατμογεννήτριες έμμεσης ατμοποίησης μπορούν να χρησιμοποιήσουν για τροφοδότηση και νερό όχι απαραίτητα αποσταγμένο, ιδιαίτερα όταν η μέθοδος αυτή συνδυάζεται και με ενδιάμεση απαγωγή.

6.7 Ο κονιοποιημένος γαϊάνθρακας.

Ο γαϊάνθρακας στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ ως καύσιμο στις εστίες των ναυτικών ατμολεβήτων. Από τη στιγμή όμως που πραγματοποιήθηκε η καύση του πετρελαίου σ' αυτές, η χρήση του γαϊάνθρακα άρχισε προοδευτικά να ελαττώνεται και από το τέλος περίπου του Β' Παγκοσμίου πολέμου αποκλειστικά χρησιμοποιείται στα πλοία μόνο το πετρέλαιο. Η χρήση του γαϊάνθρακα περιορίστηκε κυρίως στις εγκαταστάσεις ξηράς μόνο, με τη μορφή τυποποιημένου μεγέθους τεμαχίων (καρυδάτο, γαρμπίλι), καιομένων σε εστίες με μηχανικές σχάρες ή με την αποδοτικότερη μορφή του κονιοποιημένου γαϊάνθρακα.

Σήμερα, που υπάρχει έντονο το πρόβλημα σχετικά με τα αποθέματα πετρελαίου στον πλανήτη μας, πολλές χώρες (ανθρακοπαραγωγές κυρίως) μελετούν να χρησιμοποιήσουν ξανά κατά ένα ποσοστό τουλάχιστον το γαϊάνθρακα και στα πλοία.

Έτσι κατασκευάστηκαν σε περιορισμένο βέβαια αριθμό, σύγχρονα πλοία με εγκαταστάσεις για καύση γαϊάνθρακα με τη μορφή του κονιοποιημένου ή και για μικτή καύση αυτού μαζί με πετρέλαιο.

Για την καύση του ως κονιοποιημένου, ο γαϊάνθρακας αλέθεται με ειδικά μηχανήματα, τους **μύλους**, που τον αλέθουν σε κόκκους με διάμετρο 0,1 ως 0,2 mm. Η χρησιμοποίησή του τότε παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η τελειότερη καύση, οι υψηλότερες θερμοκρασίες της εστίας, η μεγάλη απορρόφηση της θερμότητας με ακτινοβολία. Εξαιτίας των παραπάνω πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η καύση του γαϊάνθρακα ως κονιοποιημένου βελτιώνεται αισθητά η απόδοση του λέβητα.

Αργότερα σε επόμενη παράγραφο περιγράφονται λεπτομερώς οι συνθήκες καύσεως του κονιοποιημένου γαϊάνθρακα.

6.8 Η χρήση των ατμογεννητριών.

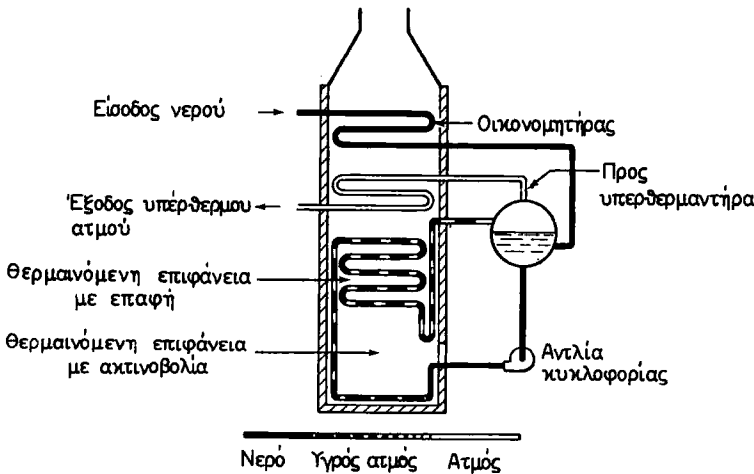
Παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι ατμογεννήτριες και την ευρεία χρήση τους σε εγκαταστάσεις ξηράς και σιδηροδρόμων, η χρήση τους στα πλοία λόγω των μειονεκτημάτων που αναφέραμε στα προηγούμενα υπήρξε αρχικά περιορισμένη. Αργότερα εγκαταλείφθηκε τελείως και παρέμεινε μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις με τη μορφή ατμογεννητριών βοηθητικών χρήσεων αυτοματοποιημένης λειτουργίας.

Γεγονός πάντως είναι ότι οι αρχές κατασκευής τους εφαρμόσθηκαν σε πολλούς από τους κλασικού τύπου λέβητες με ευνοϊκά αποτελέσματα στην απόδοση και τις συνθήκες λειτουργίας τους.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράψουμε με συντομία τους πιο αντιπροσωπευτικούς τύπους ατμογεννητριών που έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 6.2.

6.9 Ατμογεννήτρια La Mont.

Ανήκει στην κατηγορία των λεβήτων ελεγχόμενης ή αναγκαστικής επανακυκλοφορίας (σχ. 6.9α).



Σχ. 6.9α.

Σχηματική παράσταση του λέβητα La Mont ελεγχόμενης κυκλοφορίας.

Η τροφοδοτική αντλία καταθλίβει το νερό στον οικονομητήρα όπου αυτό προθερμαίνεται και από εκεί μεταβαίνει στον ατμοθάλαμο-αποχωριστή.

Ένας αυτόματος τροφοδοτικός ρυθμιστής διατηρεί τη στάθμη του νερού σταθερή μέσα στον ατμοθάλαμο, ελέγχοντας την παροχή της τροφοδοτικής αντλίας.

Από τον ατμοθάλαμο το νερό κατεβαίνει λόγω βαρύτητας στην αντλία κυκλοφορίας η οποία το καταθλίβει προς τα υδροτοιχώματα της εστίας που αποτελούν τη θερμαινόμενη με ακτινοβολία επιφάνεια και συνέχεια προς τα ατμογόνα στοι-

χεία που αποτελούν τη θερμινόμενη με επαφή επιφάνεια. Το παραγόμενο εκεί μίγμα ατμού-νερού εισέρχεται στον ατμοθάλαμο, όπου ο ατμός αποχωρίζεται από το νερό που περιέχει και μεταβαίνει στον υπερθερμαντήρα για να βγει τελικά υπέρθερμος προς την κατανάλωση.

Όπως έχουμε πεί στην παράγραφο 6.3α, το νερό επανακυκλοφορεί μεταξύ ατμοθάλαμου-ατμογόνων στοιχείων με ταχύτητα 8 ως 20 φορές μεγαλύτερη από εκείνη με την οποία ατμοποιείται.

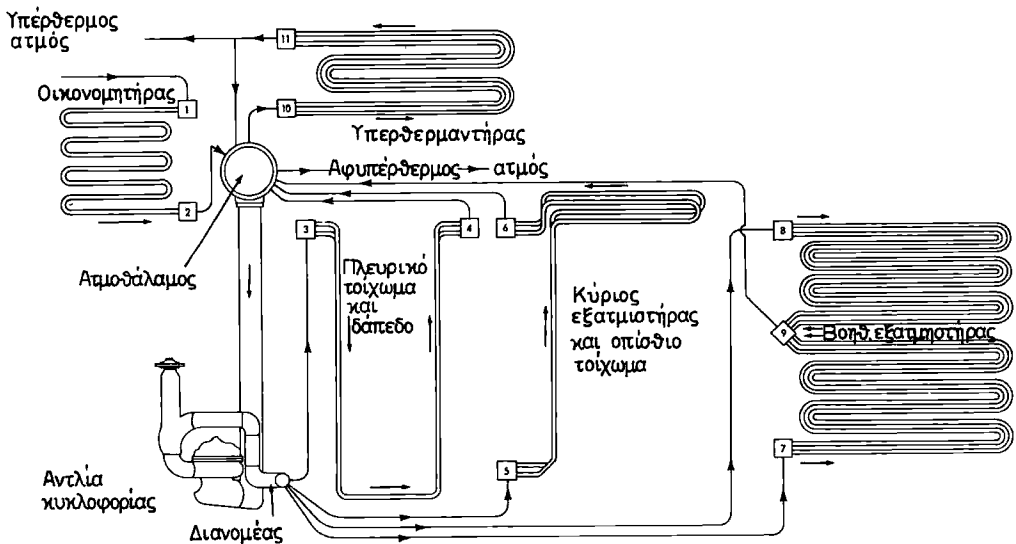
Ο λέβητας είναι εφοδιασμένος με ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού και προθερμαντήρα αέρα.

Παράγει ατμό 120 bar θερμοκρασίας 400° ως 480°C.

Η απόδοσή του φθάνει σε 92% περίπου.

Στο σχήμα 6.9β παριστάνεται πλήρες αναπτυγμένο διάγραμμα ατμογεννήτριας La Mont. Σ' αυτό διακρίνονται:

- Ο οικονομητήρας στον οποίο έρχεται το νερό από την τροφοδοτική αντλία.
- Ο ατμοθάλαμος.



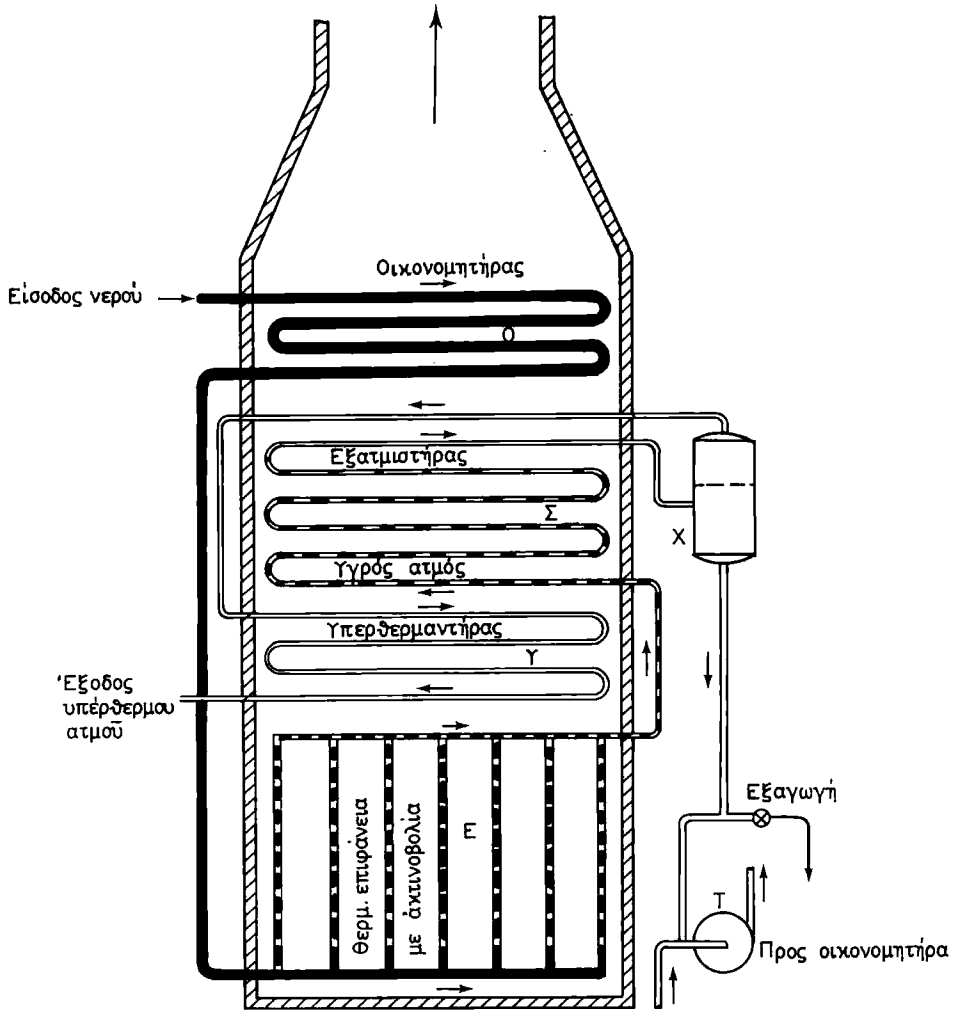
Σχ. 6.9β.

- 1) Συλλέκτης εισαγωγής στον οικονομητήρα. 2) Συλλέκτης εξαγωγής από τον οικονομητήρα. 3) Συλλέκτης εισαγωγής κυκλώματος υδροτοιχών πλευρών και δάπεδο. 4) Συλλέκτης εξαγωγής κυκλώματος υδροτοιχών πλευρών και δάπεδο. 5) Συλλέκτης εισαγωγής κυκλώματος κύριου εξατμιστήρα και οπίσθιου υδρότοιχου. 6) Συλλέκτης εξαγωγής κυκλώματος κύριου εξατμιστήρα και οπίσθιου υδρότοιχου. 7) Συλλέκτης εισαγωγής κυκλώματος κατώτερου βοηθητικού εξατμιστήρα. 8) Συλλέκτης εισαγωγής κυκλώματος ανώτερου βοηθητικού εξατμιστήρα. 9) Συλλέκτης εξαγωγής από βοηθητικούς εξατμιστήρες. 10) Συλλέκτης εισαγωγής στον υπερθερμαντήρα. 11) Συλλέκτης εξαγωγής από τον υπερθερμαντήρα.

- Η αντλία κυκλοφορίας με το συλλέκτη διανομής του νερού προς τα υδροτοιχώματα και προς τους ατμογόνους αυλούς του εξαμιστήρα.
- Οι ατμαγωγοί αυλοί που οδηγούν τον παραγόμενο ατμό στον ατμοθάλαμο.
- Ο υπερθερμαντήρας.
- Η διακλάδωση αφυπέρθερου ατμού.

6.10 Ατμογεννήτρια τύπου Benson.

Ανήκει στην κατηγορία των λεβήτων της «εφ' άπαξ βεβιασμένης κυκλοφορίας». Στο σχήμα 6.10α παριστάνεται διαγραμματικά μορφή λέβητα Benson με τα μέρη που τον αποτελούν.



Σχ. 6.10α.
Λέβητας Benson.

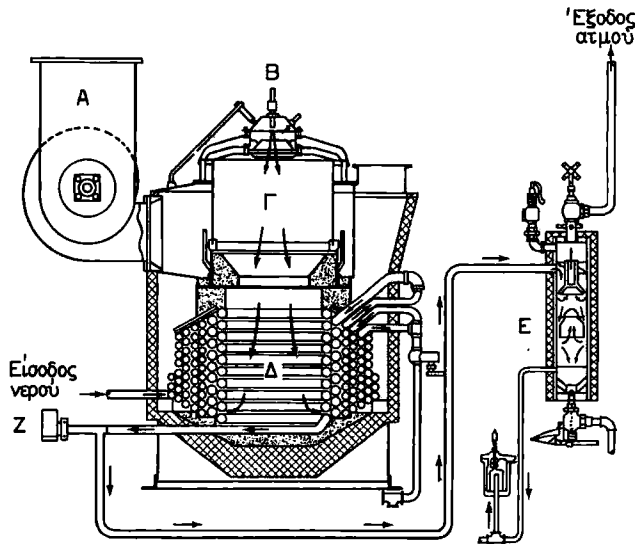
Παρατηρούμε ότι το νερό καταθλίβεται από την τροφοδοτική αντλία Τ και αναγκάζεται να περάσει μέσα από ένα συνεχές κύκλωμα της θερμαινόμενης επιφάνειας που βασικά αποτελείται από ένα μεγάλο μήκους αυλό σπειροειδούς διατάξεως. Αυτός σχηματίζει τον οικονομητήρα Ο, την επιφάνεια υδροτοιχωμάτων της εστίας Ε που είναι και η βασική θερμαινόμενη με ακτινοβολία επιφάνεια και την ατμοπαγωγό επιφάνεια του εξατμιστήρα Σ.

Η ποσότητα του νερού ρυθμίζεται έτσι, ώστε πρακτικά όλο το νερό να μετατρέπεται σε ατμό μέσα στην ατμογόνα επιφάνεια, ενώ μικρή ποσότητα νερού που δεν ατμοποιήθηκε αποχωρίζεται από τον ατμό μέσα στον αποχωριστή Χ, από τον οποίο οδηγείται στην αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας ή απορρίπτεται με εξαγωγή.

Μετά από τον αποχωριστή μεταβαίνει στον υπερθερμαντήρα Υ και από εκεί στην κατανάλωση.

Ο λέβητας Benson παράγει ατμό με πίεση 100 bar και θερμοκρασία υπέρθερμου 380° ως 480°C. Η απόδοσή του φθάνει στα 90% περίπου.

Μια άλλη μορφή λέβητα Benson που χρησιμοποιείται για βοηθητικές χρήσεις σε πλοία φαίνεται στο σχήμα 6.10β.



Σχ. 6.10β.

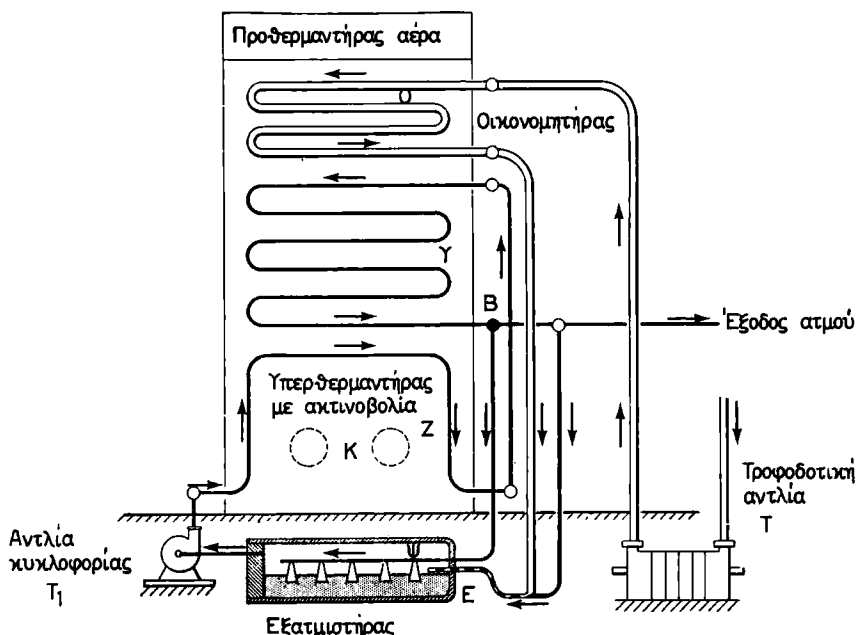
Άτμογεννήτρια Benson βοηθητικών χρήσεων.

- A) Ανεμιστήρας. Β) Καυστήρας. Γ) Εστία. Δ. Ατμογόνα στοιχεία. Ε) Αποχωριστής. Ζ) Ρυθμιστής ορίου θερμοκρασίας ατμού.

6.11 Ατμογεννήτρια Loeffler.

Ο λέβητας αυτός (σχ. 6.11) ανήκει στην κατηγορία των ατμογεννητριών τεχνητής κυκλοφορίας και έμμεσης ατμοποίησης.

Καίει πετρέλαιο ή κονιοποιημένο γαιάνθρακα που εισάγεται από τους καυστήρες Κ με τη βοήθεια αέρα προθερμασμένου στον προθερμαντήρα του αέρα.



Σχ. 6.11.

Το νερό αναρροφάται από την τροφοδοτική δεξαμενή με την τροφοδοτική αντλία T η οποία το καταθλίβει στον οικονομητήρα O . Από εκεί κατεβαίνει προς τον εξατμιστήρα E όπου αναμιγνύεται με υπέρθερμο ατμό τον οποίο ψεκάζουν τα προφύσια Ψ και έτσι ατμοποιείται.

Η αντλία κυκλοφορίας T_1 αναρροφά τον παραγόμενο μέσα στον εξατμιστήρα ατμό και τον στέλνει στην επιφάνεια ακτινοβολίας της εστίας Z απ' όπου αυτός μεταβαίνει στον υπερθερμαντήρα Y και γίνεται υπέρθερμος. Από τον υπερθερμαντήρα φθάνει μέχρι το σημείο B όπου διακλαδίζεται και ένα μέρος του οδηγείται στην κατανάλωση, ενώ το υπόλοιπο οδεύει προς τα προφύσια Ψ του εξατμιστήρα για να εξατμίσει το εισερχόμενο τροφοδοτικό νερό.

Χαρακτηριστικό του λέβητα αυτού είναι ότι η αντλία κυκλοφορίας T_1 δεν επανακυκλοφορεί νερό αλλά τον ατμό. Έτσι, επειδή στα ατμογόνα στοιχεία κυκλοφορεί ατμός και όχι νερό, δε γίνεται καμιά εναπόθεση αλάτων κλπ.

Αυτά επομένως δεν έχουν ανάγκη εσωτερικού καθαρισμού και η εργασία εσωτερικού καθαρισμού περιορίζεται μόνο στον εξατμιστήρα. Γι' αυτό ο λέβητας αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει και μη αποσταγμένο νερό.

Παράγει ατμό 120 bar, θερμοκρασίας υπέρθερμου 470°C.

Η απόδοσή του φθάνει στα 90% περίπου.

6.12 Ατμογεννήτρια Velox.

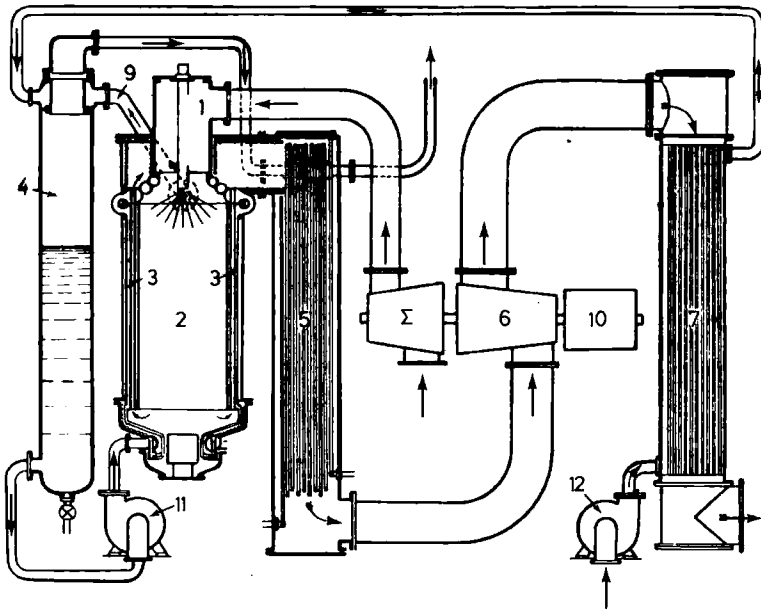
Ανήκει στην κατηγορία των λεβήτων τεχνητής κυκλοφορίας και καύσεως υπό πίεση (σχ. 6.12α). Η πίεση του καυσιγόνου αέρα σ' αυτόν φθάνει σε 2,5 ως 3 bar.

Για να παραχθεί η πίεση των 2,5 ως 3 bar χρησιμοποιείται ο συμπιεστής Σ ο

ο οποίος κινείται από τη δύναμη των καυσαερίων με τον αεριοστρόβιλο (6). Στον ίδιο άξονα υπάρχει ο ηλεκτροκινητήρας (10) ο οποίος χρησιμεύει για την αρχική εκκίνηση του συστήματος.

Η τροφοδοτική αντλία (12) καταθλίβει νερό προς τον οικονομητήρα (7), το οποίο συνέχεια μεταβαίνει στον αποχωριστή (4) του λέβητα.

Η αντλία κυκλοφορίας (11) καταθλίβει το νερό από τον πυθμένα του αποχωριστή προς τον εξατμιστήρα (3), όπου ο παραγόμενος ατμός μεταβαίνει με τον σωλήνα (9) στον αποχωριστή (4). Εκεί αποχωρίζεται από την υγρασία και από το ψηλότερο σημείο του αποχωριστή μεταβαίνει στον υπερθερμαντήρα (5) απ' όπου εξέρχεται προς την κατανάλωση με πίεση 60 bar και θερμοκρασία υπέρθερμου 380°C.

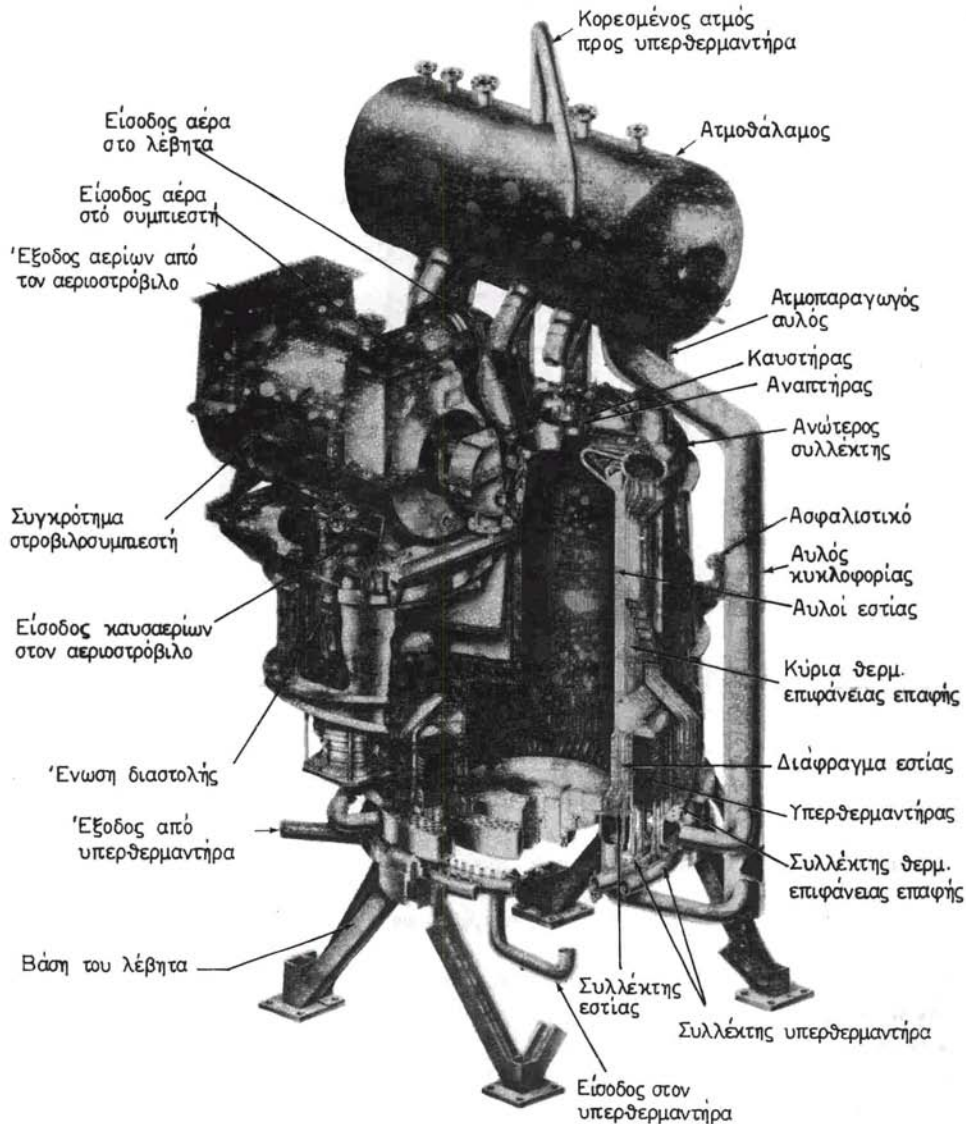


Σχ. 6.12α.

Ατμογεννήτρια Velox.

Ο αέρας της καύσεως με πίεση 2,5 ως 3 bar οδηγείται γύρω από τον καυστήρα (1). Τα καυσαέρια που παράγονται μέσα στην εστία (2) ανεβαίνουν από αυλούς εσωτερικούς που είναι τοποθετημένοι μέσα στους αυλούς της εξατμιστικής επιφάνειας και οδηγούνται στον υπερθερμαντήρα (5). Στη συνέχεια οδεύουν προς τον στρόβιλο (6) ο οποίος κινεί το συμπιεστή Σ. Τέλος πορεύονται προς τον οικονομητήρα (7) όπου προθερμαίνουν το νερό και εξέρχονται προς την καπνοδόχο με χαμηλή θερμοκρασία 100°C περίπου.

Στο σχήμα 6.12β φαίνεται λέβητας Velox με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειές του.



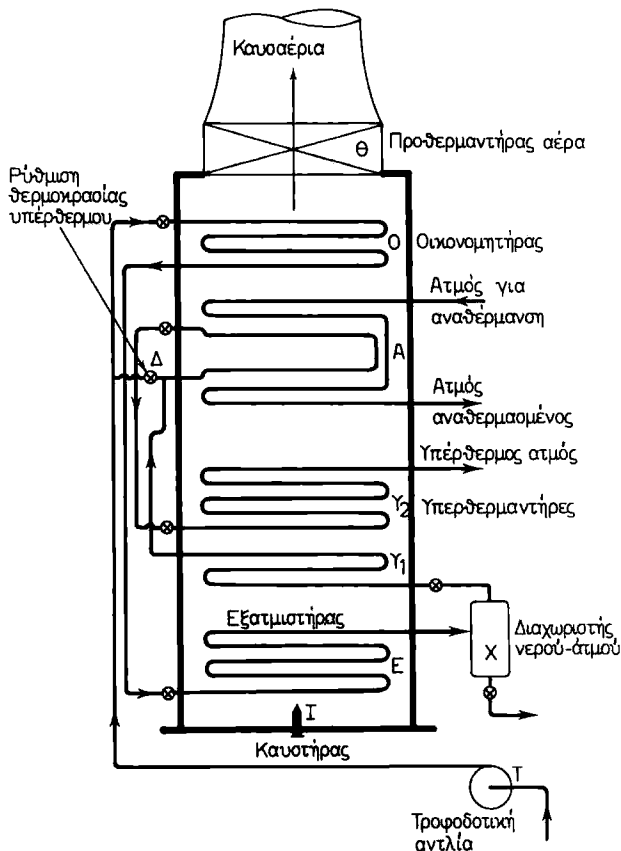
Σχ. 6.12β.

6.13 Ατμογεννήτρια Sulzer.

Ανήκει στην κατηγορία των λεβήτων της «εφ' άπαξ αναγκαστικής κυκλοφορίας» (σχ. 6.13α).

Η λειτουργία της είναι η εξής:

Η αντλία Τ καταθλίβει το νερό προς τον οικονομητήρα Ο. Το νερό στη συνέχεια οδεύει προς την κυρίως εξατμιστική επιφάνεια Ε, μετατρέπεται σε ατμό ο οποίος οδεύει προς το διαχωριστή Χ και από εκεί προς τον υπερθερμαντήρα Υ. Στο σημείο



Σχ. 6.13α.

Διάταξη θερμαινόμενων επιφανειών ατμογεννήτριας Sulzer με αναθέρμανση του ατμού.

Δ ρυθμίζεται η θερμοκρασία του υπέρθερμου με ανάμιξη νερού από την κατάθλιψη της αντλίας Τ μέσα στον ατμό. Στη συνέχεια εισέρχεται στον υπερθερμαντήρα Υ₂, απ' όπου εξέρχεται προς την κατανάλωση με την τελική θερμοκρασία υπερθερμάνσεώς του. Στον αναθερμαντήρα Α εισέρχεται ατμός από ενδιάμεση εκτονωτική βαθμίδα της μηχανής και αναθερμαίνεται σε θερμοκρασία περίπου όση αυτή της υπερθερμάνσεως, για να χρησιμοποιηθεί στην επομένη εκτονωτική βαθμίδα της μηχανής.

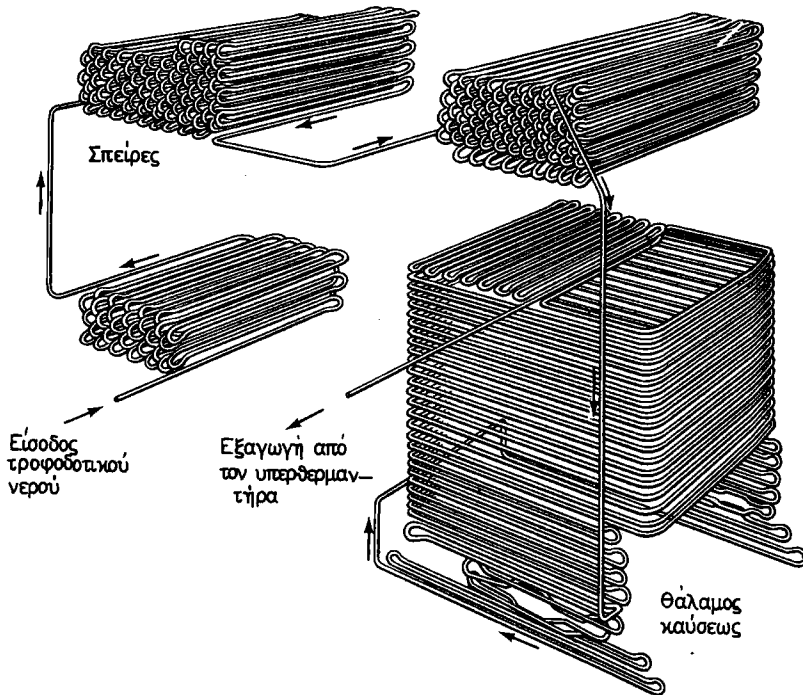
Ο λέβητας διαθέτει και προθερμαντήρα αέρα Θ.

Χρησιμοποιεί για καύσιμο πετρέλαιο το οποίο εισάγεται με τον καυστήρα Ι.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κατασκευής του είναι ότι ολόκληρη η θερμαινόμενη επιφάνειά του αποτελείται από ένα συνεχή σωλήνα, και γι' αυτό λέγεται **μονοσωλήνιος** λέβητας (Sulzer monotube). Το μήκος του σωλήνα αυτού είναι όσο 30000 φορές η διάμετρός του περίπου.

Η ατμογεννήτρια Sulzer χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πάρα πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις ξηράς.

Στο σχήμα 6.13β φαίνεται η διάταξη μονοσωλήνιας ατμογεννήτριας Sulzer στο σύνολό της, ενώ στο σχήμα 6.13γ παριστάνεται η άρμωση μονοσωλήνιας ατμογεννήτριας 64 ton/h, πίεσεως λειτουργίας 160 bar.



Σχ. 6.13β.

Σε μια εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής που βρίσκεται σε λειτουργία γίνεται επιτυχής εκμετάλλευση της θερμότητας των αερίων που προέρχονται από τη λειτουργία υψικάμινου σε συνδυασμό με την καύση κονιοποιημένου γαιάνθρακα.

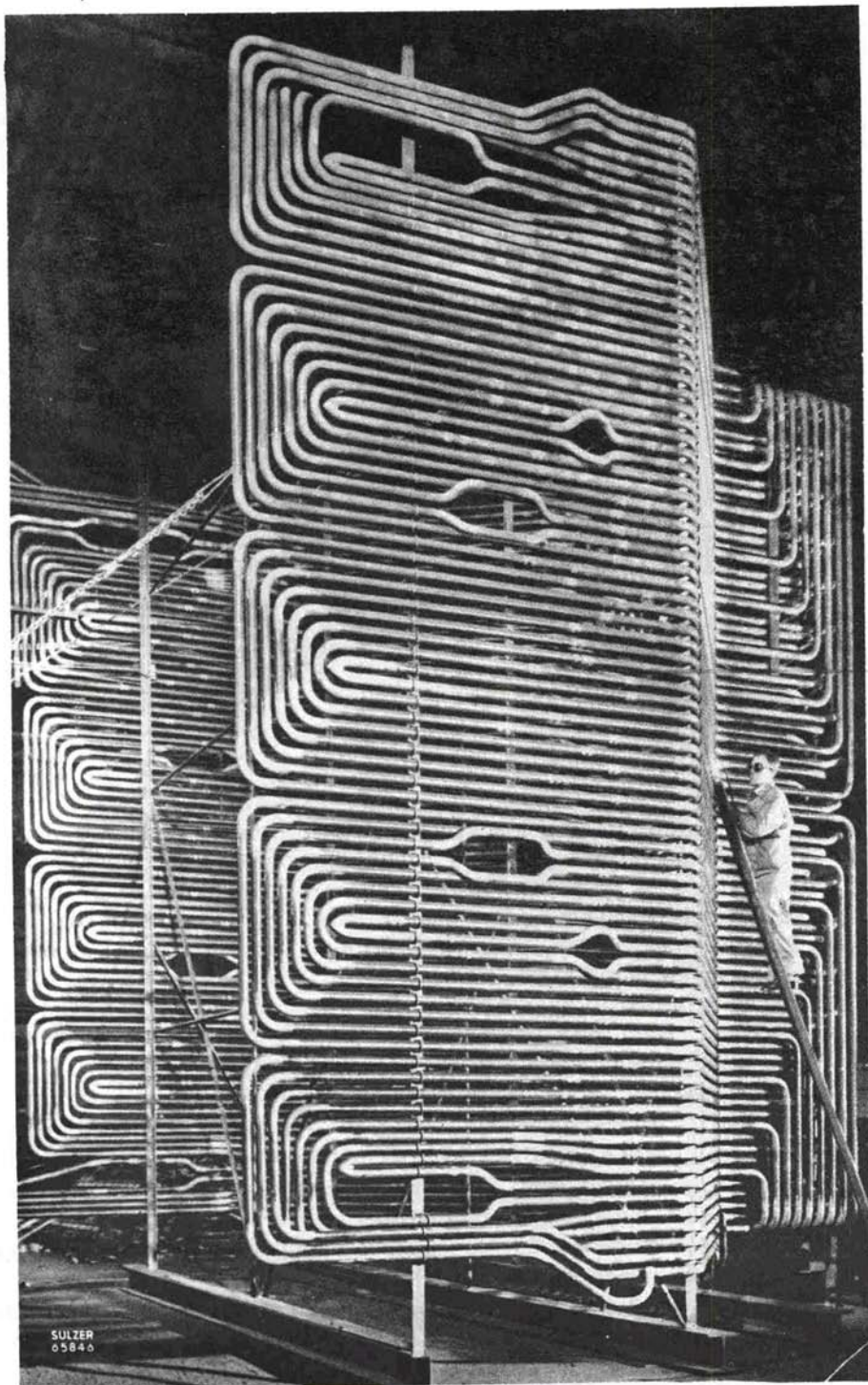
Η εγκατάσταση περιλαμβάνει 4 μονοσωλήνιους λέβητες ο καθένας από τους οποίους έχει ατμοπαραγωγική ικανότητα 125 ton/h, με πίεση ατμού 95 bar και θερμοκρασία υπέρθερμου 520°C.

Τα υπόλοιπα στοιχεία λειτουργίας τους είναι:

- Θερμοκρασία καυσιγόνου αέρα 240°C.
- Θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων προς την καπνοδόχο 150°C.
- Κατώτερη θερμαντική ικανότητα γαιάνθρακα 5000 kcal/kg και κατώτερη θερμαντική ικανότητα των αερίων της υψικάμινου 950 kcal/m³. Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου στους λέβητες αυτούς γίνεται και με ψέκαση νερού στην αρχή του υπερθερμαντήρα αλλά και με μεταβολή της κλίσεως των καυστήρων προς τα πάνω ή προς τα κάτω της εστίας. Έτσι η θέση των φλογών ρυθμίζεται κοντύτερα ή μακρύτερα από τον υπερθερμαντήρα, με συνέπεια την επιθυμητή μεταβολή της θερμοκρασίας του υπέρθερμου.

Προτού ο ατμός εισέλθει στους υπερθερμαντήρες, απομαστεύεται σε μικρό ποσοστό 2% περίπου το οποίο οδηγείται στους βραστήρες για παραγωγή αποσταγμένου νερού.

Η απόδοση του λέβητα Sulzer κυμαίνεται γύρω στα 90%.



Σχ. 6.13γ.

Η άρμωση μονοσωλήνιας ατμογεννήτριας 64 ton/h.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

7.1 Γενικά.

Οι λέβητες που χρησιμοποιούνται σήμερα στα εμπορικά πλοία αποτελούν κατά κανόνα εξελιγμένες μορφές του λέβητα τύπου D της Foster-Wheeler που έχομε αναφέρει.

Αυτός αρχικά κατασκευάσθηκε με αυλούς των οποίων η κλίση πλησιάζει την κατακόρυφο, με πλευρικό υδροτοίχωμα, με ενδιάμεσο υπερθερμαντήρα και οικονομητήρα στην έξοδο των καυσαερίων.

Αργότερα οι αυλοί του τοποθετήθηκαν κατακόρυφα και προστέθηκαν τα υδροτοίχωματα του οπίσθιου πυθμένα της εστίας και του δαπέδου.

Κατασκευάσθηκαν στη συνέχεια οι λέβητες F.W. δύο εστιών και B & W τύπου M όπου διατίθενται 2 εστίες: μία που θερμαίνει τους αυλούς για παραγωγή κορεσμένου ατμού και μία που μπαίνει σε ενέργεια όταν ο λέβητας παράγει υπέρθερμο ατμό. Η χρήση των λεβήτων αυτών ήταν περιορισμένη στο Εμπορικό Ναυτικό, αλλά χρησιμοποιούνται αυτοί στα πολεμικά και επιβατηγά πλοία.

Αργότερα στους λέβητες τύπου D ο υπερθερμαντήρας μιας ή περισσοτέρων διαβάσεων του ατμού τοποθετήθηκε εξωτερικά από τους αυλούς, εφοδιάσθηκαν αυτοί με αναθερμαντήρα ατμού και προθερμαντήρα αέρα, και η εστία τους κατασκευάσθηκε σε μεγάλες διαστάσεις και με καυστήρες στην οροφή της με σκοπό την τελεία καύση και την εκμετάλλευση στο μέγιστο βαθμό της μεταδόσεως της θερμότητας με ακτινοβολία. Έτσι προέκυψαν οι σύγχρονοι αυτοί λέβητες που κατασκευάζονται από πολλά στον κόσμο εργοστάσια με βάση σχέδια των κυριότερων κατασκευαστικών οίκων Babcock-Wilcox, Foster-Wheeler, Combustion Engineering, Mitsubishi, Kawasaki κλπ. Αντιπροσωπευτικούς τύπους των εταιριών αυτών θα περιγράψομε στις επόμενες παραγράφους.

7.2 Λέβητας V2M-8 της Combustion Engineering Co.

Κατασκευάζεται σε δύο μορφές: την απλή μορφή και τη μορφή με αναθερμαντήρα του ατμού, που λαμβάνεται από ενδιάμεσες βαθμίδες του στροβίλου.

Χαρακτηριστικό της κατασκευής του είναι ότι δεν έχει μονωτική πλινθοδομή εστίας και οι αυλοί που αποτελούν τους υδρότοιχους, είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένας τελείως στεγανός υδρότοιχος. Οι καυστήρες είναι τοποθετημένοι στην οροφή.

Στο σχήμα 7.2α εικονίζεται ο λέβητας στη γενική διαγραμματική διάταξή του.

Ο αναθερμαντήρας, που είναι όμοιος κατασκευής με τον υπερθερμαντήρα, τοποθετείται στο οπίσθιο μέρος του λέβητα.

Έτσι η εστία διαιρείται με ένα διαχωριστικό τοίχωμα σε δύο μέρη, το εμπρόσθιο, από το οποίο τα καυσαέρια περνούν από τον υπερθερμαντήρα, και το οπίσθιο (μικρότερο), από το οποίο τα καυσαέρια περνούν από τον αναθερμαντήρα.

Και τα δύο μαζί οδεύουν προς τους ατμογόνους αυλούς και από εκεί διαμέσου του οικονομητήρα προς την ατμόσφαιρα.

Κατά τους χειρισμούς ή την ανάποδα κίνηση που δεν απαιτείται αναθέρμανση, οι καυστήρες αναθερμάνσεως κλείνουν αυτόματα και η εστία τους παραμένει άεργη.

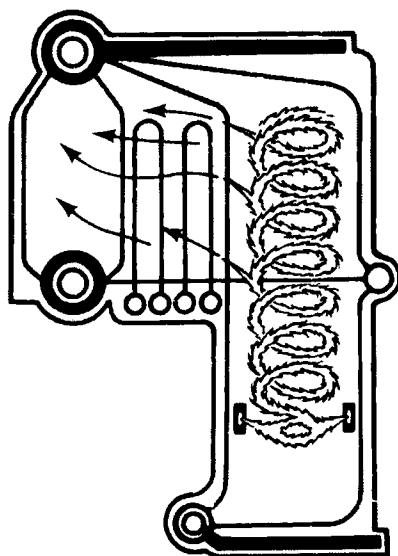
Στο σχήμα 7.2ε φαίνεται λέβητας V2M-8R σε λειτουργία.

7.3 Λέβητας V2M-9 της Combustion Engineering Co (σχ. 7.3α).

Σχεδιάσθηκε για να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις προώσεως των υπερπετρελαιοφόρων πλοίων με μεταφορική ικανότητα 300000 τόνους και άνω με ένα μόνο λέβητα.

Παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά του λέβητα V2M-8 της ίδιας εταιρίας. Επιπλέον, η αύξηση του όγκου της εστίας σ' αυτόν λαμβάνει χώρα προς τα κάτω, ώστε να διατηρούνται:

- Το πλάτος του λέβητα σε λογικά όρια για εμπορικά πλοία.
- Το μήκος των ατμογόνων αυλών μικρό.
- Η ταχύτητα μεταβολής του βαθμού ατμοπαραγωγής σε υψηλά επίπεδα.

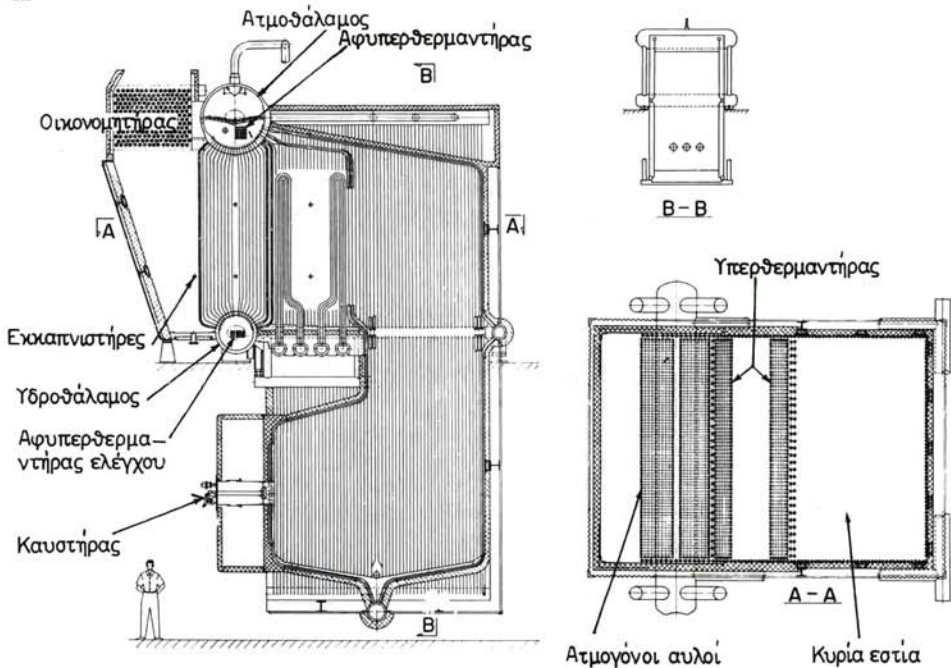


Σχ. 7.3α.

Λέβητας V2M-9 της Combustion Engineering Co.

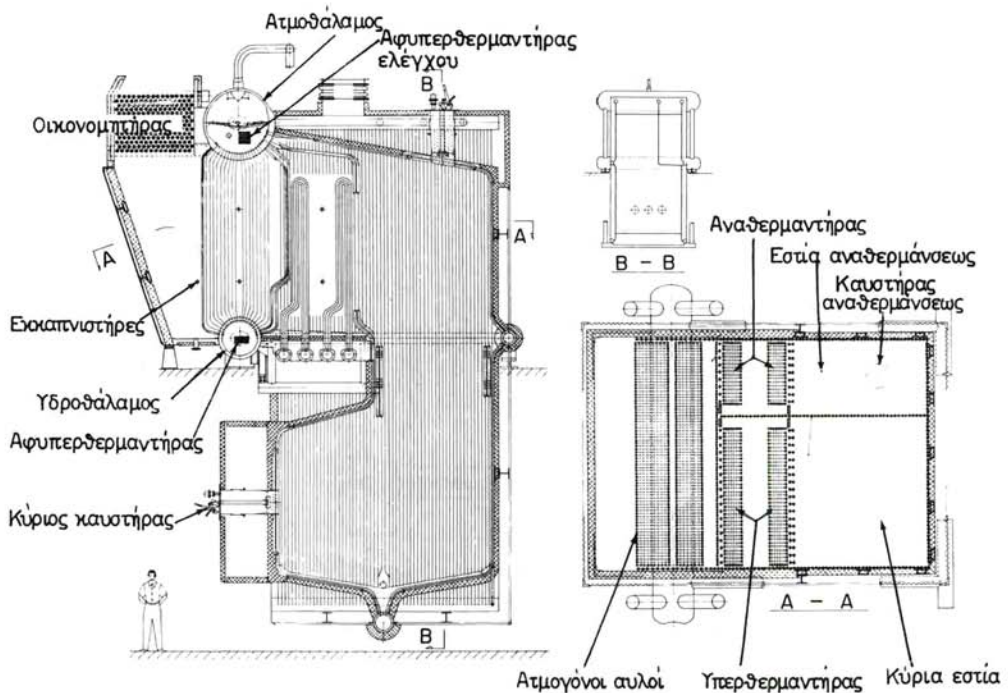
Στο σχήμα 7.3β παριστάνεται ο παραπάνω λέβητας σε τρεις τομές. Όμοιος με αυτόν αλλά με αναθερμαντήρα, είναι ο λέβητας V2M-9R του σχήματος 7.3γ, ο οποίος παρουσιάζει τις ίδιες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των V2M-8 και V2M-8R. Το όλο βάρος του λέβητα φέρεται στον υδροθάλαμο και στον ενδιάμεσο υδροσυλλέκτη.

Στο σχήμα 7.3δ φαίνεται λέβητας V2M-9R σε λειτουργία.



Σχ. 7.3β.

Λέβητας V2M-9 της Combustion Engineering Co.



Σχ. 7.3γ.

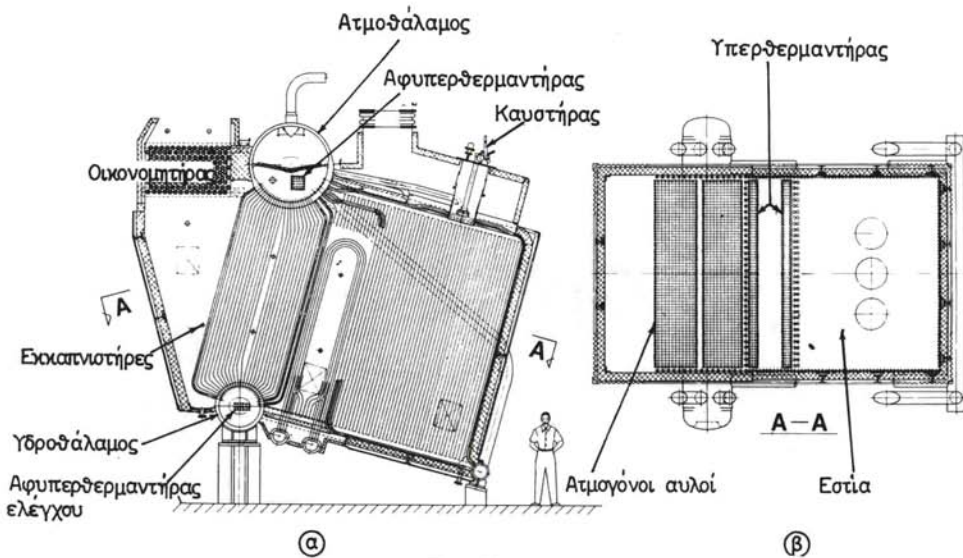
Γενική διάταξη λέβητα V2M-9 R.



Σχ. 7.2α.
Γενική διάταξη του λέβητα V2M-8 της
Combustion Engineering Co.



Σχ. 7.2β.
Το τοίχωμα των αυλών.



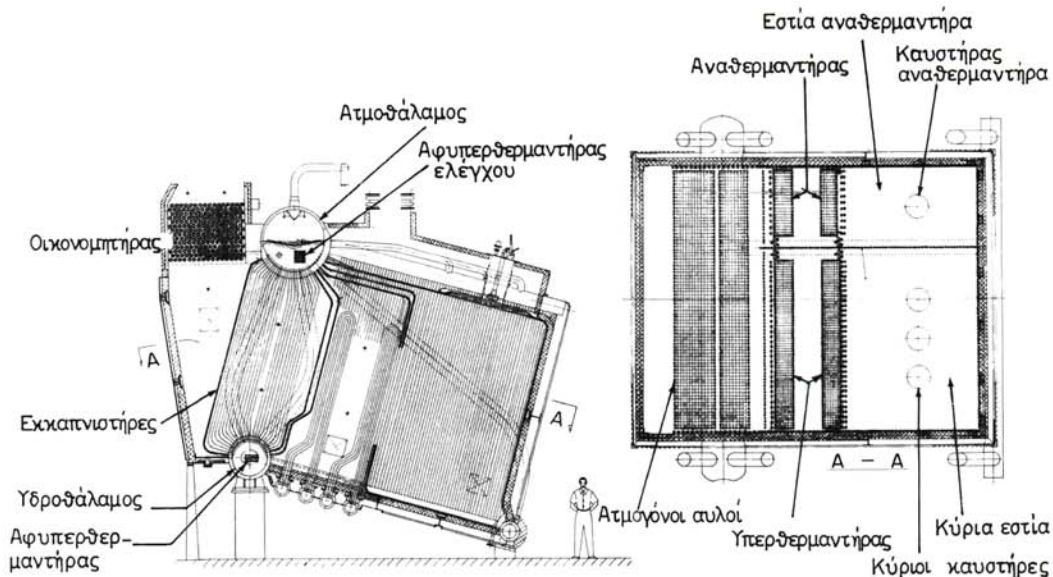
Σχ. 7.2γ.
Διάταξη λέβητα V2M-8 της Combustion Engineering Co ιαπωνικής κατασκευής.
α) Κατακόρυφη τομή. β) Οριζόντια τομή.

Διακρίνεται η πορεία των καυσαερίων.

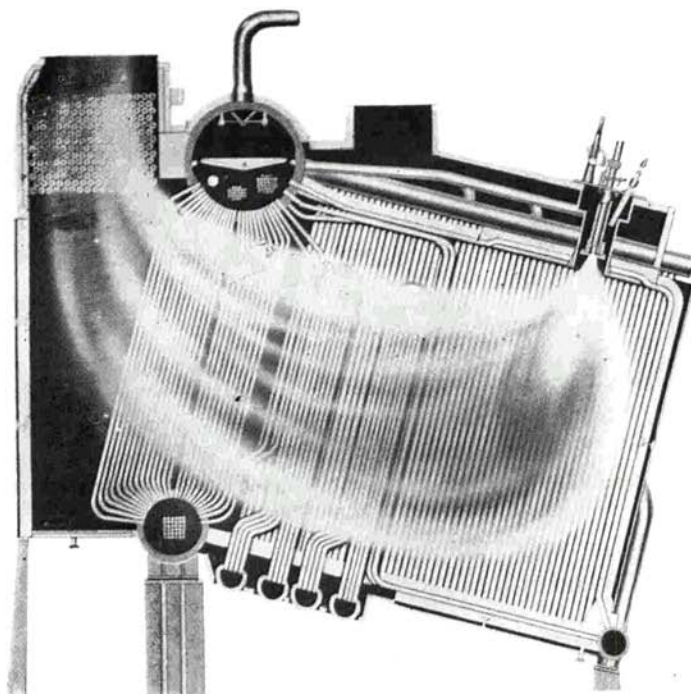
Στο σχήμα 7.2β παριστάνεται το τοίχωμα των συγκολλημένων μεταξύ τους αυλών.

Στο σχήμα 7.2γ(α)(β) φαίνεται ο παραπάνω λέβητας κατασκευασμένος από τα Ιαπωνικά εργοστάσια Mitsubishi σε κατακόρυφη και οριζόντια τομή.

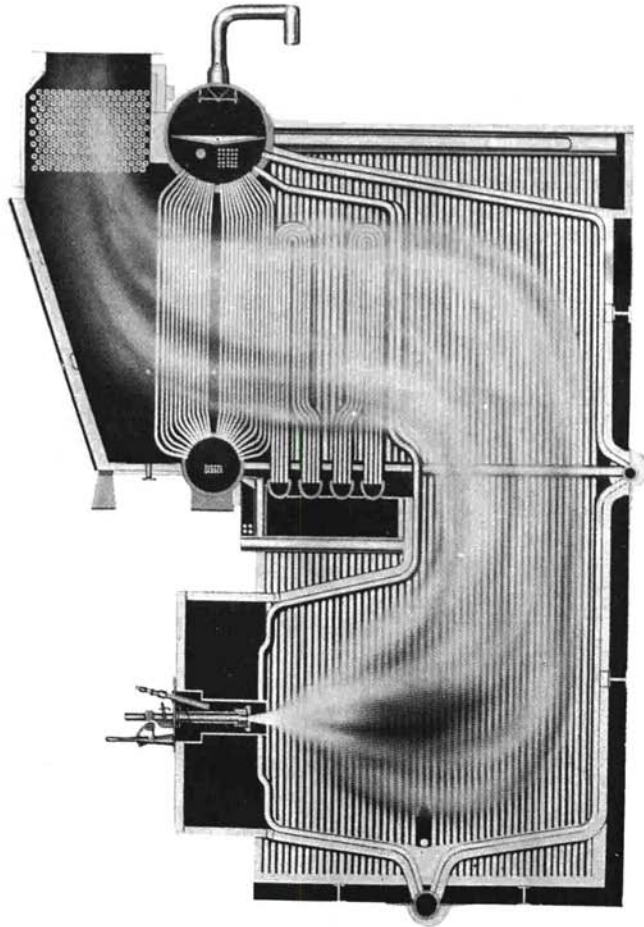
Το βάρος του όλου λέβητα φέρεται πάνω στον υδροθάλαμο και τον υδροσυλλέκτη. Ο ίδιος αυτός λέβητας εφοδιασμένος με αναθερμαντήρα (reheater) ονομάζεται V2M-8R (σχ. 7.2δ).



Σχ. 7.26.
 Λέβητας V2M-8R.



Σχ. 7.2ε.
 Λέβητας V2M-8R σε λειτουργία.



Σχ. 7.36.
Λέβητας V2M-9R σε λειτουργία.

7.4 Λέβητας E.S.D. της Foster-Wheeler.

Ο λέβητας αυτός σχεδιάσθηκε για να αντιμετωπισθούν οι ανωμαλίες που παρουσιάζονται στους ενδιάμεσους υπερθερμαντήρες από την συσσώρευση σκουριάς, λόγω χρησιμοποίησεως πετρελαίων που περιέχουν ενώσεις βαναδίου, σιδήρου, νικελίου, θείου και νατρίου.

Οι μεγαλύτερες συσσωρεύσεις σκουριάς και στάχτης προκαλούνται στον υπερθερμαντήρα, όπου η θερμοκρασία των καυσαερίων και της θερμαινόμενης επιφάνειας είναι υψηλές. Λιγότερη σκουριά σχηματίζεται πάνω στους ατμογόνους αυλούς όπου οι θερμοκρασίες των καυσαερίων είναι πολύ υψηλότερες, αλλά οι θερμοκρασίες της θερμαινόμενης επιφάνειας είναι χαμηλότερες. Οι αυλοί υδροτοιχών εστίας σπάνια φέρουν σημαντικές ρυπάνσεις. Τα ελαφρά και εύθραυστα κατάλοιπα δε σχηματίζουν συνεκτικές επικαλύψεις όπως αυτές που τόσο συχνά χαρακτηρίζουν τη σκουριά και τη στάχτη των αυλών υπερθερμαντήρων.

Έτσι προέκυψε η ανάγκη κατασκευής του λέβητα «D» με εξωτερικό υπερθερμαντήρα. Ο όρος ESD σημαίνει: External Superheat «D» Type, δηλαδή λέβητας του τύπου «D» με εξωτερικό υπερθερμαντήρα.

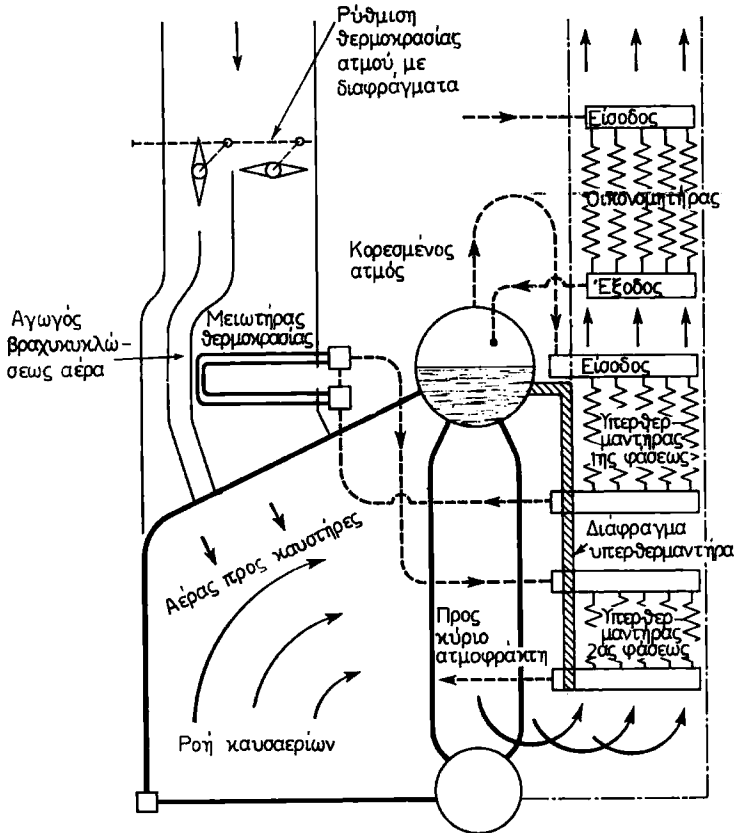
Κατασκευάσθηκε σε 3 διαφορετικούς τύπους, ως ESD-I, ESD-II και ESD-III.

7.4.1 Τύπος ESD-I (σχ. 7.4α).

Έχει τους καυστήρες στην πρόσοψη γύρω από τους οποίους οδηγείται ο καυσιγόνος αέρας κατάλληλα προθερμασμένος.

Είναι εφοδιασμένος με υπερθερμαντήρες 1ης και 2ης φάσεως και οικονομητήρα νερού.

Για τη ρύθμιση της υπερθερμάνσεως χρησιμεύει ο μειωτήρας θερμοκρασίας με αέρα (attempurator) που αποτελείται από 2 συλλέκτες και δέσμη πτερυγίων αυλών U. Αυτός παραλαμβάνει τον ατμό από την έξοδό του από τον υπερθερμαντήρα 1ης φάσεως. Μέσα στο μειωτήρα ο υπέρθερμος ατμός χάνει ένα μέρος της υπερθερμάνσεώς του ψυχόμενος από καυσιγόνο αέρα και επιστρέφει στην είσοδο του υπερθερμαντήρα 2ης φάσεως, για να βγει τελικά στην κατανάλωση.



Σχ. 7.4α.

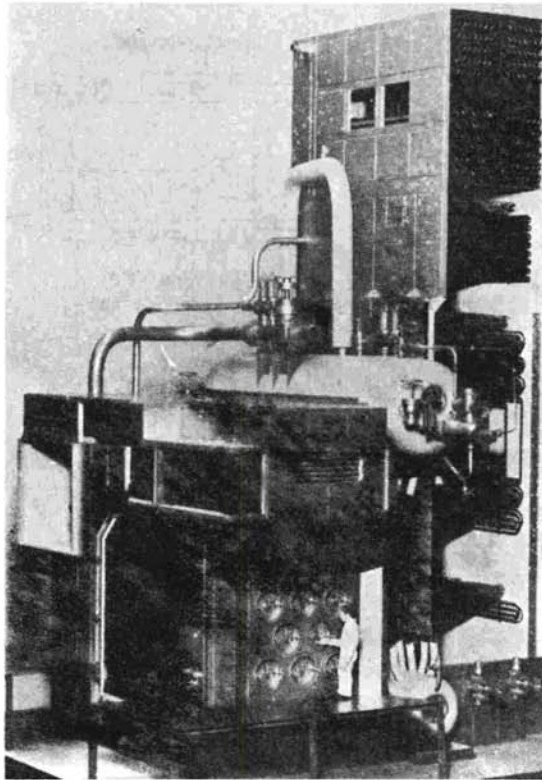
Διαγραμματική παράσταση λέβητα τύπου ESD-I.

Η θερμοκρασία του υπέρθερμου ρυθμίζεται με χειρισμό των διαφραγμάτων ή αεριοφρακτών που βρίσκονται στην είσοδο του αγωγού αέρα, ενός απομονωτικού και ενός βραχυκυκλώσεως. Κλείνοντας το διάφραγμα βραχυκυκλώσεως του μειωτήρα, προκαλούμε πτώση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου, γιατί όλος ο αέρας θα διέρχεται γύρω από το μειωτήρα.

Ο έλεγχος των διαφραγμάτων γίνεται είτε χειροκίνητα είτε με τη βοήθεια θερμοστάτη, ενεργοποιούμενου από την τελική θερμοκρασία υπέρθερμου στην οποία τον έχουμε ρυθμίσει.

Λέβητες αυτού του τύπου υπάρχουν εγκαταστημένοι με ατμοπαραγωγή μέχρι 114000 kg/h, 52 bar και θερμοκρασίας 515°C από τροφοδοτικό νερό 115°C.

Στο σχήμα 7.4β φαίνεται λέβητας τύπου ESD-I.



Σχ. 7.4β.

7.4.2 Τύπος ESD-II.

Ο λέβητας αυτός σχεδιάστηκε για να αντιμετωπισθούν ορισμένοι περιορισμοί που ανέκυπταν στην πράξη με τη μέθοδο ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του υπέρθερμου με το μειωτήρα.

Στον ESD-I η είσοδος θερμότητας στον υπερθερμαντήρα αυξάνεται με το φορτίο και τυχόν περίσσειμα απορροφάται από το μειωτήρα.

Στον ESD-II (σχ. 7.4γ) η θερμότητα που εισέρχεται στον υπερθερμαντήρα, περιορίζεται στην ακριβώς αναγκαία, με τη βοήθεια εξωτερικών αεριοφρακτών (damper) και ενός ακόμη αεριοφράκτη βραχυκυκλώσεως (Bye-pass).

Στον αγωγό βραχυκυκλώσεως τοποθετείται ένας ανοδικής ροής οικονομητήρας ή μονάδα ελέγχου, που στην πραγματικότητα είναι επέκταση του κύριου οικονομητήρα και είναι κατασκευασμένος όπως ο υπερθερμαντήρας.

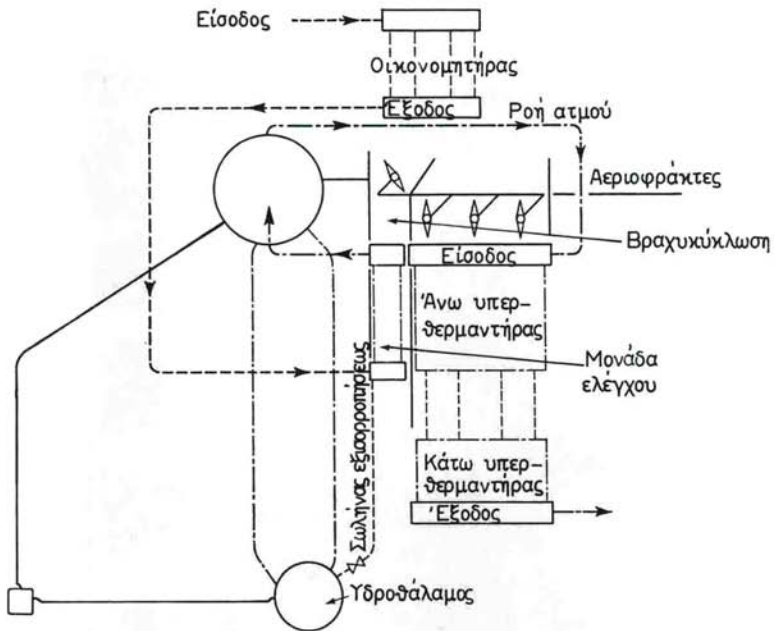
Μέσα από αυτόν περνά όλο το τροφοδοτικό νερό προς τον ατμοϋδροθάλαμο, ενώ τυχόν περίπτωση ατμοπαραγωγής με χαμηλή τροφοδότηση, αντιμετωπίζεται με συγκοινωνία του οικονομητήρα ελέγχου με τον υδροθάλαμο διαμέσου του σωλήνα εξισορροπήσεως (σχ. 7.4γ).

Ο λέβητας ESD-II που φαίνεται στο σχήμα 7.4δ είναι ατμοπαραγωγής 80000 kg/h, 54 bar και θερμοκρασίας υπέρθερμου 420°C.

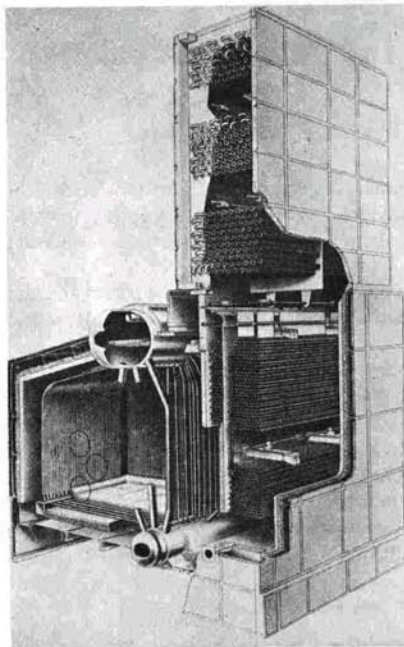
7.4.3 Τύπος ESD-III (σχ. 7.4ε και 7.4στ).

Σχεδιάστηκε για προχωρημένες συνθήκες ατμοπαραγωγής και ρύθμιση της τελικής θερμοκρασίας υπέρθερμου με μείωση μεταξύ της πρώτης και δεύτερης διαβάσεως, του υπερθερμαντήρα.

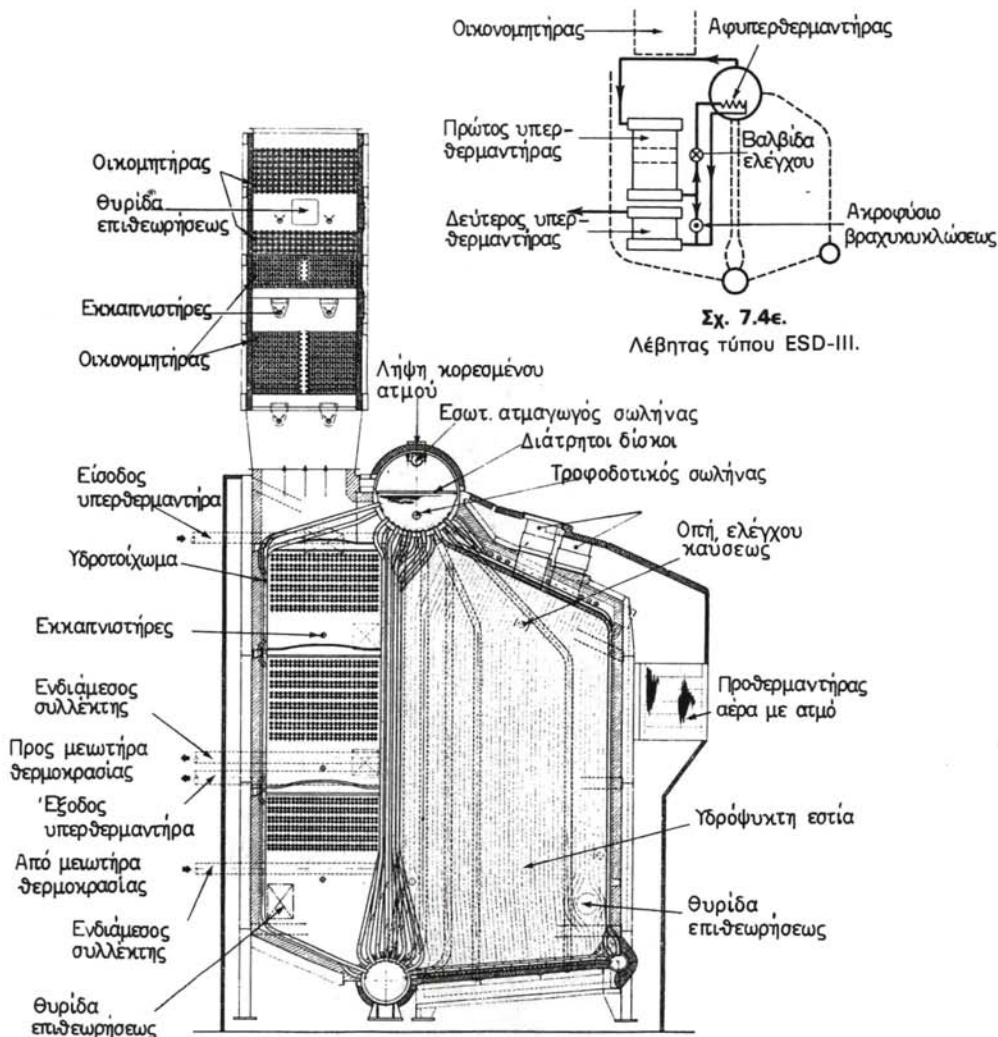
Η εστία κατασκευάζεται έτσι, ώστε να έχει μεγάλο όγκο και οι καυστήρες τοποθετούνται στην οροφή ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για το μήκος της φλόγας.



Σχ. 7.4γ.
 Διαγραμματική παράσταση λέβητα τύπου ESD-II.



Σχ. 7.4δ.
 Λέβητας τύπου ESD-II.



Σχ. 7.4στ.

Η εστία είναι τελείως υδρόψυκτη και αποτελείται από αυλούς που είναι σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους παράλληλοι, ώστε να ελαττώνεται στο ελάχιστο η συντήρηση της μονωτικής επιχρίσεως. Εξωτερικοί αυλοί κάθετης κυκλοφορίας και συλλέκτες των υδροτοιχωμάτων πλευράς και δαπέδου της εστίας εξασφαλίζουν επαρκή κυκλοφορία σε οποιαδήποτε κατάσταση ατμοπαραγωγής.

Ο υπερθερμαντήρας προστατεύεται από την υψηλή θερμοκρασία της εστίας με ένα διάφραγμα από ατμογόνους αυλούς το μεταξύ των οποίων διάκενο καλύπτεται από συγκολλημένες λωρίδες. Ίδια κατασκευής είναι και το πλευρικό κέλυφος του υπερθερμαντήρα.

Ο πρώτος και δεύτερος υπερθερμαντήρας είναι τοποθετημένοι σε σειρά και έτσι, ώστε στον πρώτο να γίνεται μετάδοση θερμότητας με αντίθετη ροή ενώ στο δεύτερο με παράλληλη. Έτσι διατηρείται η θερμοκρασία του μετάλλου των υπερθερμαντήρων στην ελάχιστη δυνατή.

Πάνω από τον υπερθερμαντήρα είναι τοποθετημένος ο οικονομητήρας.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου γίνεται με αφυπερθέρμανση μεταξύ 1ου και 2ου υπερθερμαντήρα. Ο αφυπερθερμαντήρας μπορεί να είναι εσωτερικός, οπότε τοποθετείται μέσα

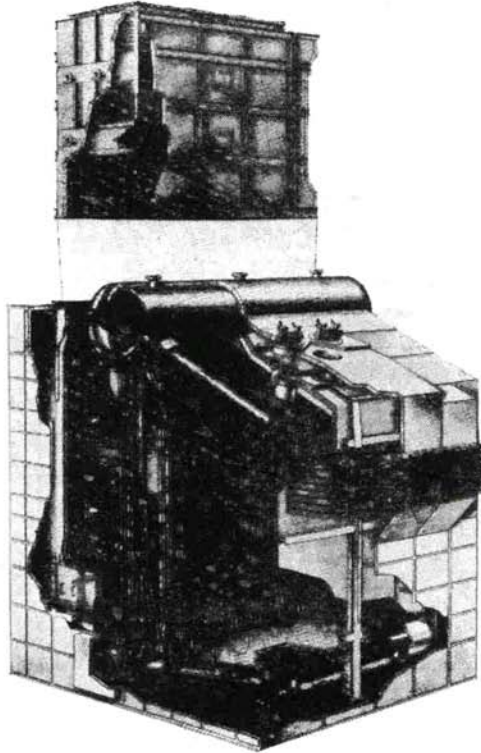
στον υδροθάλαμο, ή εξωτερικός και λειτουργεί στην περίπτωση αυτή με ράντισμα νερού μέσα στον υπέρθερμο ατμό.

Όταν είναι εσωτερικός, ένα ποσοστό ατμού από τον πρώτο υπερθερμαντήρα οδηγείται στον αφυπερθερμαντήρα του ατμοϋδροθαλάμου και εγκαταλείπει εκεί την υπερβάλλουσα ποσότητα υπερθερμάνσεως και επιστρέφει στον δεύτερο υπερθερμαντήρα.

Όταν είναι εξωτερικός, ο υπέρθερμος ατμός μεταξύ των 2 υπερθερμαντήρων ραντίζεται με νερό από μία σειρά ακροφυσίων και η υπερβάλλουσα ποσότητα υπερθερμάνσεως καταναλώνεται στην εξάτμιση του νερού που εισέρχεται με τη ράντιση.

Στο σχήμα 7.4ε φαίνεται η βαλβίδα ελέγχου του αφυπερθερμαντήρα.

Ο λέβητας αυτός (σχ. 7.4στ) ο οποίος τοποθετείται σε μεγάλα δεξαμενόπλοια, φθάνει στους 100 ton/h ατμοπαραγωγή και φαίνεται σε φωτογραφία στο σχήμα 7.4ζ. Οι λέβητες τύπου ESD τοποθετήθηκαν σε πετρελαιοφόρα εκτοπίσματος 200000 ως 400000 τόνων ως κύριοι λέβητες προώσεως.



Σχ. 7.4ζ.
Λέβητας τύπου ESD-II.

7.5 Λέβητας ESRD της Foster-Wheeler.

Ο λέβητας αυτός χρησιμοποιήθηκε από την εταιρία Foster-Wheeler κατά το 1966. Το χαρακτηριστικό του είναι η αναθέρμανση ατμού που ήδη έχει χρησιμοποιηθεί στους στρόβιλους. Διαθέτει επίσης, όπως και ο προηγούμενος, εξωτερικό υπερθερμαντήρα. Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών ονομάζεται ESRD «External Superheat Reheat «D» Type», δηλαδή λέβητας τύπου «D» με εξωτερικό υπερθερμαντήρα και αναθερμαντήρα.

Ο λέβητας ESRD (σχ. 7.5α) παράγει ατμό πίεσεως 100 bar θερμοκρασίας 510°C και θερμοκρασίας αναθερμάνσεως 510°C επίσης. Είναι κλασσικός λέβητας μιας εστίας δύο θαλάμων με τις συνή-

θεις συσκευές ελέγχου καύσεως και τροφοδοτήσεως. Οι βαθμοί υπερθερμάνσεως και αναθερμάνσεως επιτυγχάνονται με διαφράγματα στερεάς και απλής κατασκευής.

Ο λέβητας σχεδιάστηκε ειδικότερα για να ανταποκριθεί στις ανάγκες των στροβίλων MST-14 της General Electric.

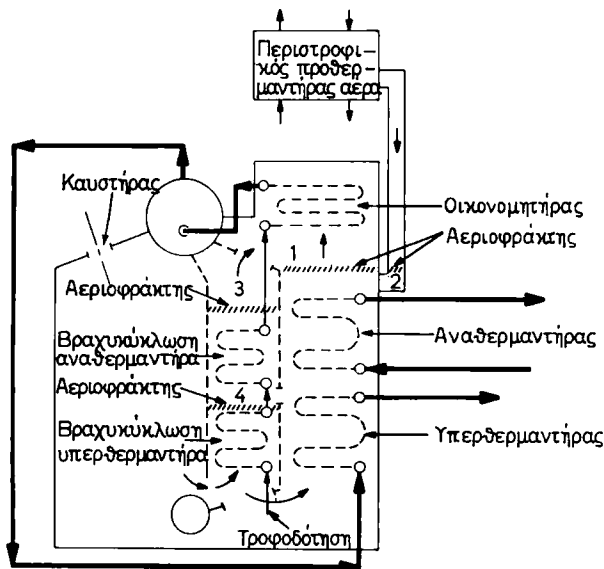
Τα σχήματα 7.5α, 7.5β, 7.5γ χρησιμεύουν για την κατανόηση της λειτουργίας του, ενώ το σχήμα 7.5δ παρέχει τη διάταξη και λειτουργία του περιστρεφόμενου προθερμαντήρα αέρα, που χρησιμοποιείται σ' αυτόν το λέβητα.

Ο αναθερμαντήρας βρίσκεται πάνω από τον υπερθερμαντήρα. Πάνω από τον αναθερμαντήρα βρίσκεται ένας μικρός οικονομητήρας. Αυτός περιορίζει τη θερμοκρασία των καυσαερίων προς τον περιστρεφόμενο θερμαντήρα αέρα ο οποίος καταθλίβει το θερμό αέρα στους καυστήρες.

Μία ζώνη βραχυκυκλώσεως (μπάι πάζ) καυσαερίων, ψυχόμενη από έναν οικονομητήρα, βρίσκεται δίπλα στον υπερθερμαντήρα και τον αναθερμαντήρα. Διαφράγματα που λειτουργούν *αυτόματα* (ντάμπερ) σε κάθε μονάδα, ελέγχουν τη ροή καυσαερίων και με αυτόν τον τρόπο και τη θερμοκρασία του υπέρθερμου και του ατμού που αναθερμάνθηκε. Ο τοίχος βραχυκυκλώσεως είναι ανοικτός μεταξύ των τμημάτων του υπερθερμαντήρα, ώστε να επιτρέπει ανεξάρτητο έλεγχο της υπερθερμάνσεως και της αναθερμάνσεως.

Ο αναθερμαντήρας, που είναι τοποθετημένος σε ζώνη χαμηλών θερμοκρασιών καυσαερίων μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια για μεγάλο διάστημα χωρίς ροή ατμού. Για να αποφευχθεί η ανύψωση της θερμοκρασίας των αυλών του αναθερμαντήρα και η εξίσωσή της με τη θερμοκρασία των καυσαερίων, υπάρχουν διαφράγματα επάνω από τον αναθερμαντήρα, τα οποία κλείνουν ταυτοχρόνα με τη διακοπή της ροής του ατμού μέσω αυτού.

Πάνω στον ίδιο άξονα συνδέονται και τα διαφράγματα ψύξεως, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο αέρα από το περίβλημα του λέβητα στην κορυφή του αναθερμαντήρα. Ο αέρας αυτός μετά την προς τα κάτω διαδρομή του διαμέσου του αναθερμαντήρα, αναμιγνύεται με τα καυσαέρια από τον υπερθερμαντήρα και δια μέσου του υδρότοιχου οδεύουν προς την καπνοδόχο.



Σχ. 7.5α.

Διαγραμματική παράσταση λέβητα ESRD της Foster-Wheeler.

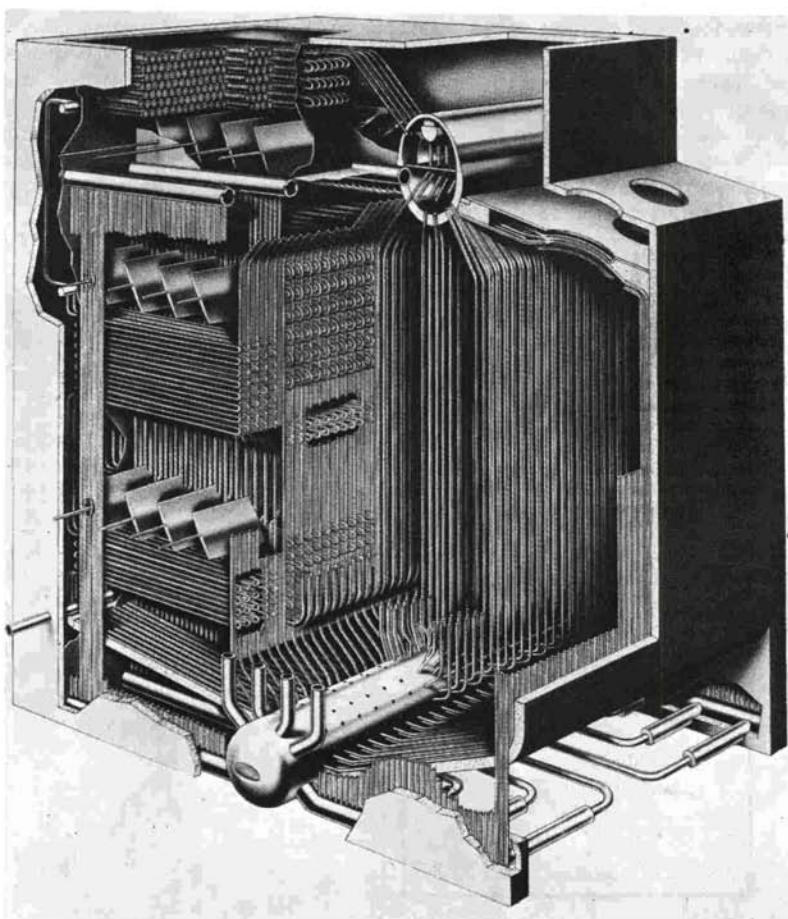
Έλεγχος λειτουργίας.

Όταν υπάρχει ροή ατμού στον αναθερμαντήρα, το απομονωτικό διάφραγμα (1) (σχ. 7.5α) είναι ανοικτό και το διάφραγμα (2) ψύξεως με αέρα κλειστό. Το διάφραγμα (4) του υπερθερμαντήρα και το (3) του αναθερμαντήρα ρυθμίζονται έτσι, ώστε να διατηρούν τις επιθυμητές θερμοκρασίες. Όταν σταματά η ροή ατμού από τον αναθερμαντήρα, το διάφραγμα (3) ανοίγει και τα (1) και (2) περιστρέφονται κατά 90°, ώστε να σταματήσουν τη ροή αερίων και να εισαγάγουν αέρα ψύξεως.

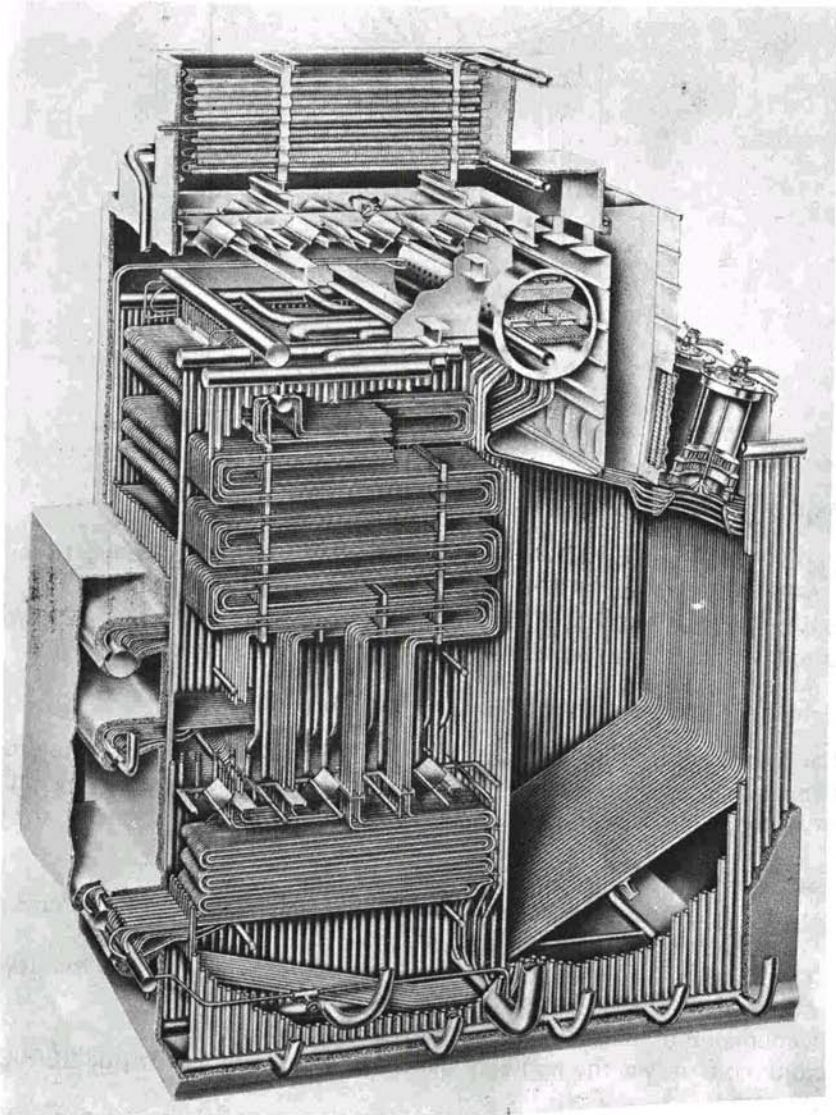
Οι καυστήρες με ατμό είναι τοποθετημένοι στην οροφή της εστίας. Παλινδρομούντες εκκαπνιστές είναι τοποθετημένοι και στα δύο τμήματα του υπερθερμαντήρα και του αναθερμαντήρα.

Ο προθερμαντήρας αέρα είναι περιστροφικός από ανάδραση και έχει τις επιφάνειές του επισμαλτωμένες, ώστε να εργάζεται με ασφάλεια, χωρίς τον κίνδυνο διαβρώσεων ακόμη και με θερμοκρασίες πολύ χαμηλές, της τάξεως των 145°C.

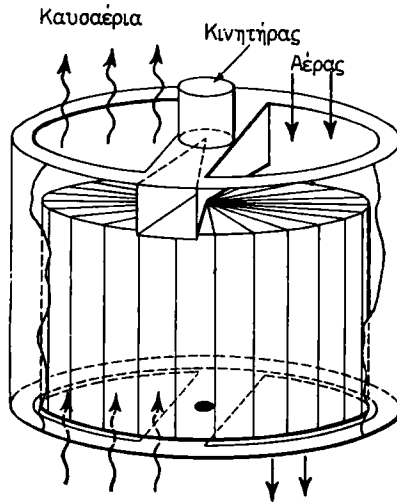
Η πλινθοδομή και οι μονώσεις με πλίνθους έχουν αποκλεισθεί. Υπάρχουν μόνο στους κώνους των κυυστήρων. Ακόμη και η κατασκευή του δαπέδου της εστίας από πλίνθους έχει αντικατασταθεί με τους αυλούς.



Σχ. 7.5β.



Σχ. 7.5γ.



Σχ. 7.56.

Διάταξη και λειτουργία του περιστρεφόμενου προθερμαντήρα αέρα.

7.6 Λέβητες Babcock.

Αυτοί τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευασθεί σε διάφορους τύπους ως M11, MP, M21, MR, MRR και MRT.

Θα περιγράψομε εδώ σύντομα τους τρεις τελευταίους που έχουν τη μεγαλύτερη εφαρμογή και το χαρακτηριστικό R (radiant) της εστίας ακτινοβολίας.

7.6.1 Λέβητας Marine Radiant (MR) της Babcock.

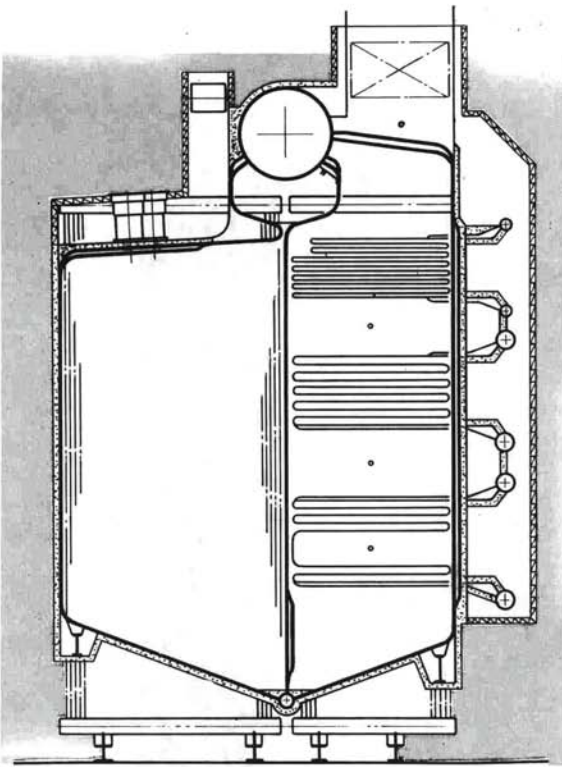
Ο λέβητας αυτός (σχ. 7.6α) του οποίου η λειτουργία βασίζεται στη μετάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, αποτελεί παραλλαγή των αντιστοιχών λεβήτων των ατμολεκτρικών σταθμών ξηράς. Τα γενικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας του είναι:

- Ατμοπαραγωγή 45-226 ton/h.
- Πίεση ατμού στην έξοδο από τον υπερθερμαντήρα 48-145 kp/cm^2 .
- Θερμοκρασία υπέρθερμου 470-538°C.
- Όρια ρυθμίσεως θερμοκρασίας υπέρθερμου επί τοις εκατό % του μέγιστου φορτίου 60-100.
- Θερμοκρασία τροφοδοτήσεως 138-249°C.

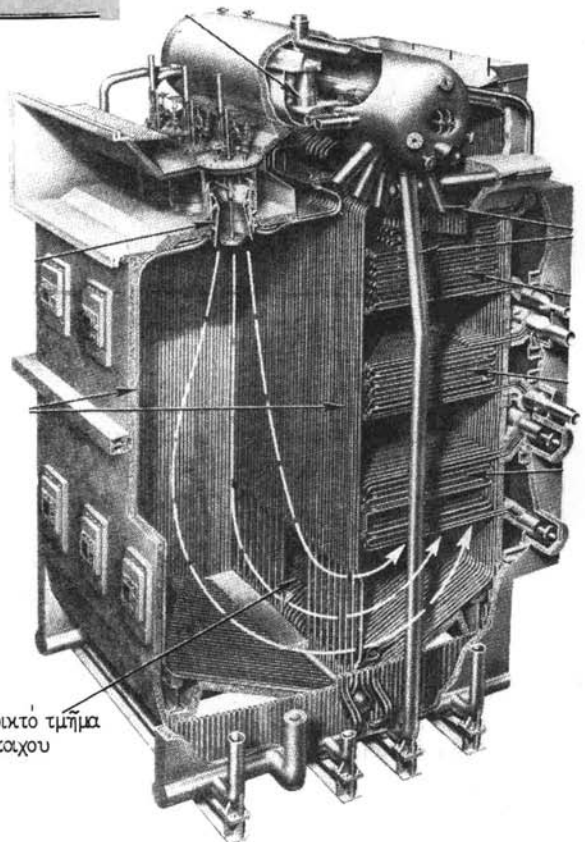
Χρησιμοποιείται για την πρόωση πλοίων μεταφορικής ικανότητας 200000 ως 500000 τόνων.

Αποτελείται βασικά από δύο συνδεόμενα συγκροτήματα μιας υδρόψυκτης εστίας και ενός πλήρους υδρόψυκτου θαλάμου, ο οποίος περιλαμβάνει τις αυτοτελείς θερμαινόμενες με αγωγή επιφάνειες. Οι δύο επιφάνειες διαχωρίζονται από έναν υδρότοιχο. Ο υδρότοιχος αυτός είναι αεριοστεγανός εκτός από ένα άνοιγμα στο κάτω άκρο του, μέσω του οποίου εξέρχονται τα αέρια που εγκαταλείπουν την εστία (σχ. 7.6β, σχ. 7.6γ).

Οι καυστήρες πετρελαίου είναι τοποθετημένοι στην οροφή της εστίας.

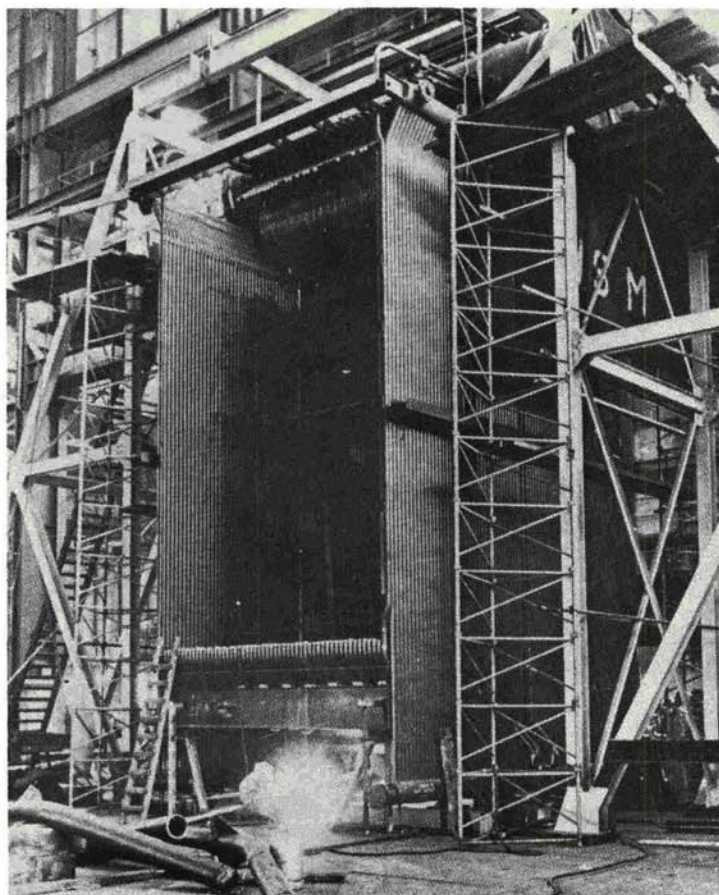


Σχ. 7.6α.
Λέβητας Babcock τύπου
Marine Radiant (MR).



Σχ. 7.6β.

Κατώτερο ανοικτό τμήμα
μεσαίου υδρόταχου



Σχ. 7.6γ.

Οι διαστάσεις της εστίας έχουν υπολογισθεί, έτσι ώστε να υπάρχει απόσταση μεταξύ των κώνων αέρα και γεινίαση με τις ψυχρές επιφάνειες. Έτσι εξασφαλίζεται αρκετή απόσταση φλόγας και ευνοϊκότερη κατανομή του καυσιγόνου αέρα. Τα προϊόντα της καύσεως οδεύουν προς τα κάτω σε όλο το μήκος της εστίας.

Τα χαρακτηριστικά αυτά εξασφαλίζουν πλήρη καύση του πετρελαίου και με τον ελάχιστο δυνατό αέρα μέσα στην εστία. Τα καυσαέρια όταν βγαίνουν από την εστία περνούν μέσω του κάτω ανοικτού τμήματος του υδρότοιχου και επιστρέφουν σε μία κοιλότητα πριν από τη ροή τους πάνω από τις επιφάνειες του υπερθερμαντήρα και των οικονομητήρων.

Οι υπερθερμαινόμενες επιφάνειες αποτελούνται από πρωτεύοντα και δευτερεύοντα τμήματα το καθένα από τα οποία σχηματίζεται από οριζόντια στοιχεία πολλαπλού κυκλώματος.

Η κατανομή της θερμαινόμενης επιφάνειας σ' ένα λέβητα Babcock τύπου MR είναι:

– Εστία	44,5%
– Υδρότοιχοι	13,0%
– Υπερθερμαντήρες	32,0%
– Οικονομητήρας	10,5%
	100,0%

Η τελική θερμοκρασία του ατμού ελέγχεται με την παρένθεση ενός μειωτήρα θερμοκρασίας (attēperator), και παράλληλα και με μία βραχυκύκλωση (μπάϊ-πας), που τοποθετείται μεταξύ της πρώτης και δεύτερης διαβαθμίσεως του υπερθερμαντήρα. Η ροή ατμού μέσω του μειωτήρα θερμοκρασίας και επομένως η θερμοκρασία εξαγωγής του υπερθερμαντήρα ελέγχεται από μία βαλβίδα δύο θέσεων ή από δύο χωριστές βαλβίδες, που η ρύθμισή τους επηρεάζεται από τη συσκευή ελέγχου θερμοκρασίας ατμού.

Ο μειωτήρας θερμοκρασίας αποτελείται από έναν αυλωτό εναλλακτήρα θερμότητας τοποθετημένο πάνω στον ατμοθάλαμο.

Οι υδρότοιχοι αποτελούνται από αυλούς με πτερύγια κατά μήκος, που έχουν ηλεκτροσυγκολληθεί, ώστε να σχηματίζουν ένα πλήρως υδρόψυκτο αεριοστεγανό πλαίσιο. Το εξωτερικό του υδρότοιχου είναι καλυμμένο με μόνωση.

Με εξαίρεση του μέρους του τοιχώματος του καπνοθάλαμου, όλα τα τοιχώματα της εστίας και του λέβητα είναι τύπου συνεχούς ηλεκτροσυγκολλημένου υδρότοιχου.

Οι αυλοί του λέβητα είναι συγκολλημένοι πάνω στον ατμοθάλαμο και στους συλλέκτες. Έχει προβλεφθεί αρκετός χώρος για την επιθεώρησή τους. Οι υδρόψυκτοι αυλοί είναι καμπυλωτοί γύρω από τα ανοίγματα του καυστήρα πάνω στην οροφή της εστίας. Δεν χρησιμοποιείται πλέον πυρίμαχη επικάλυψη και μόνωση μέσα στην εστία και το λέβητα. Υπάρχει μόνο μία επένδυση πίσω από τους υδρότοιχους του καπνοθάλαμου προς το μέρος του υπερθερμαντήρα, των στοιχείων του οικονομητήρα και προστασία για τον κάτω υδροσυλλέκτη της εστίας.

Ο ατμοθάλαμος υποστηρίζεται και στα δύο άκρα από αριθμό αυλών κυκλοφορίας μεγάλης διαμέτρου, που τροφοδοτούν με νερό τους κάτω υδροσυλλέκτες. Έτσι κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες επιτυγχάνεται θετική και γρήγορη κυκλοφορία του νερού, που κατεβαίνει από τους αυλούς κυκλοφορίας.

Οι εξωτερικές επιφάνειες του ατμοθάλαμου, των υδροσυλλεκτών και των αυλών κυκλοφορίας είναι μονωμένες.

Η **λειτουργία** του λέβητα ελέγχεται με αυτόματα όργανα. Η συσκευή ελέγχου περιλαμβάνει έλεγχο καύσεως, νερού και θερμοκρασίας ατμού σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Νηογνωνμόνων.

Συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά του λέβητα Marine Radiant, όπως προκύπτει από τα προηγούμενα, είναι τα εξής:

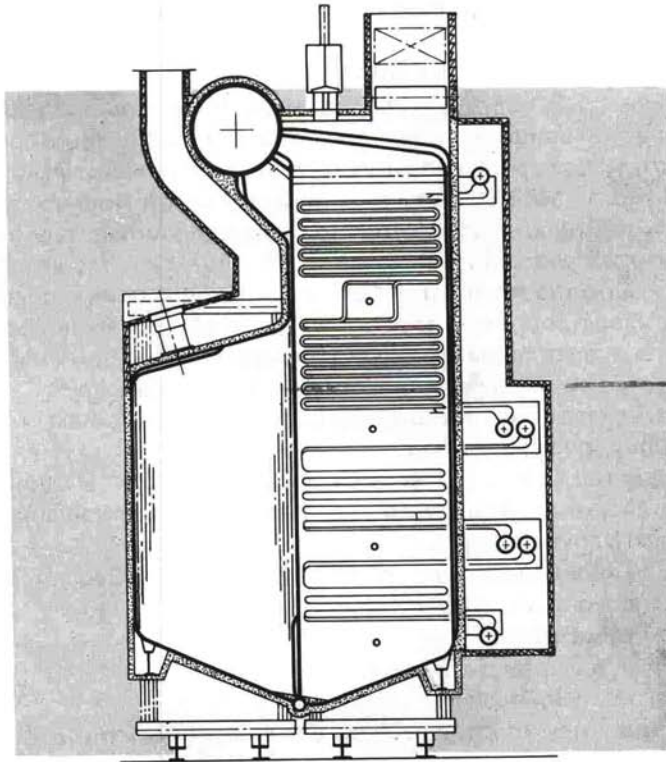
- Συγκολλητή κατασκευή.
- Έλλειψη εκτονωμένων ενώσεων.
- Απάλειψη πλινθοδομών.
- Τοποθέτηση των καυστήρων έτσι, ώστε να αξιοποιείται όλο το ύψος της εστίας.
- Έλλειψη συνδέσεων με παρενθέματα με εξαίρεση τις ανθρωποθυρίδες.
- Καθαρότερες θερμαινόμενες επιφάνειες.
- Μεγάλη διαδρομή φλόγας.

- Πλήρη καύση με ελαχίστη περίσσεια αέρα.
- Ελάττωση διαβρώσεων λόγω ελάχιστης περίσσειας αέρα.
- Ελάττωση στο ελάχιστο των εσωτερικών και εξωτερικών περιβλημάτων.

7.6.2 Λέβητας *Marine Radiant Reheat (MRR)* της *Babcock*.

Είναι της ίδιας κατασκευής με τον προηγούμενο περιλαμβάνει όμως και αναθερμαντήρα (reheater). Στα σχήματα 7.6δ και 7.6ε φαίνεται αντίστοιχα ο παραπάνω λέβητας σε διαγραμματική παράσταση και σε φωτογραφία.

Ο λέβητας MRR έχει 114 αυλούς, που δημιουργούν το διαχωριστικό μεσαίο διάφραγμα, 67 πλευρικούς αυλούς καπνοθάλαμου, μεμβρανοειδείς υδρότοιχους, 42 αυλούς πρώτης φάσεως και 24 αυλούς δεύτερης φάσεως πρώτου υπερθερμαντήρα, 42 αυλούς δεύτερης φάσεως και 24 αυλούς δεύτερης φάσεως δεύτερου υπερθερμαντήρα, 24 αυλούς οικονομητήρα και 1 αγκαθωτό, 84 αυλούς αναθερμαντήρα και 10 αυλούς κυκλοφορίας. Έχει 1 ατμοϋδροθάλαμο και 22 συλλέκτες, οι οποίοι είναι εισόδου και εξόδου αναθερμαντήρα, εισόδου και εξόδου 1ης φάσεως πρώτου υπερθερμαντήρα, δύο κάτω οπίσθιου υδρότοιχου, 2 εμπρόσθιου υδρότοιχου, 2 επάνω διαχωριστικού υδρότοιχου, εισόδου και εξόδου οικονομητήρα, εισόδου και εξόδου 2ης φάσεως δεύτερου υπερθερμαντήρα, εισόδου και εξό-



Σχ. 7.6δ.

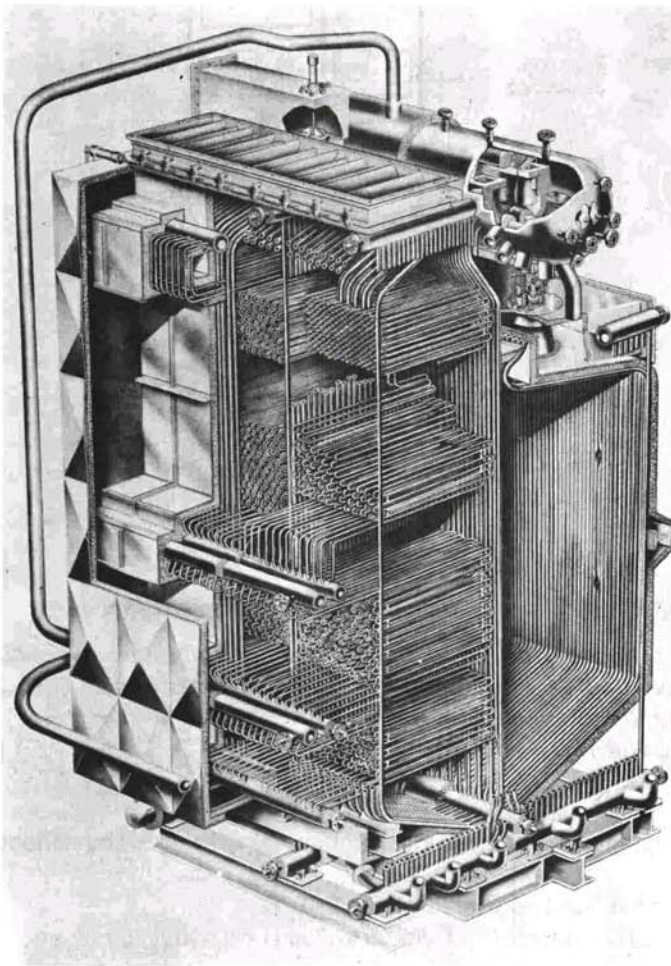
Διαγραμματική παράσταση λέβητα Babcock
τύπου Marine Radiant Reheat (MRR).

δου 2ης φάσεως πρώτου υπερθερμαντήρα, 2 διαχωριστικού υδρότοιχου, 1 οπίσθιου υδρότοιχου.

Ο αφυπερθερμαντήρας αποτελείται από 96 αυλούς και ο μειωτήρας θερμοκρασίας (attenuator) από 146 αυλούς. Έχει 18 κυκλωνικούς αποχωριστές, 4 καυστήρες, 8 παλινδρομικούς και 2 πολλαπλούς εκκαπνιστές.

Τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του είναι:

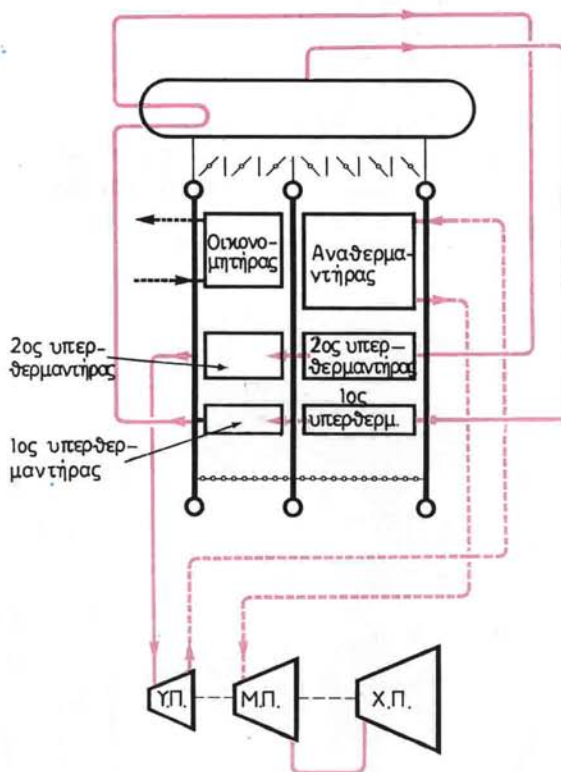
- Ατμοπαραγωγή 79-168 ton/h.
- Πίεση υπέρθερμου 83-145 kp/cm².
- Θερμοκρασία υπέρθερμου 470-538°C.
- Θερμοκρασία εξόδου του ατμού από τον αναθερμαντήρα 470-538°C.
- Όρια ρυθμίσεως θερμοκρασίας υπέρθερμου επί τοις εκατό % του πλήρους φορτίου 60-100.
- Θερμοκρασία τροφοδοτήσεως 138-249°C.



Σχ. 7.6ε.

Λέβητας Babcock τύπου Marine Radiant Reheat (MRR).

Στο διάγραμμα του σχήματος 7.6στ φαίνονται παραστατικά οι διαδικασίες προ-θερμάνσεως νερού υπερθερμάνσεως, αφυπερθερμάνσεως και αναθερμάνσεως του ατμού με τη χρήση του αφυπερθερμαντήρα και των διαφραγμάτων ελέγχου σε μία εγκατάσταση με στρόβιλους Υ.Π., Μ.Π. και Χ.Π.



Σχ. 7.6στ.

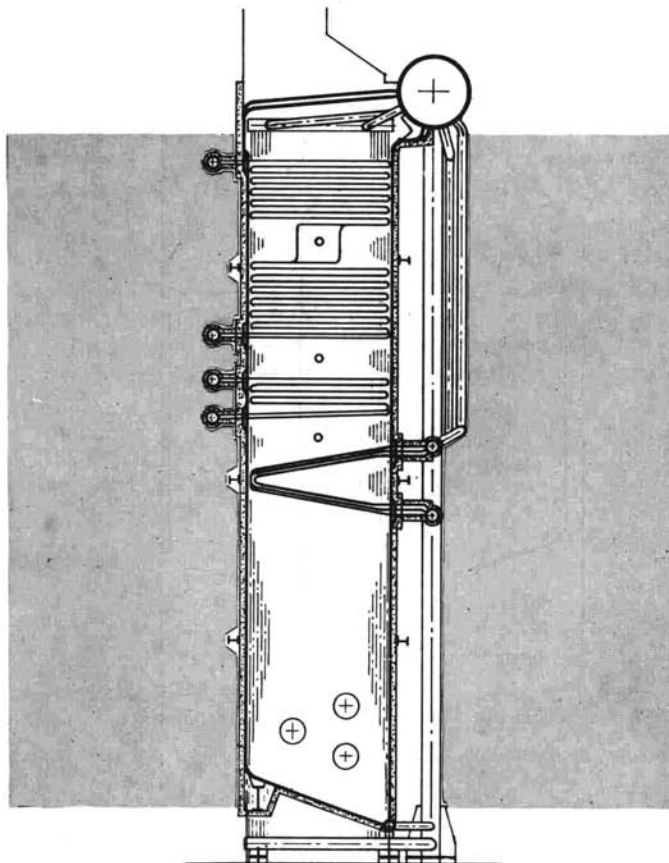
7.6.3 Λέβητας Marine Radiant Tower Type (MRT) της Babcock.

Ο λέβητας αυτός (σχ. 7.6ζ) είναι όρθιου πρισματικού τύπου και μοιάζει περίπου στην κατασκευή του με τους όρθιους λέβητες εγκαταστάσεων ξηράς.

Τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του είναι τα εξής:

- Ατμοπαραγωγή 45-150 ton/h.
- Πίεση ατμού 48-124 kp/cm².
- Θερμοκρασία υπέρθερμου 470-538°C.
- Όρια ρυθμίσεως θερμοκρασίας υπέρθερμου επί τοις % του πλήρους φορτίου 60-100.
- Θερμοκρασία τροφοδοτήσεως 138-249°C.

Ο λέβητας MRT σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες των υπερπετρελαιοφόρων, στα οποία το μηχανολεβητοστάσιο είναι περιορισμένης επιφάνειας αλλά πολύ υψηλό. Ουσιαστικά είναι ο λέβητας MR, με τη διαφορά ότι ορισμένα τμήματά του τοποθετήθηκαν κατά ύψος αντί κατά πλάτος.



Σχ. 7.6ζ.

Λέβητας Babcock όρθιου πρισματικού τύπου MRT.

7.7 Λέβητες κατασκευής Kawasaki.

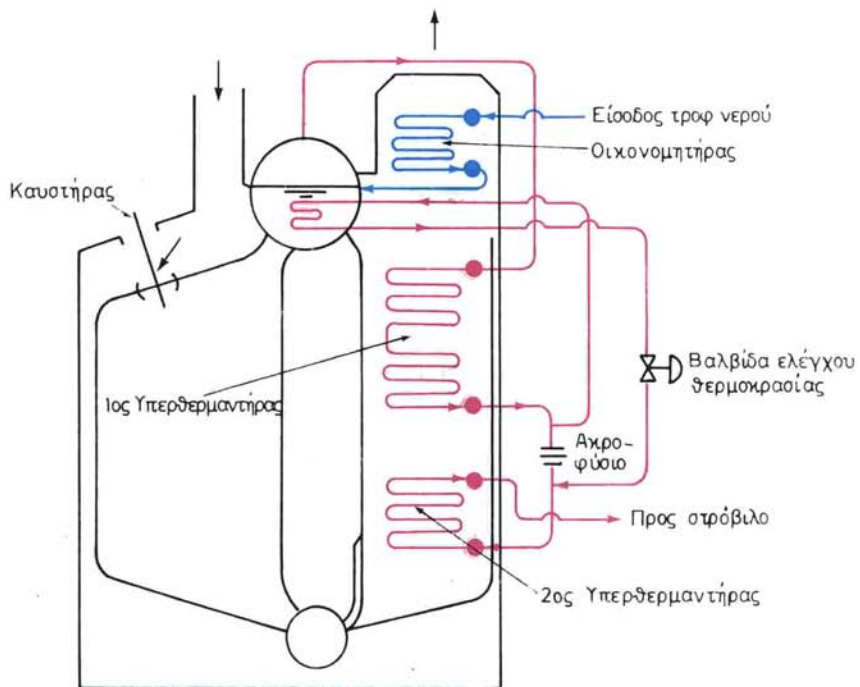
Οι λέβητες αυτοί, που κατασκευάζονται από τα ιαπωνικά εργοστάσια Kawasaki, τοποθετούνται σε πετρελαιοφόρα 300000 DWT ή και περισσότερο, στα οποία χρησιμοποιείται ένας μόνο λέβητας για την πρόωση και την εκφόρτωση του φορτίου. Ο δεύτερος και μοναδικός λέβητας που τοποθετείται πάνω στο πλοίο είναι ένας μικρός βοηθητικός λέβητας, σχετικά χαμηλής πίεσεως, ο οποίος χρησιμοποιείται μόνο «εν αναμονή» (Standby). Χρησιμοποιείται δηλαδή μόνο για να οδηγήσει το πλοίο στο πλησιέστερο κατάλληλο λιμάνι, σε περίπτωση βλάβης του κύριου λέβητα.

Οι λέβητες Kawasaki κατασκευάζονται σε δύο τύπους UFG και UFR.

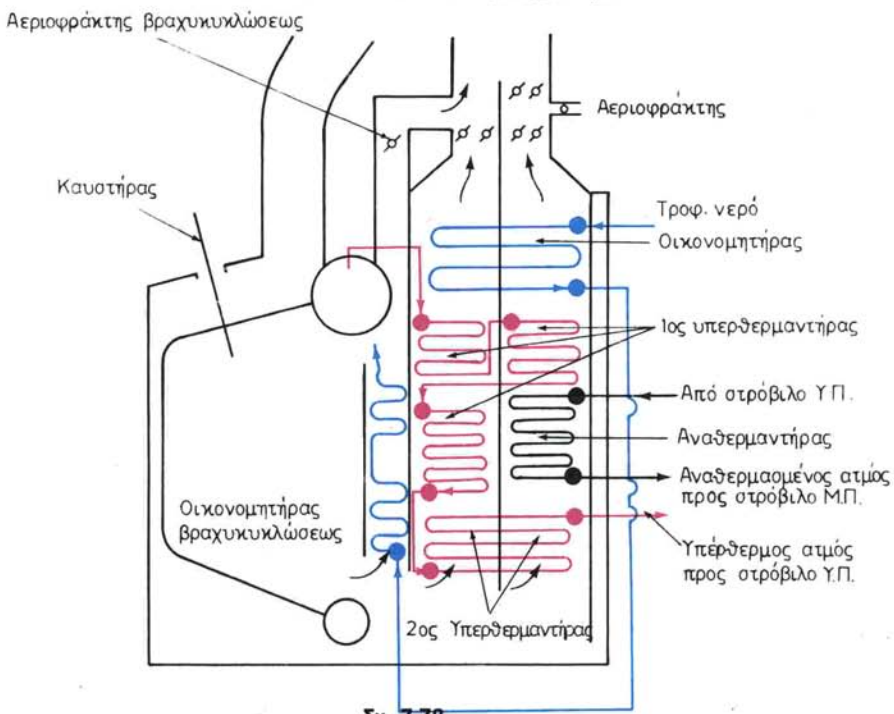
Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι ο τύπος UFG είναι εφοδιασμένος μέσα στον ατμοϋδροθάλαμό του με αφυπερθερμαντήρα, ενώ ο UFR έχει δύο τμήματα. Το ένα έχει ιδιαίτερο οικονομητήρα ελέγχου της θερμοκρασίας, όπως έχομε αναφέρει και στα προηγούμενα, για την ρύθμιση της υπερθέρμανσεως, ενώ το άλλο περιλαμβάνει και αναθερμαντήρα ατμού μεταξύ στροβίλου Υ.Π. και στροβίλου Μ.Π.

Στο σχήμα 7.7α φαίνεται η διάταξη του λέβητα UFG με αφυπερθερμαντήρα και στο σχήμα 7.7β η διάταξη του λέβητα UFR με αναθερμαντήρα και οικονομητήρα ελέγχου (bye-pass).

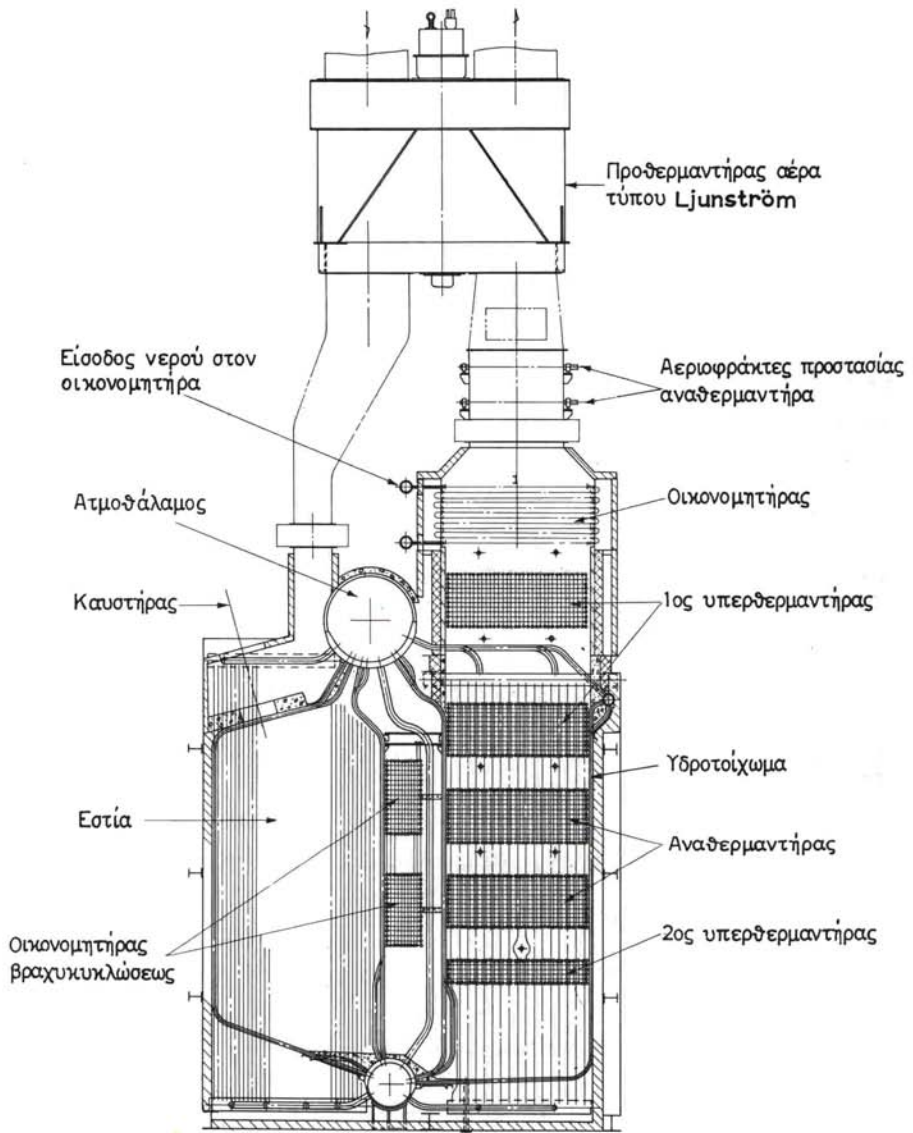
Στα σχήματα 7.7γ και 7.7δ φαίνονται σε δύο τομές, εγκάρσια και πλευρική, διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες του λέβητα UFR.



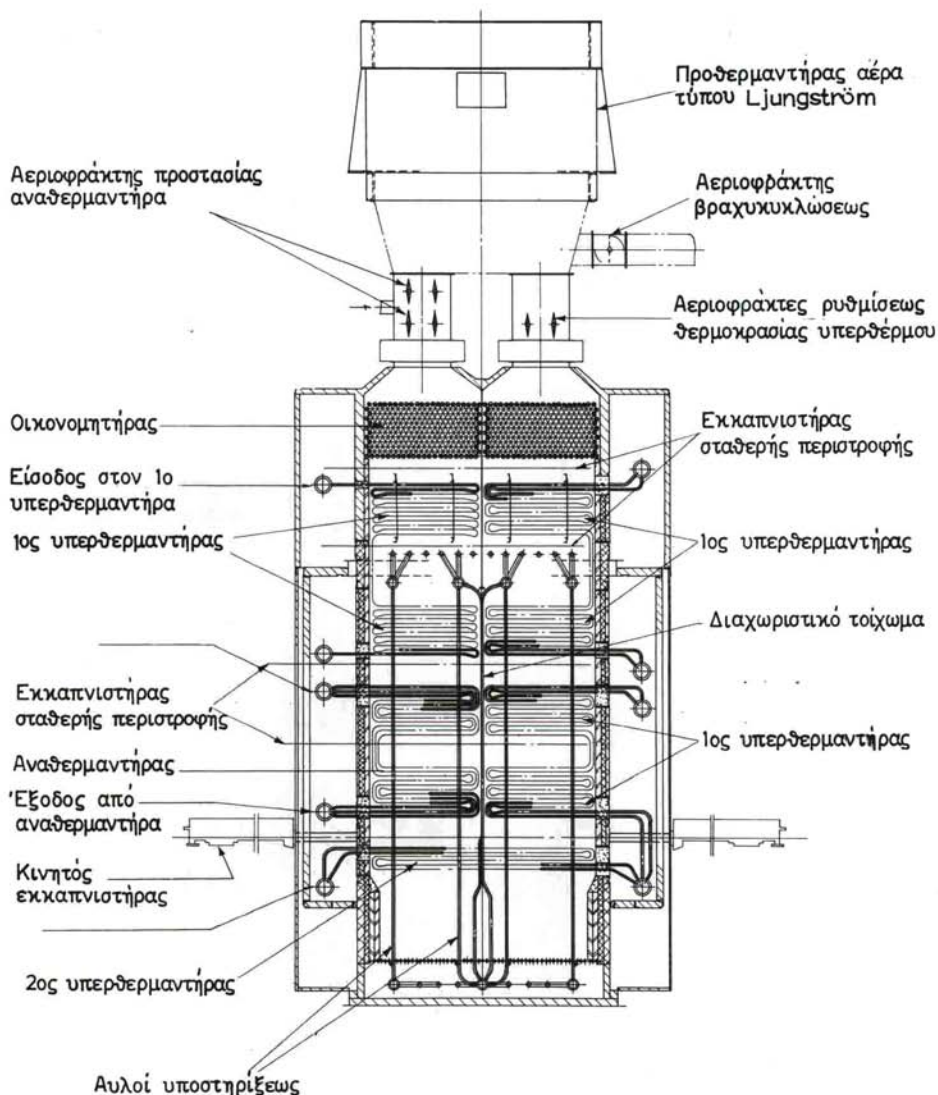
Σχ. 7.7α.
Διάταξη λέβητα UFG με αφυπερθερμαντήρα.



Σχ. 7.7β.
Διάταξη λέβητα UFR με αναθερμαντήρα και οικονομητήρα ελέγχου.



Σχ. 7.7γ.
 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες λέβητα UFR (σε εγκάρσια τομή).



Σχ. 7.76.

Κατασκευαστικές λεπτομέρειες λέβητα UFR (σε πλευρική τομή).

Στο σχήμα 7.7ε φαίνεται ο ίδιος λέβητας σε προοπτική τομή.

Τα στοιχεία του λέβητα UFG είναι τα εξής:

- Πίεση ατμού 80 κρ/cm² ή 1140 psig.
- Θερμοκρασία υπέρθερμου 520°C ή 970°F.

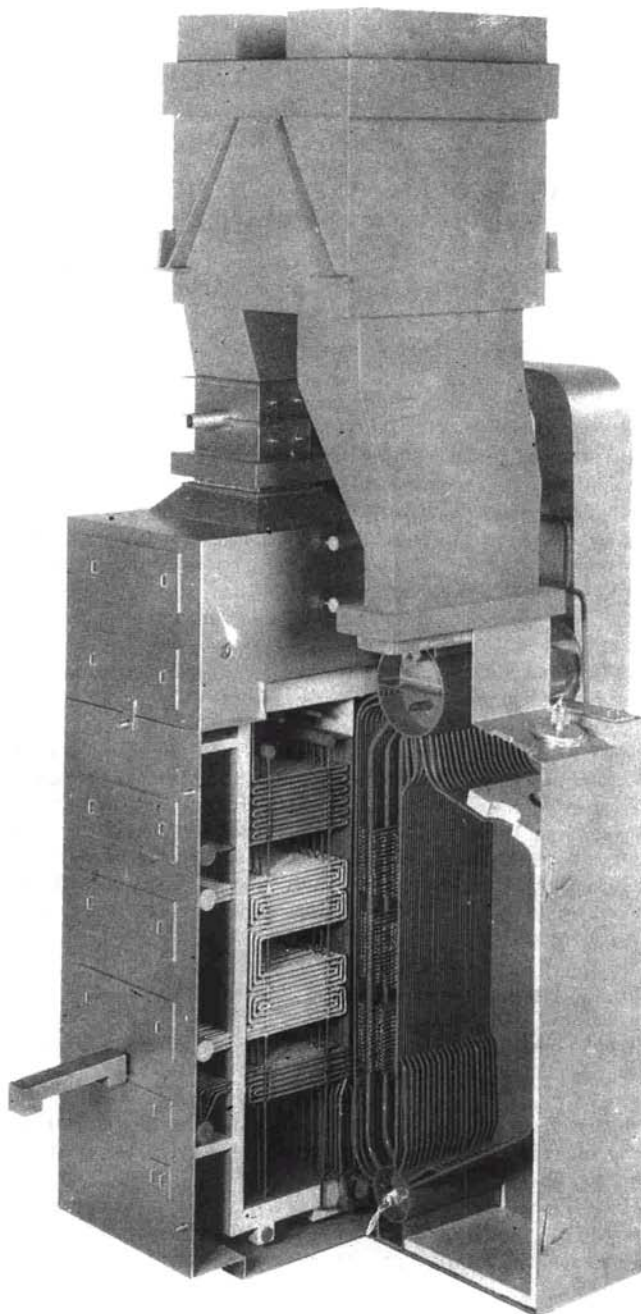
Η οικονομία σε καύσιμο συγκριτικά, με το συμβατικό λέβητα της ίδιας εταιρίας τύπου 60K/510°C, ανέρχεται σε 2-5%.

Τα στοιχεία του λέβητα UFR είναι τα εξής:

- Πίεση ατμού 100 κρ/cm² ή 1420 psig.
- Θερμοκρασία υπέρθερμου 520°C ή 970°F, θερμοκρασία αναθερμάνσεως στην είσοδο του

στροβίλου Μ.Π. 520°C ή 970°F.

Η οικονομία σε καύσιμο συγκριτικά με το συμβατικό λέβητα Kawasaki 60K/510°C ανέρχεται σε 10-14% και οφείλεται στην ύπαρξη του συγκροτήματος αναθερμάνσεως.



Σχ. 7.7ε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΚΑΙ ΛΕΒΗΤΕΣ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΜΕ ΚΑΥΣΑΕΡΙΑ Μ.Ε.Κ.

8.1 Γενικά.

Οι βοηθητικοί λέβητες χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στα πλοία, για την παραγωγή ατμού βοηθητικών χρήσεων.

Αρχικά, κατασκευάζονταν ως γαιανθρακολέβητες, σήμερα όμως στα πλοία χρησιμοποιούνται ως πετρελαιολέβητες.

Οι βοηθητικές χρήσεις του ατμού των λεβήτων αυτών στα πλοία είναι ποικίλες, όπως π.χ. θέρμανση των χώρων του πλοίου, θέρμανση του πετρελαίου μέσα στις δεξαμενές, κίνηση των ατμοηλεκτρικών του πλοίου και των βοηθητικών μηχανημάτων του, ιδίως σε πλοία που κινούνται με Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως κλπ. Ιδιαίτερα στα πλοία αυτά και για λόγους οικονομίας γίνεται χρήση λεβήτων, οι οποίοι για την παραγωγή ατμού χρησιμοποιούν τη θερμότητα των καυσαερίων της κύριας Μηχανής Εσωτερικής Καύσεως. Οι παραπάνω λέβητες συχνά μπορούν παράλληλα προς τη χρησιμοποίηση των καυσαερίων να καίνε και αυτούσιο πετρέλαιο που εγχέεται από καυστήρα, είτε ανεξάρτητα από τα καυσαέρια είτε σε συνδυασμό με αυτά.

Σε μερικά πλοία εξάλλου συναντάται και ο τύπος βοηθητικού λέβητα με ατμό, ο οποίος παράγει ατμό χαμηλής πίεσεως και χρησιμοποιεί την παρεχόμενη σ' αυτόν θερμότητα από ατμό υψηλής πίεσεως.

Μία άλλη τέλος μορφή βοηθητικών λεβήτων είναι οι ηλεκτρικοί λέβητες. Αυτοί χρησιμοποιούν ως πηγή θερμότητας ηλεκτρική ενέργεια, η οποία τους παρέχεται από ηλεκτρικές αντιστάσεις. Η χρήση τους είναι σπάνια σε Ναυτικές Εγκαταστάσεις και δεν θα ασχοληθούμε με αυτούς εδώ.

Οι βοηθητικοί λέβητες γενικά κατασκευάζονται ως φλογαυλωτοί ή υδραυλωτοί, όρθιοι ή οριζόντιοι τύπου, και συνήθως εφοδιάζονται με πλήρη αυτόματη διάταξη της λειτουργίας τους.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές ορισμένους βοηθητικούς λέβητες, οι οποίοι και θεωρούνται οι περισσότερο αντιπροσωπευτικοί και καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποίησης στις σύγχρονες εγκαταστάσεις των πλοίων.

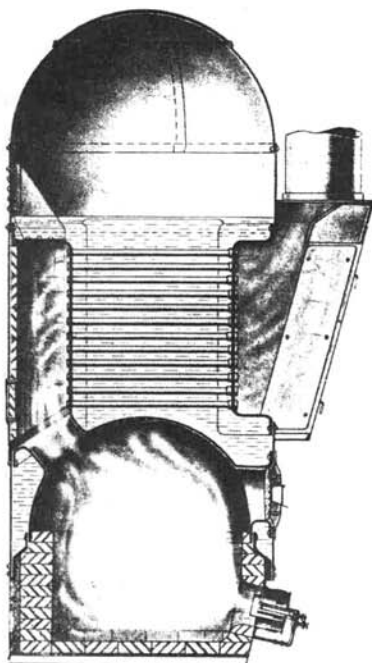
8.2 Κάθετος φλογαυλωτός λέβητας επιστρέφουσας φλόγας τύπου Cochran.

Ο λέβητας αυτός είναι από τους πιο διαδομένους και κατασκευάζεται σήμερα συνήθως ως πετρελαιολέβητας (σχ. 8.2α). Είναι ως προς τα κύρια χαρακτηριστικά του κάθετος λέβητας επιστρέφουσας φλόγας.

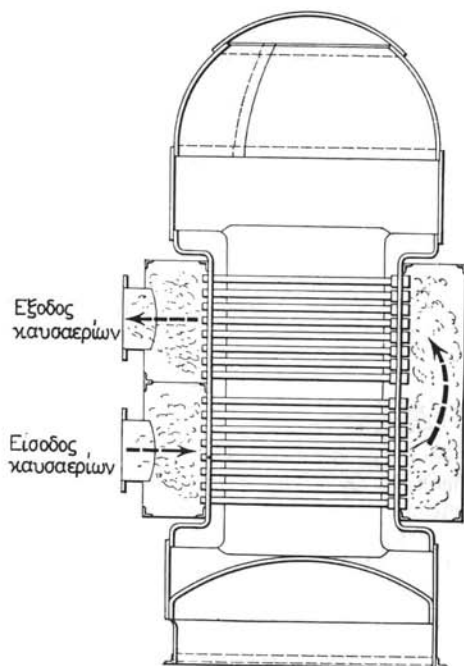
Αποτελείται από το κυλινδρικό κέλυφος και το σφαιροειδή ατμοθάλαμο. Στο κατώτερο μέρος του υπάρχει η εστία με τον καυστήρα πετρελαίου και τον κώνο αέρα. Η σφαιροειδής εστία μαζί με το φλογοθάλαμο σχηματίζουν αρκετό χώρο για μια τέλεια καύση.

Τα καυσαέρια οδεύουν από την εστία προς το φλογοθάλαμο. Εκεί αλλάζουν κατεύθυνση και εισέρχονται στους αεριαλούς, ατμοποιούν το νερό και τέλος εξέρχονται προς τον καπνοθάλαμο και ανεβαίνουν προς την καπνοδόχο. Παρατηρούμε ότι οι αυλοί είναι ευθείς και εκτονώνονται πάνω στις αυλοφόρες πλάκες.

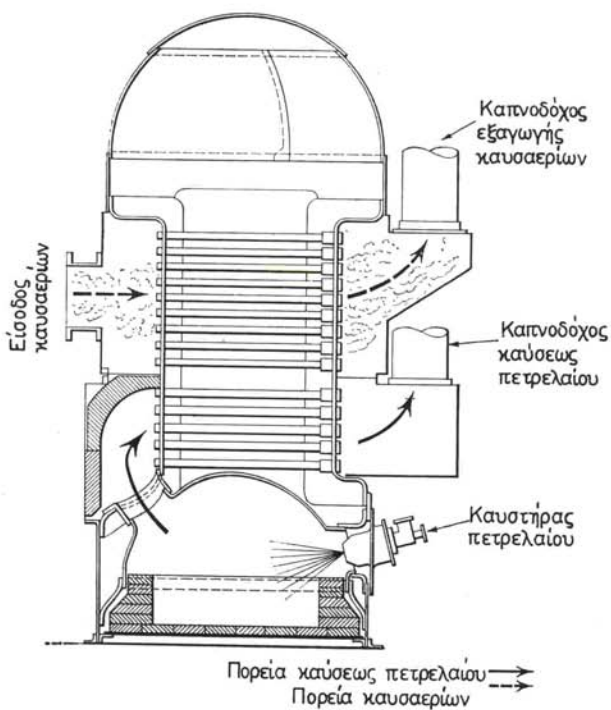
Μπροστά από τον καπνοθάλαμο υπάρχουν οι αυλόθυρες, οι οποίες ανοίγονται για να γίνει ο εκκλιση των αυλών και των άλλων μερών του λέβητα.



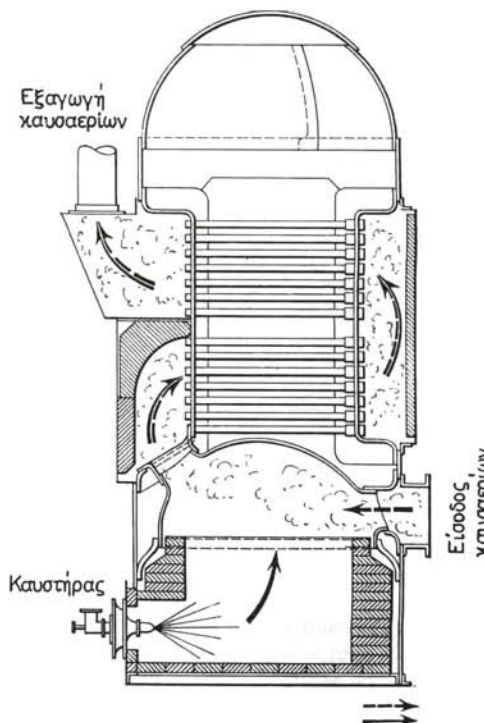
Σχ. 8.2α.



Σχ. 8.2β.



Σχ. 8.2γ.



Σχ. 8.2δ.

Ο λέβητας Cochran δίνει ατμό πίεσεως 8-10 kp/cm^2 περίπου.

Ο παραπάνω λέβητας βρίσκει μεγάλη εφαρμογή και ως λέβητας που λειτουργεί με καυσαέρια Μ.Ε.Κ. (σχ. 8.2β).

Το σχήμα 8.2γ δείχνει τη χρήση του ως σύνθετου λέβητα για πετρέλαιο και καυσαέρια. Διακρίνεται η ύπαρξη δύο χωριστών καπνοδόχων.

Τέλος το σχήμα 8.2δ δείχνει το λέβητα για μικτή χρήση, εργάζεται δηλαδή με καυσαέρια της Μ.Ε.Κ., τα οποία αναμιγνύονται με καυσαέρια που προέρχονται από την καύση πετρελαίου.

Και στα τρία προηγούμενα σχέδια, τα μαύρα βέλη δείχνουν την πορεία των αερίων, που παράγονται από τη χρήση του πετρελαίου και τα διακοπτόμενα την πορεία των καυσαερίων που προέρχονται από τη Μ.Ε.Κ.

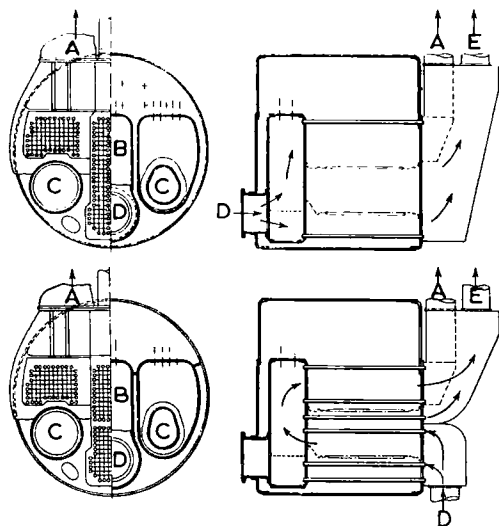
8.3 Σύνθετος κυλινδρικός λέβητας για καύση πετρελαίου και χρήση καυσαερίων.

Εικονίζεται στο σχήμα 8.3 σε δύο μορφές, απλής διαδρομής καυσαερίων επάνω και διπλής διαδρομής κάτω.

Είναι κατασκευασμένος, ώστε να μπορεί να καίει πετρέλαιο στους δύο ακραίους κλίβανους, ενώ από τον μεσαίο περνούν τα ζεστά καυσαέρια της μηχανής. Τα καυσαέρια αυτά εισέρχονται από τον πυθμένα του λέβητα από τον οχετό D και εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα από τον οχετό E, αφού πρώτα περάσουν διαμέσου των αυλών.

Όπως φαίνεται στην αριστερή όψη, μεσαίος κλίβανος B δεν υπάρχει γιατί αυτός έχει αντικατασταθεί από φλογαυλούς.

Οι άλλοι δύο κλίβανοι C λειτουργούν κανονικά με πετρέλαιο και βγάζουν τα καυσαέρια από τον οχετό A.



Σχ. 8.3.

8.4 Λέβητας τύπου Spanner.

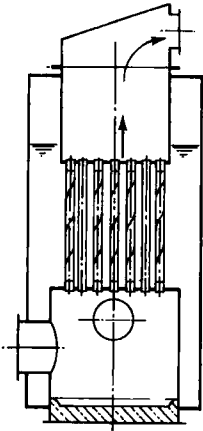
Ο αγγλικός οίκος Spanner έχει ειδικευθεί στην κατασκευή βοηθητικών λέβητων χρήσεως εγκαταστάσεων ξηράς ή πλοίων σε διάφορους τύπους, όπως οι λέβητες Swirlγφο, Swirlγραc, κυλινδρικοί επιστρέφουσας φλόγας, ευθείας φλόγας, κάθετου τύπου, καθοδικής ροής καυσαερίων και συνθέτων για χρήση πετρελαίου και εκμετάλλευση των καυσαερίων των Μ.Ε.Κ.

Χαρακτηριστικό στους λέβητες αυτούς είναι η κοχλιοειδής κατασκευή των αυλών τους, με την οποία εξασφαλίζεται ο στροβιλισμός των καυσαερίων μέσα σε αυτούς και η πλήρης επαφή τους με το

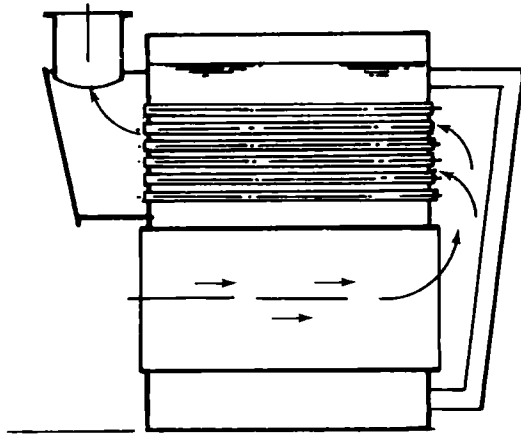
μέταλλο του αυλού, με αποτέλεσμα βελτιωμένη μετάδοση της θερμότητας.

Άλλο χαρακτηριστικό των λεβήτων αυτών είναι η συνολική συγκολλητή κατασκευή τους και η πλήρης αυτόματη διάταξη λειτουργίας τους, η οποία γενικά δε διαφέρει από τη λειτουργία των γνωστών φλογαυλωτών λεβήτων κάθετου ή οριζόντιου τύπου.

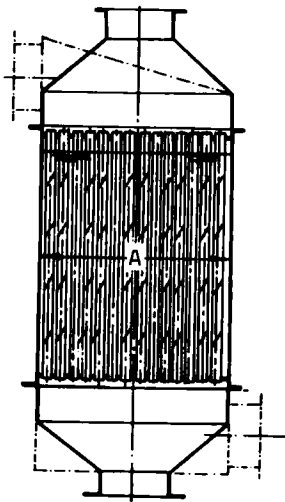
Στο σχήμα 8.4α φαίνεται λέβητας Swirlglio κάθετου τύπου, ενώ στο σχήμα 8.4β οριζόντιου τύπου ο οποίος ονομάζεται «Horizontal dry back boiler».



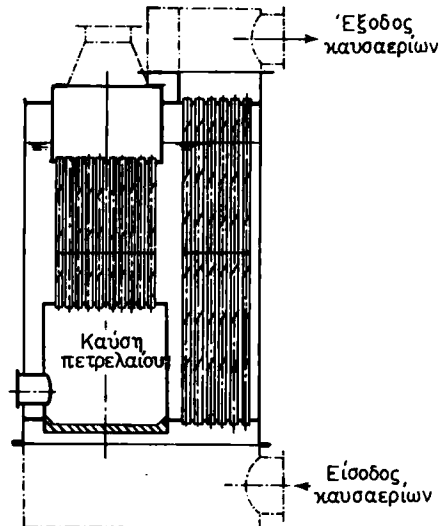
Σχ. 8.4α.



Σχ. 8.4β.



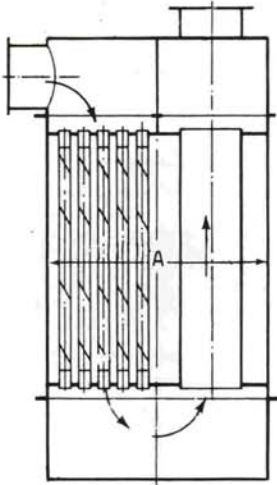
Σχ. 8.4γ.



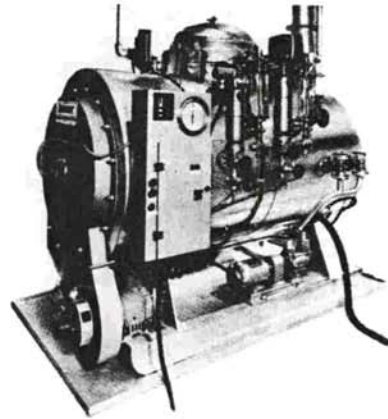
Σχ. 8.4δ.

Στο σχήμα 8.4γ παριστάνεται η τυπική μορφή σιγαστήρα ο οποίος χρησιμοποιείται ως εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ καυσαερίων Μ.Ε.Κ. και νερού προς παραγωγή θερμού νερού ή ατμού για βοηθητικές χρήσεις.

Στο σχήμα 8.4δ εικονίζεται σύνθετος λέβητας για χρήση πετρελαίου και καυσαερίων, ενώ στο σχήμα 8.4ε λέβητας καθοδικής ροής καυσαερίων, τα οποία προέρχονται από δίχρονη μηχανή με υπερτροφοδότηση.



Σχ. 8.4ε.



Σχ. 8.4στ.

Τέλος, στο σχήμα 8.4στ φαίνεται λέβητας Swirlpac με όλα τα όργανα της αυτόματης λειτουργίας του. Οι λέβητες Spranper παρέχουν ατμό πίεσεως από 7 μέχρι 19 bar, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθός τους.

8.5 Λέβητας τύπου Steambloc της B & W.

Ο λέβητας αυτός είναι φλογαυλωτός οριζώντιου τύπου (Horizontal dry back) συγκολλητής στο σύνολό του κατασκευής (σχ. 8.5). Φέρει ένα κεντρικό κυματοειδή κλίβανο, όπου γίνεται η καύση του πετρελαίου. Από αυτόν τα καυσάερια πραγματοποιούν δύο ακόμη διαδρομές, πρώτα μέσω μιας ομάδας αυλών που βρίσκονται κάτω από τον κλίβανο, και στη συνέχεια από δύο πλευρικές ομάδες αυλών που βρίσκονται και στις δύο πλευρές του και από εκεί εξέρχονται προς την καπνοδόχο. Τα μέρη του φαίνονται καθαρά στο σχήμα 8.5.

8.6 Λέβητας τύπου M-11 της Babcock.

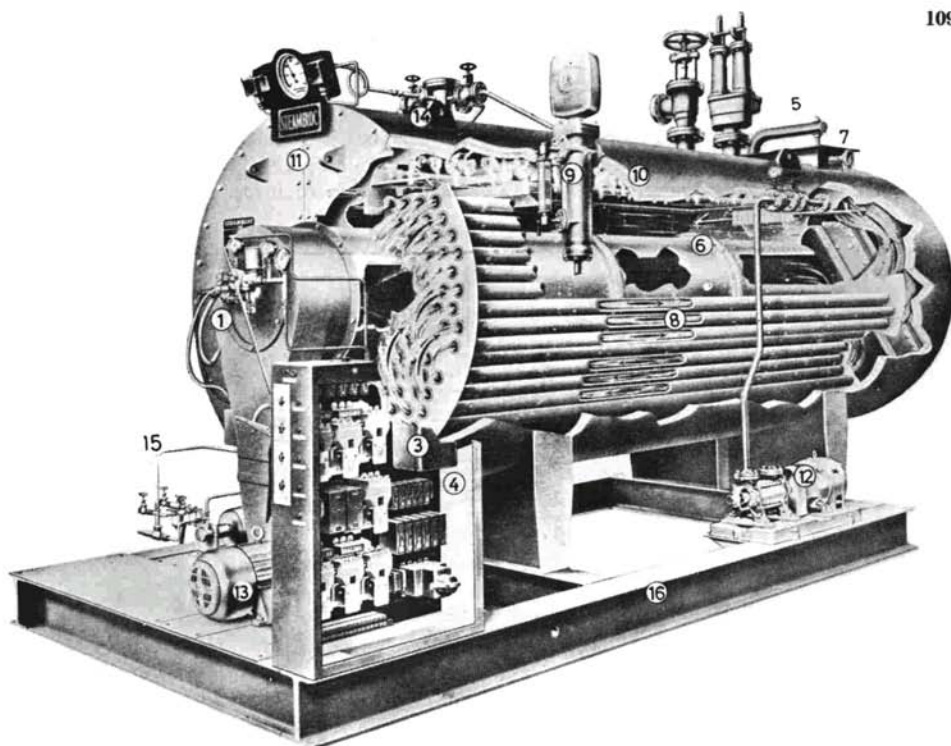
Ο υδραυλωτός λέβητας τύπου M-11 σχεδιάστηκε ειδικά για βοηθητικούς σκοπούς (εξάντληση φορτίου, θέρμανση φορτίου, καθαρισμός δεξαμενών κλπ.) ιδιαίτερα για μεγάλα πετρελαιοφόρα (σχ. 8.6α).

Είναι ισχυρή, απλή και συμπαγής μονάδα με πίεση λειτουργίας πάνω από 150 psi και ατμοπαραγωγή από 11 t/h ως 50 t/h. Οι αυλοί του λέβητα είναι τοποθετημένοι με παράλληλη διάταξη, η οποία διευκολύνει την επιθεώρηση και αυξάνει την απόδοση των εκκαπνιστών. Τα πλευρικά, τα της οροφής, τα οπίσθια και σε ορισμένες περιπτώσεις τα εμπρόσθια τοιχώματα της εστίας αποτελούνται από υδρότοιχους που υποστηρίζονται από αλεξίπτωρη πλινθόκτιση.

Ο λέβητας τύπου M-11 είναι σύγχρονη εξέλιξη με βάση τα παραδεκτά χαρακτηριστικά των ναυτικών λεβήτων B & W, αλλά διατηρεί και τα καθιερωμένα χαρακτηριστικά. Έχει ένα πλήρες διπλό περιβλήμα συγκολλητής κατασκευής, οι αυλοί κυκλοφορίας του δε θερμαίνονται και οι κυκλωνικοί αποχωριστές ατμού στον ατμοθάλαμο βελτιώνουν την κυκλοφορία, μειώνουν τον κίνδυνο προβολής και δίνουν σταθερή στάθμη νερού ακόμη και κατά τη διάρκεια χειρισμών, ώστε η ρύθμιση τροφοδοσίας να είναι απλοποιημένη.

Όλοι οι αυλοί εισέρχονται στους θάλαμους ακτινικά, και δεν υπάρχουν αυλοί κάτω από την πλινθοδομή του δαπέδου της εστίας. Γι' αυτό η συντήρηση είναι εύκολη.

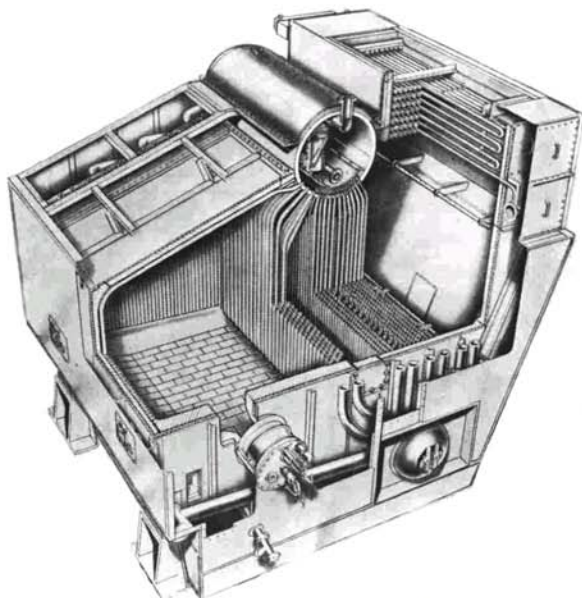
Ο λέβητας M-11 είναι κατάλληλος για την εξάντληση φορτίου από μεγάλα πετρελαιοφόρα όπου



Σχ. 8.5.

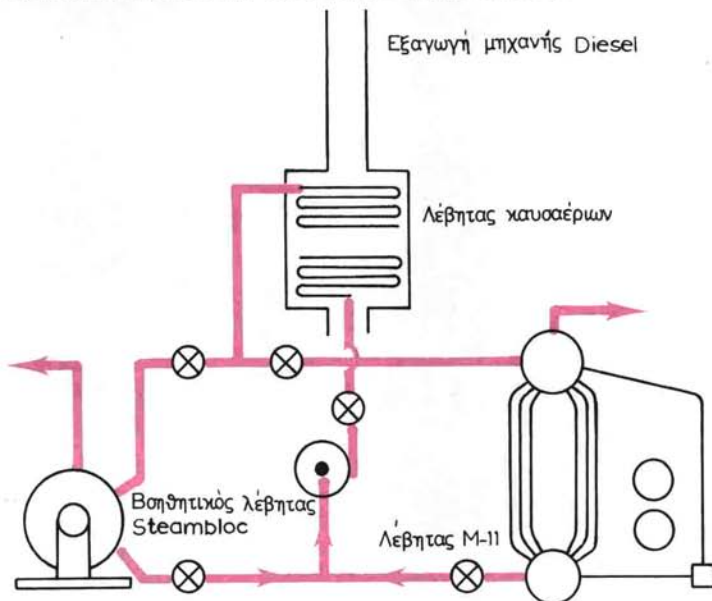
Λέβητας τύπου Steamboiler της B & W.

- 1) Καυστήρας. 2) Ρυθμιστής πίεσης. 3) Ελεγκτής φλόγας. 4) Πίνακας ελέγχου λειτουργίας, εξοπλισμένος με ηλεκτρονικά και ηλεκτρομηχανικά συστήματα. 5) Οπίσθιο κάλυμμα που φέρεται πάνω σε γερανό για ευκολία αφαίρεσης. 6) Καπνοθάλαμος. 7) Έξοδος καυσαερίων. 8) Ο λέβητας τριών διαδρομών. 9) Αυτόματος ρυθμιστής στάθμης. 10) Θερμομόνωση του λέβητα. 11) Εμπρόσθιο διαιρούμενο κάλυμμα. 12) Τροφοδοτική αντλία. 13) Ανεμιστήρας τεχνητού ελκυσμού (καταθλιπτικού). 14) Λαβή ανυψώσεως. 15) Αντλία και θερμαντήρας πετρελαίου. 16) Βάση του όλου λέβητα.

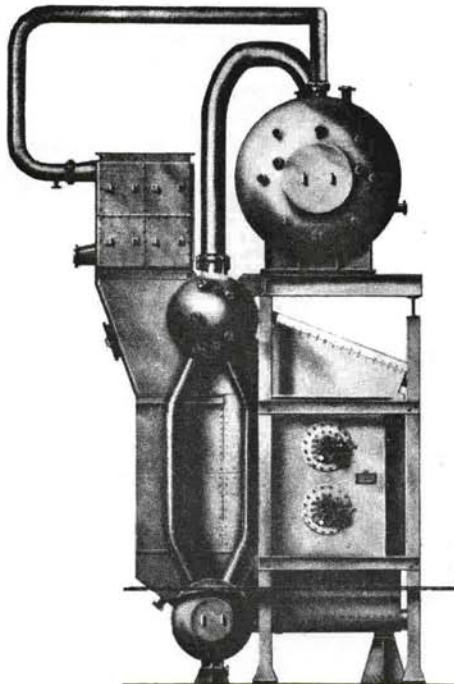


Σχ. 8.6α.

περιοδικά υπάρχει ζήτηση μεγάλων ποσοτήτων ατμού, και ως μέρος ενός ολοκληρωτικού βοηθητικού συστήματος ατμού, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει ένα λέβητα που θερμαίνεται με καυσαέρια της Ντήζελ και ένα βοηθητικό φλογαυλωτό λέβητα πετρελαίου. Ένα τυπικό σύστημα αυτού του είδους φαίνεται στο σχήμα 8.6β. Ο λέβητας εξαντλήσεως φορτίου τύπου M-11 είναι εφοδιασμένος με καυστήρες μεγάλης διαβαθμίσεως παροχής και αυτόματο έλεγχο καύσεως.

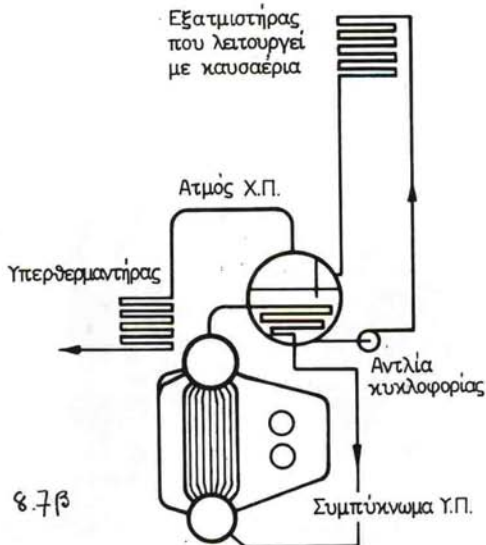


Σχ. 8.6β.



Σχ. 8.7α.

Λέβητας M-11-M της Babcock.



8.7β

Σχ. 8.7β.

8.7 Λέβητας M-11-M της Babcock (σχ. 8.7α).

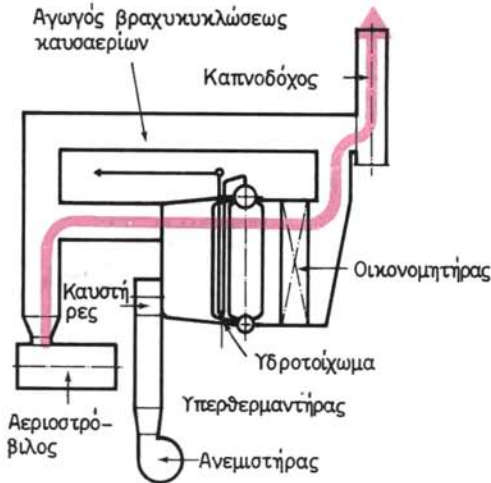
Αυτός είναι λέβητας διττής πίεσεως. Φέρει πρόσθετο ατμοθάλαμο μέσα στον οποίο παράγεται ατμός Χ.Π. με θέρμανση από τον ατμό του κύριου ατμοθάλαμου σύμφωνα με το διάγραμμα του σχήματος 8.7β.

Διαθέτει εξατμιστήρα που λειτουργεί με καυσαέρια και είναι τύπου πολλαπλού βρόχου και υπερθερμαντήρα για υπερθέρμανση μέχρι 380°C.

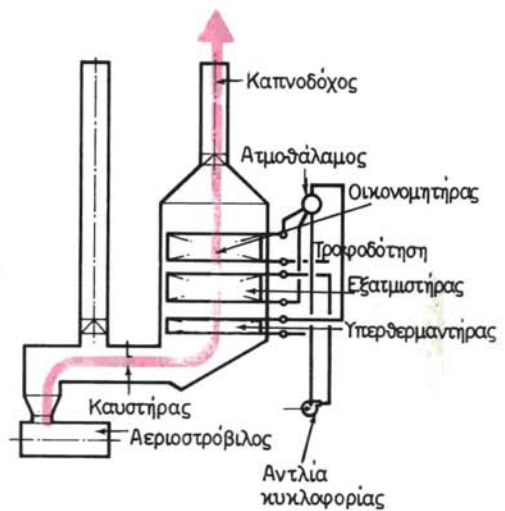
8.8 Λέβητες Babcock που λειτουργούν με καυσαέρια αεριοστρόβιλου.

Ο οίκος Babcock έχει σχεδιάσει μία σειρά από λέβητες κατάλληλους για εκμετάλλευση των καυσαερίων του αεριοστρόβιλου, με φυσική ή τεχνητή κυκλοφορία νερού.

Στο σχήμα 8.8α φαίνεται η διάταξη για λέβητα φυσικής κυκλοφορίας και στο σχήμα 8.8β για λέβητα αναγκαστικής κυκλοφορίας.



Σχ. 8.8α.



Σχ. 8.8β.

8.9 Λέβητες βοηθητικών χρήσεων κατασκευής Foster & Wheeler.

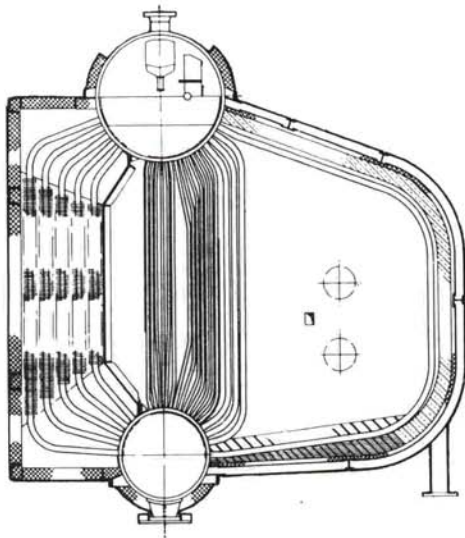
Ο οίκος Foster & Wheeler παράγει βοηθητικούς λέβητες παράλληλα με τη βασική γραμμή παραγωγής των κυρίων λεβήτων, που χρησιμοποιούνται για την πρόωση. Από αυτούς θα αναφέρουμε παρακάτω τους πιο αντιπροσωπευτικούς.

Στο σχήμα 8.9α παριστάνεται τυπική μορφή βοηθητικού λέβητα F. & W. τύπου D₄. Είναι κατάλληλος για πιέσεις μέχρι και 31 bar και ατμοπαραγωγή μέχρις 28 t/h.

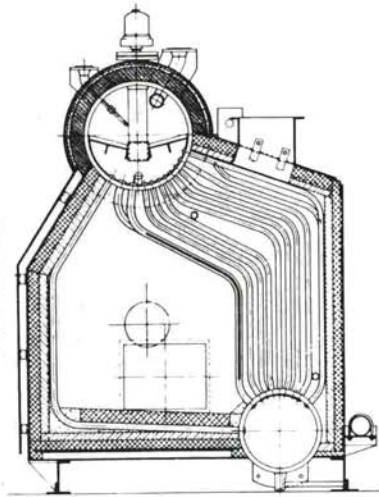
Στο σχήμα 8.9β φαίνεται βοηθητικός λέβητας F & W διπλής χρήσεως πετρελαίου και καυσαερίων. Στην αριστερή εστία καίγεται πετρέλαιο, ενώ στην δεξιά εισέρχονται τα καυσαέρια της Μ.Ε.Κ. Οι αυλοί που θερμαίνονται με τα καυσαέρια είναι περυγωτοί, για να αυξάνεται η επιφάνειά τους και να απορροφάται το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας των καυσαερίων.

Στο σχήμα 8.9γ παριστάνεται ο εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων, ο οποίος χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με βοηθητικό λέβητα Foster & Wheeler σε διάταξη φυσικής κυκλοφορίας (σχ. 8.9δ) και τεχνητής (σχ. 8.9ε).

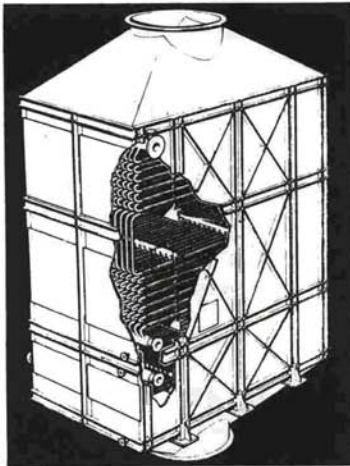
Στο σχήμα 8.9στ παριστάνεται λέβητας F & W διττής πίεσεως. Χρησιμοποιείται στα νηζελοκίνητα πλοία, όπου δεν υπάρχει δυνατότητα παραγωγής άφθονου τροφοδοτικού νερού και η τροφοδότηση των λεβήτων με πίσσιμο νερό δε συνιστάται.



Σχ. 8.9α.

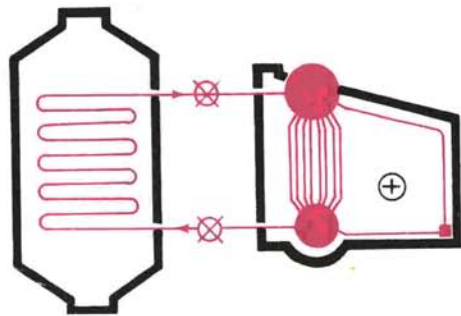


Σχ. 8.9β.

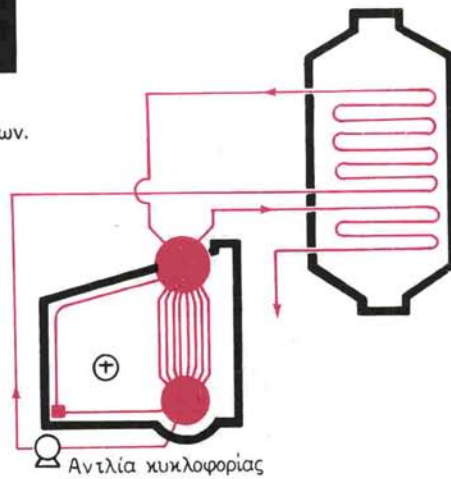


Σχ. 8.9γ.

Εναλλάκτης θερμότητας καυσαερίων.



Σχ. 8.9δ.

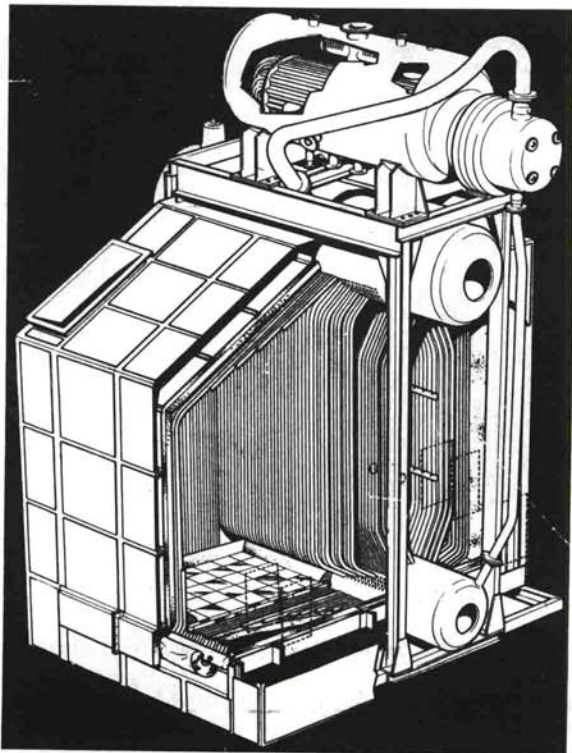


Σχ. 8.9ε.

Αντλία κυκλοφορίας

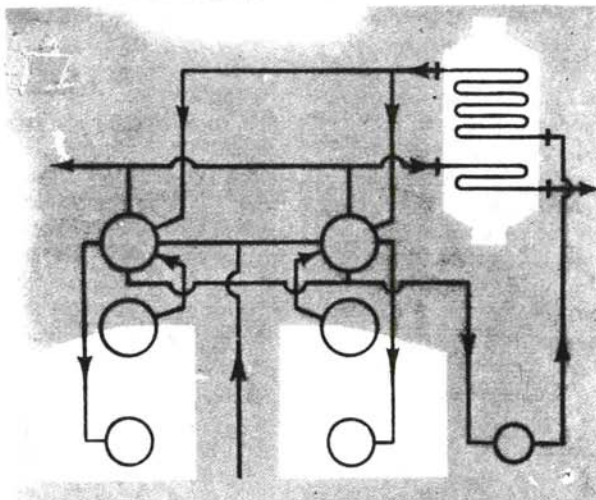
Ο λέβητας αυτός είναι συνηθισμένου τύπου «D» με πίεση λειτουργίας 82 bar και εργάζεται με αποσταγμένο νερό. Ο παραγόμενος ατμός υψηλής πίεσης χρησιμοποιείται ως θερμαντικό μέσο μέσα σε δεύτερο ατμοϋδροθάλαμο, που είναι εγκαταστημένος πάνω από τον κύριο ατμοθάλαμο, και μέσα στον οποίο βρίσκεται ένας συνήθους τύπου εναλλάκτης θερμότητας με αυλούς. Ο δεύτερος αυτός ατμοϋδροθάλαμος τροφοδοτείται με πόσιμο νερό και παράγει ατμό χαμηλής πίεσης 10,3 bar για τις ανάγκες του πλοίου. Ο ατμός Υ.Π. υγροποιείται κατά τη διέλευσή του εσωτερικά των αυλών του εναλλάκτη και ως συμπύκνωμα πλέον, ρέει και επανατροφοδοτεί τον κυρίως λέβητα με αποσταγμένο νερό στο κλειστό κύκλωμα.

Οι λέβητες διπλής πίεσης εργάζονται και σε συνδυασμό με χρήση καυσαερίων, όπως στο σχήμα 8.9ζ, όπου εικονίζονται δύο από αυτούς οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα μεταξύ τους με εναλλακτήρα θερμότητας καυσαερίων.



Σχ. 8.9στ.

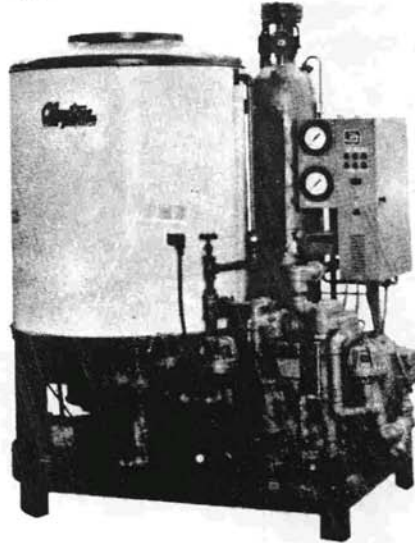
Σχ. 8.9ζ.



8.10 Βοηθητικός λέβητας ελεγχόμενης κυκλοφορίας τύπου Clayton.

Ο λέβητας Clayton (σχ. 8.10α) ανήκει στην κατηγορία των υδραυλωτών λεβήτων ελεγχόμενης κυκλοφορίας. Διαθέτει πλήρες σύστημα αυτόματου ελέγχου και φέρεται πάνω σε χαλύβδινη βάση έτοιμος για σύνδεση και λειτουργία.

Πλεονεκτεί αισθητά από τους φλογαυλωτούς, κυρίως βοηθητικούς λέβητες, γιατί είναι ελαφρότερος κατά 75% περίπου και μικρότερου αντίστοιχα όγκου (καταλαμβάνει το 1/4 περίπου του όγκου τους). Έχει πολύ υψηλή απόδοση και γι' αυτό είναι οικονομικός, ατμοποιεί πάρα πολύ γρήγορα, μέσα σε 3 λεπτά περίπου από την εκκίνησή του, και ανταποκρίνεται πάρα πολύ γρήγορα στις μεταβολές απαιτήσεων της ατμοπαραγωγής.



Σχ. 8.10α.

Κατασκευάζεται σε πολλούς τύπους και μεγέθη, από 200 ως 250 kg/h παραγωγή ατμού και από 4 bar ως 14 bar πίεση.

- Χρησιμοποιεί ως καύσιμο αέριο, ελαφρό, μέσο ή βαρύ πετρέλαιο ή συνδυασμό αερίου και πετρελαίου.

Στο σχήμα 8.10β εικονίζεται η όλη λειτουργία του η οποία έχει ως εξής:

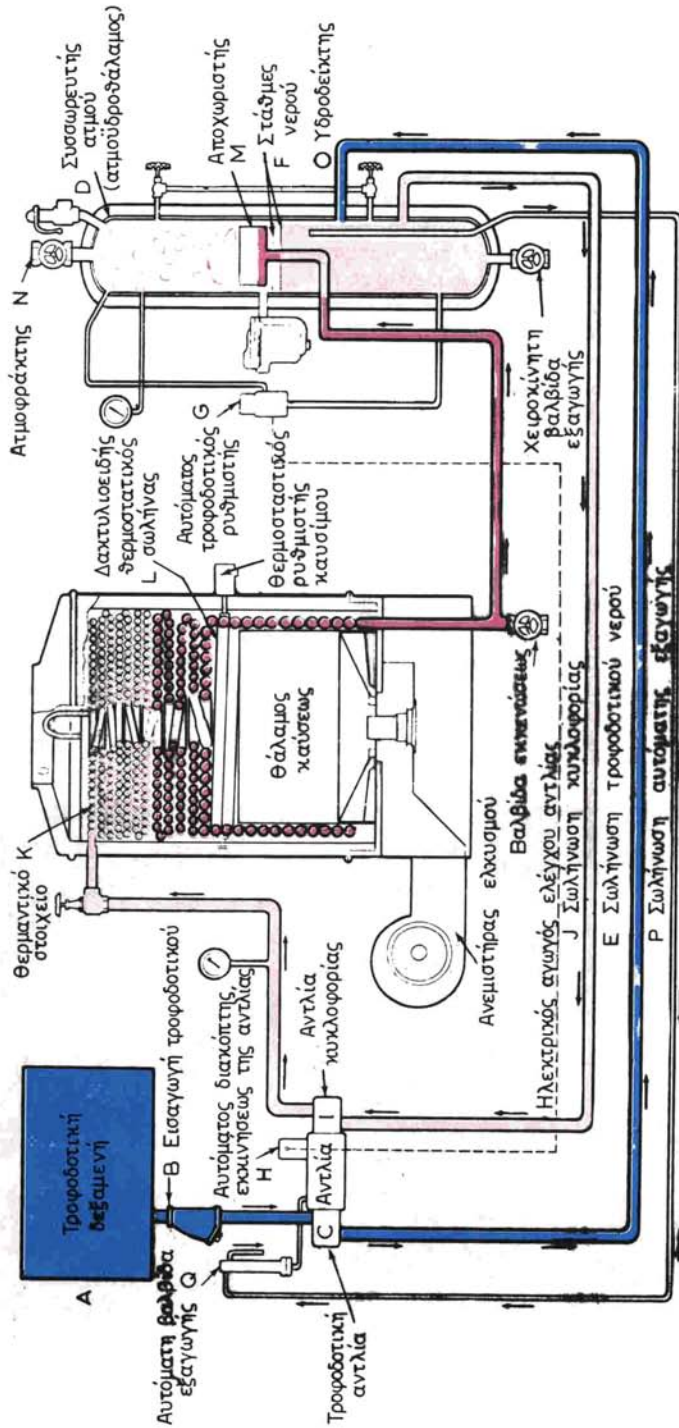
Από τη δεξαμενή Α το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στην εισαγωγή Β της αντλίας τροφοδοτήσεως C μέσω φίλτρου. Από εκεί λόγω στάθμης κατεβαίνει προς την αντλία τροφοδοτήσεως C, η οποία το καταθλίβει με την τροφοδοτική σωλήνωση προς το συσσωρευτή (ατμοϋδροθάλαμο) D.

Η εκκίνηση και κράτηση της αντλίας τροφοδοτήσεως ελέγχεται από το ρυθμιστή στάθμης νερού G σε αντίστοιχία προς τη στάθμη F (υψηλή και χαμηλή όπως στο σχήμα), δηλαδή ανάλογα προς τις απαιτήσεις της ατμοπαραγωγής.

Το νερό από το συσσωρευτή D αναρροφάται από την αντλία κυκλοφορίας I με τη βοήθεια της κυκλοφοριακής σωληνώσεως J και καταθλίβεται στο θερμαντικό στοιχείο K, το οποίο έχει θέση οικονομητήρα. Από το στοιχείο K και με αναγκαστική κυκλοφορία, κατεβαίνει στο κυρίως θερμαντικό ατμογόνο μονοσωλήνιο σπειροειδές στοιχείο σε αντίθετη ροή προς τα ανερχόμενα καυσαέρια.

Κατά την έξοδό του από το σπειροειδές ατμογόνο στοιχείο ο ατμός περνά από το δακτυλιοειδή θερμοστατικό σωλήνα L, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με θερμοστάτη και ελέγχει το καύσιμο προς ρύθμιση της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια οδηγείται στο κατώτερο τμήμα της θερμαινόμενης επιφάνειας, που αποτελεί και το υδροτοίχωμα της εστίας από περιελιγμένο σωλήνα.

Από το υδροτοίχωμα πλέον μεταβαίνει υπό πίεση στον αποχωριστή M μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο.



Σκ. 8.10β.

Παράσταση λειτουργίας του λέβητα Clayton.

Με τη βοήθεια της φυγοκεντρικής ενέργειας του αποχωριστικού ακροφυσίου Μ ο ξηρός ατμός αποχωρίζεται και παραλαμβάνεται από τον ατμοφράκτη Ν και οδηγείται προς την κατανάλωση. Το υγρό που προέρχεται από αυτόν συγκεντρώνεται στο κατώτερο τμήμα του υδροθάλαμου.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας το εισερχόμενο τροφοδοτικό νερό υποβάλλεται σε απότομη ύψωση της θερμοκρασίας του, εξαιτίας της οποίας υποβοηθείται η κατακρήμνιση των διαλυμένων αλάτων. Αυτά καθιζάνουν προς τον πυθμένα και εξαγονται στο τέλος της λειτουργίας από τη βαλβίδα εκκενώσεως.

Κατά τη λειτουργία η συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών ουσιών πραγματοποιείται αυτόματα από τη διάταξη αυτόματης εξαγωγής. Ο εξαφριστικός σωλήνας οδηγεί το υψηλής συγκεντρώσεως υγρό διαμέσου του σωλήνα εξαγωγής Ρ προς την αυτόματη βαλβίδα εξαγωγής Q.

Κατά την περίοδο της τροφοδοτήσεως η βαλβίδα Q ενεργοποιείται από την αντλία τροφοδοτήσεως C. Η ρυθμιζόμενη βαλβίδα Q καταθλίβει έξω από το κύκλωμα την επιθυμητή ποσότητα νερού υψηλής συγκεντρώσεως αλάτων, το οποίο έτσι ρυθμίζεται αυτόματα κατ' αναλογία προς την ποσότητα τροφοδοτικού νερού, που εισέρχεται στο κύκλωμα.

Ο λέβητας διαθέτει πάρα πολλές ασφαλιστικές διατάξεις και ενδεικτικές λυχνίες για τον έλεγχο της κανονικής λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων και εξαρτημάτων ελέγχου της.

8.11 Ατμογεννήτρια χαμηλής πίεσεως με ατμό (Steam/Steam Generator).

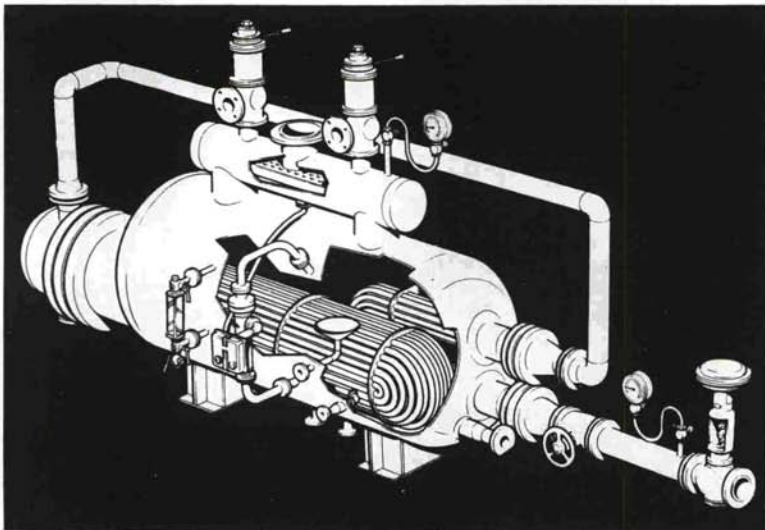
Είναι εναλλακτήρας θερμότητας ο οποίος παράγει ατμό ανάλογα με το μέγεθός του από 400 ως 40000 kg/h σε πιέσεις 3,40 ως 17 bar (σχήματα 8.11α και 8.11β).

Ως μέσο θερμάνσεως χρησιμοποιεί ατμό υψηλής πίεσεως κορεσμένο ή υπέρθερμο.

Στο σχήμα 8.11β φαίνεται διαγραμματικά μονάδα μεσαίου μεγέθους, εφοδιασμένη με αφυπερθερμαντήρα για υπέρθερμο υψηλής θερμοκρασίας και δύο ψυκτήρες υγρών που χρησιμοποιούνται και ως προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού για μεγαλύτερη απόδοση.

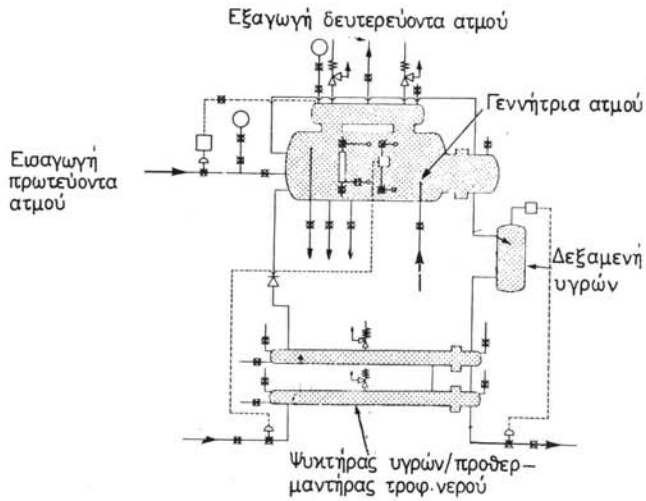
Η μονάδα είναι εφοδιασμένη με όλα τα αναγκαία εξαρτήματα και όργανα ελέγχου της λειτουργίας της.

Στο σχήμα 8.11γ φαίνεται η διάταξη ατμογεννήτριας με ατμό ενός πετρελαιοφόρου πλοίου.

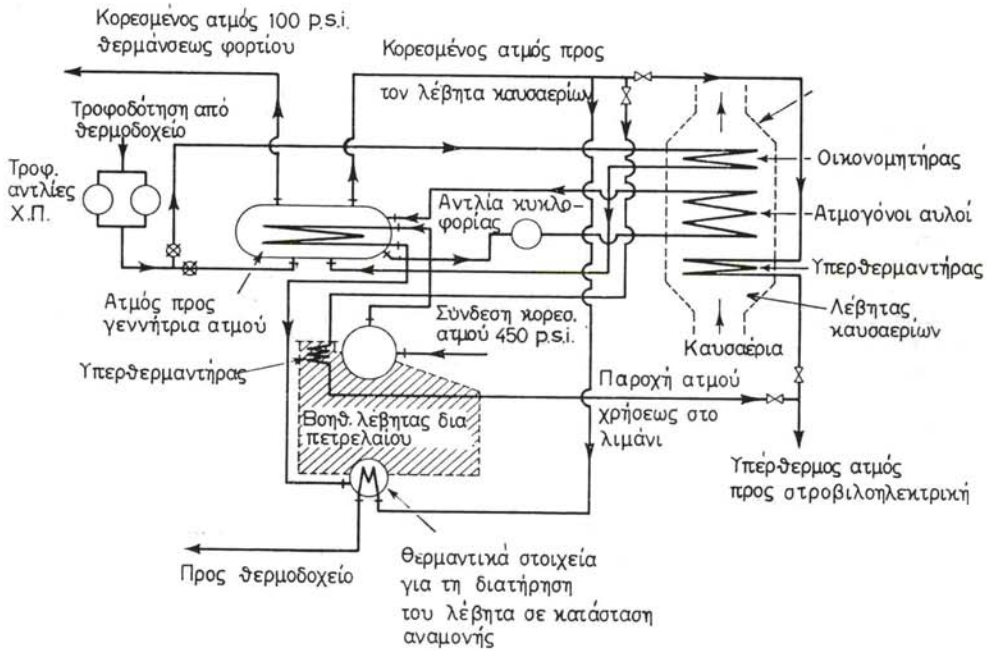


Σχ.8.11α.

Ατμογεννήτρια χαμηλής πίεσεως με ατμό.



Σχ. 8.11β.



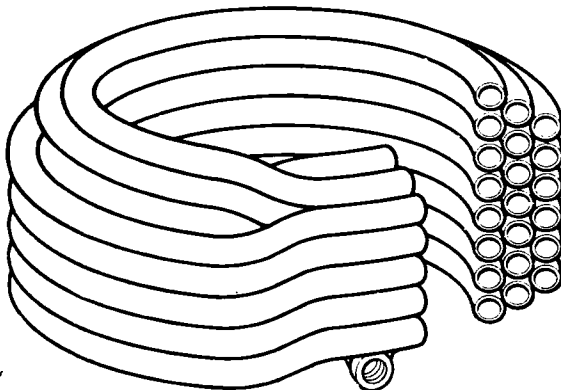
Σχ. 8.11 γ.

Τυπική διάταξη και ατμοπαραγωγή ατμογεννήτριας με ατμό.

8.12 Λέβητας βοηθητικών χρήσεων τύπου Stone-Vapor.

Είναι λέβητας «εφ' άπαξ αναγκαστικής κυκλοφορίας» (once through) με αυτόματο έλεγχο λειτουργίας. Η ατμοπαραγωγική του επιφάνεια αποτελείται από στοιχεία σε σπειροειδή διάταξη, όπως φαίνονται στο σχήμα 8.12α.

Στο σχήμα 8.12β παριστάνονται τα μέρη της όλης εγκαταστάσεως και το διάγραμμα λειτουργίας της.



8.12α

Σχ. 8.12α.

Η ατμοπαραγωγική επιφάνεια λέβητα τύπου Stone-Vapor.

8.13 Λέβητας Dieselcon με καυσάερια.

Ο λέβητας Dieselcon χρησιμοποιεί τα καυσάερια μιας μηχανής Ντήζελ για την παραγωγή ατμού. Ο ατμός χρησιμοποιείται είτε για την κάλυψη των αναγκών του πλοίου είτε για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Ένα τυπικό διάγραμμα ροής του λέβητα φαίνεται στο σχήμα 8.13α. Ο λέβητας Dieselcon είναι λέβητας τεχνητής κυκλοφορίας, υδραυλωτός και χρησιμοποιεί αυλούς με πτερύγια (σχ. 8.13β) για να εκμεταλλευθεί επωφελώς τη θερμότητα των καυσαερίων. Το ακριβές σχήμα των πτερυγίων των αυλών διαφέρει από λέβητα σε λέβητα.

Μερικές φορές τοποθετείται ένας ξεχωριστός ατμοϋδροθάλαμος, αλλά συνήθως ως δεξαμενή εναποθηκεύσεως ατμού χρησιμοποιείται ο ατμοϋδροθάλαμος του βοηθητικού λέβητα.

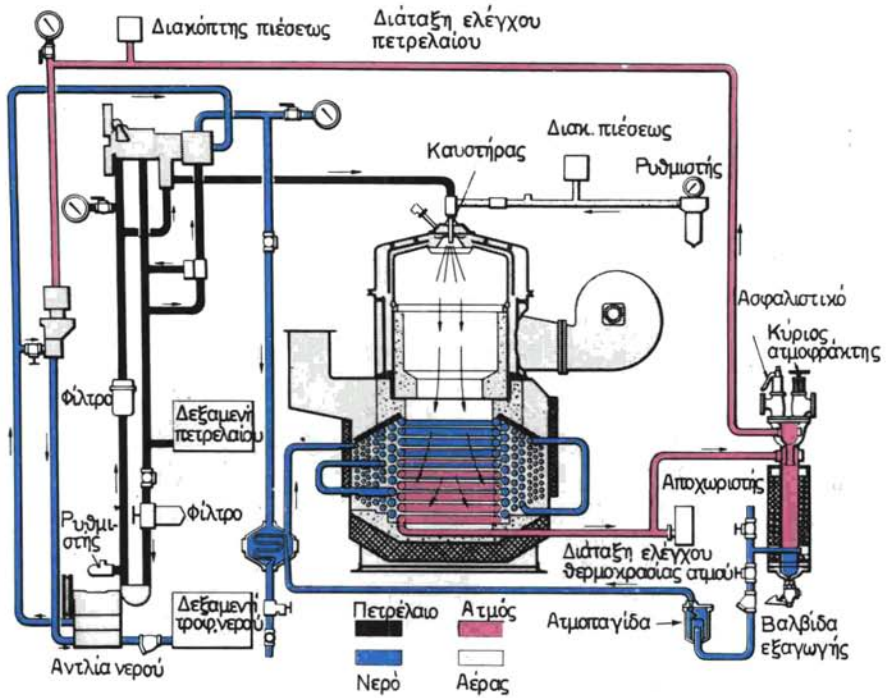
Από αυτή τη δεξαμενή ο κορεσμένος ατμός οδηγείται προς τις διάφορες καταναλώσεις του πλοίου και προς τον υπερθερμαντήρα που αποτελεί τμήμα του λέβητα με καυσάερια Dieselcon.

Στο σχήμα 8.13γ φαίνεται ένας τέτοιος λέβητας με τον υπερθερμαντήρα, τους ατμογόνους αυλούς και τον οικονομητήρα σε κοινό κέλυφος.

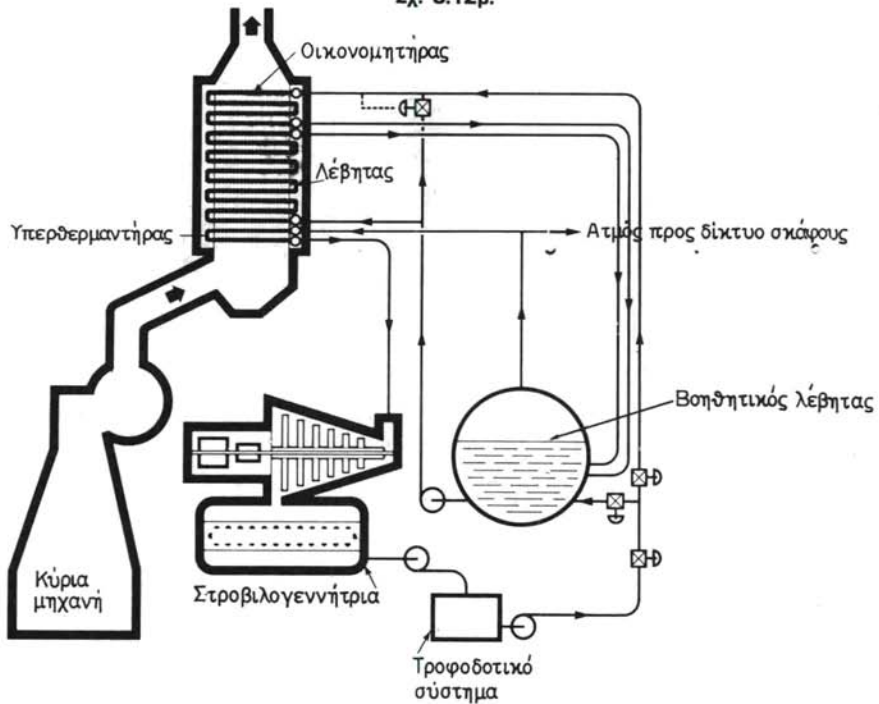
Ο υπέρθερμος ατμός χρησιμοποιείται στη στροβιλογεννήτρια. Η μέθοδος αυτή της λειτουργίας ενός λέβητα καυσαερίων μαζί με ένα βοηθητικό λέβητα, έχει το πλεονέκτημα ότι η ατμοπαραγωγή μπορεί να αυξηθεί με απευθείας καύση πετρελαίου στο βοηθητικό λέβητα όταν απαιτηθούν μεγαλύτερες ποσότητες ατμού ή αν η κύρια μηχανή Ντήζελ εργάζεται με μικρή ισχύ. Έτσι η στροβιλογεννήτρια εργάζεται πάντα, ενώ παράλληλα εκμεταλλευόμαστε πλήρως τη θερμότητα των καυσαερίων.

Ο βαθμός κυκλοφορίας του νερού στο λέβητα με καυσάερια είναι 3-5 φορές μεγαλύτερος από το βαθμό ατμοπαραγωγής. Έτσι εξασφαλίζεται ικανοποιητική ψύξη των θερμαινόμενων επιφανειών ώστε τα αιωρούμενα μέσα στο νερό στερεά να επιστρέφουν στο βοηθητικό λέβητα από τον οποίο μπορούν να εξαχθούν με εξαγωγή.

Για την προστασία του λέβητα συνιστάται η εξασφάλιση μέσα απ' αυτόν κυκλοφορίας νερού όσο εργάζεται η κύρια μηχανή και στην ανάγκη, αν ο παραγόμενος ατμός δε χρειάζεται, μπορεί πάντα να οδηγηθεί σ' ένα ψυγείο.

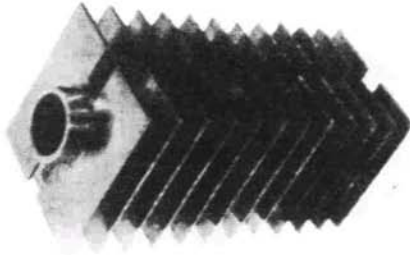


Σχ. 8.12β.

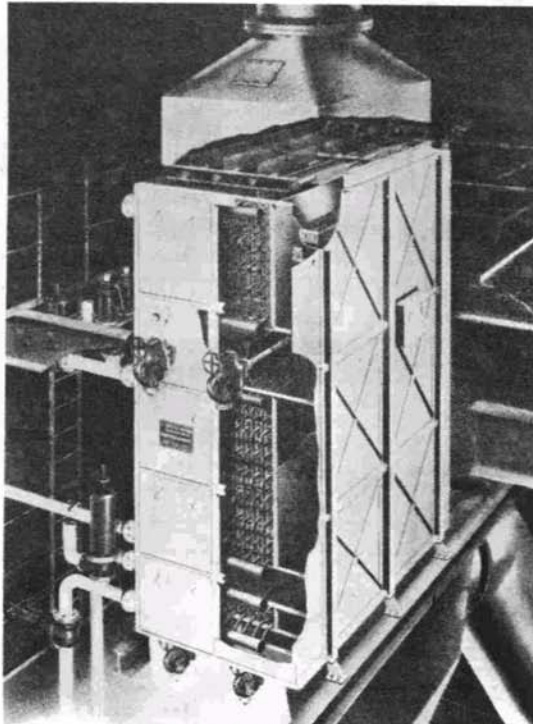


Σχ. 8.13α.

Τυπικό διάγραμμα ροής στο λέβητα Diesecon.



Σχ. 8.13β.
Αυλός με πτερύγια.



Σχ. 8.13γ.
Λέβητας τύπου Dieselcon.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας του ατμού γίνεται με μικρά διαφράγματα (ντάμπερ) (σχ. 8.13δ).

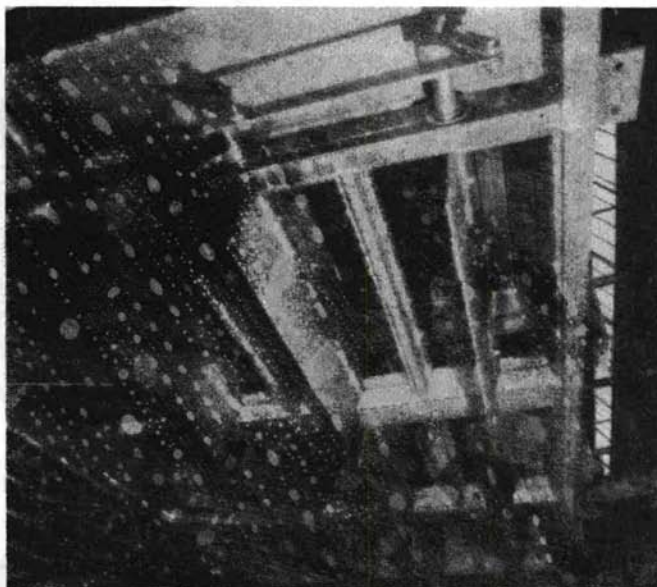
Για τον καθαρισμό του λέβητα προβλέπονται εκκαπιστές αλλά συνιστάται και περιοδικό πλύσιμό του όταν το πλοίο είναι σε λιμάνι.

Τα μεγέθη των λεβήτων καυσαερίων Dieselcon δεν είναι τυποποιημένα γιατί εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της κάθε προωστήριας εγκαταστάσεως.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

1. Η ιπποδύναμη BHP (ή συνήθους πλου) της μηχανής Ντήζελ.
2. Το βάρος των καυσαερίων.
3. Η θερμοκρασία των καυσαερίων.
4. Η επιτρεπτή απώλεια ελκυσμού.
5. Η ολική ποσότητα του ατμού.
6. Η πίεση του ατμού.
7. Η ποσότητα του υπέρθερμου ατμού.

8. Η θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού.
9. Η θερμοκρασία του τροφοδοτικού νερού.



Σχ. 8.136.

Μικρά διαφράγματα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του ατμού.

8.14 Λέβητες κατασκευής εργοστασίου Aalborg.

Το εργοστάσιο αυτό κατασκευάζει κυρίως βοηθητικούς λέβητες για πλοία.

Κατασκευάζει κάθετους λέβητες, τριών διαδρομών καυσαερίων, με τεχνητή κυκλοφορία, υδραυλικούς με διπλή ατμοπαραγωγή (διπτού κυκλώματος) κ.α.

8.14.1 Φλογαυλωτοί λέβητες καυσαερίων.

Κατασκευάζονται σε 3 τύπους: AQ2, AQ7 και AV4 με ικανότητα μέχρι 6000 kg/h.

Όπως φαίνονται και από τα σχήματα 8.14α και 8.14β ο AQ2 έχει ατμοθάλαμο ενώ ο AQ7 δεν έχει και ακόμα και οι δυο είναι κάθετοι.

Ο λέβητας τύπου AV4 (σχ. 8.14γ) είναι οριζόντιος με ατμοθάλαμο.

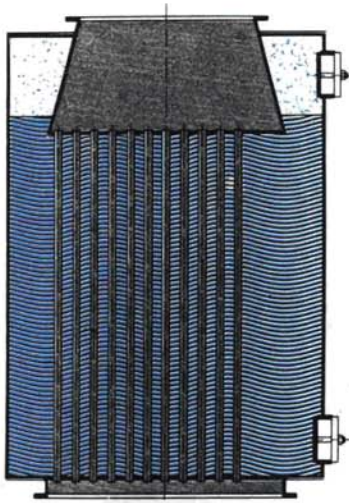
Και οι 3 λέβητες έχουν τους αυλούς τους ηλεκτροσυγκολλημένους πάνω στους καθρέπτες τους. Έχουν τα εξής εξαρτήματα: 1 διπλό ασφαλιστικό με ελατήριο, κύριο ατμοφράκτη, ανεπίστροφη βαλβίδα τροφοδοτήσεως, υδροδείκτη, εξαεριστικό, θλιβόμετρο, βαλβίδα σαλινομέτρου, εξαφριστικό και βαλβίδα εξαγωγής.

8.14.2 Κάθετοι υδραυλωτοί λέβητες.

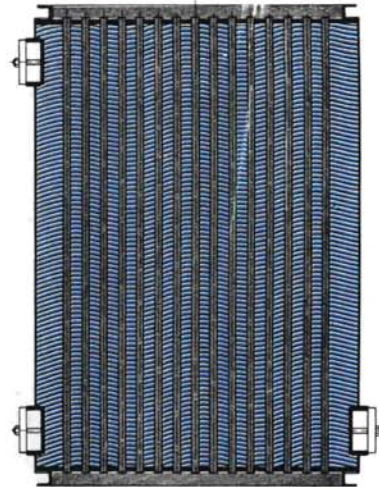
Οι κάθετοι υδραυλωτοί λέβητες κατασκευάζονται σε 2 τύπους: AQ3 και AQ9 με ικανότητα ο πρώτος μέχρι 12500 kg/h υπό πίεση 7,5 bar και ο δεύτερος μέχρι 35 t/h υπό πίεση 18 bar.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 8.14δ, ο λέβητας AQ3 είναι λέβητας επιστρέφουσας φλόγας και παράγει ξηρό κορεσμένο ατμό.

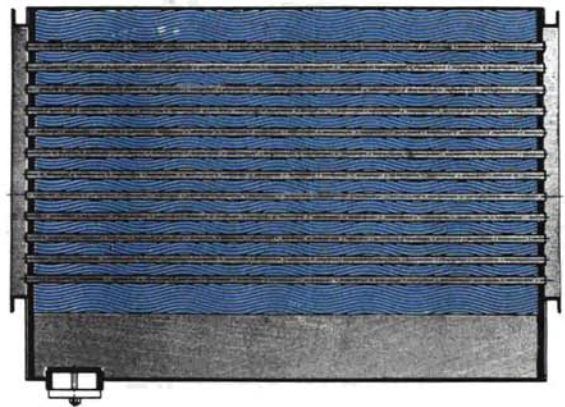
Ο λέβητας AQ9 (σχήματα 8.14ε, 8.14στ και 8.14ζ) αποτελείται από μία κυλινδρική εστία που περιβάλλεται εξωτερικά από εφαιπόμενους αυλούς. Οι αυλοί αυτοί, που αποτελούν τον υδρότοιχο, είναι ηλεκτροσυγκολλημένοι στον κάτω καθρέπτη ο οποίος περιβάλλει τον κυλινδρικό λαιμό. Μέσα από



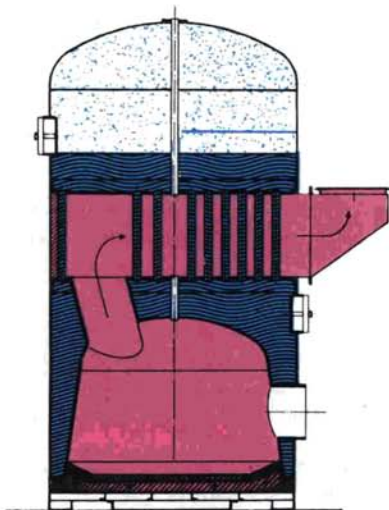
Σχ. 8.14α.
Λέβητας Aalborg τύπου AQ2.



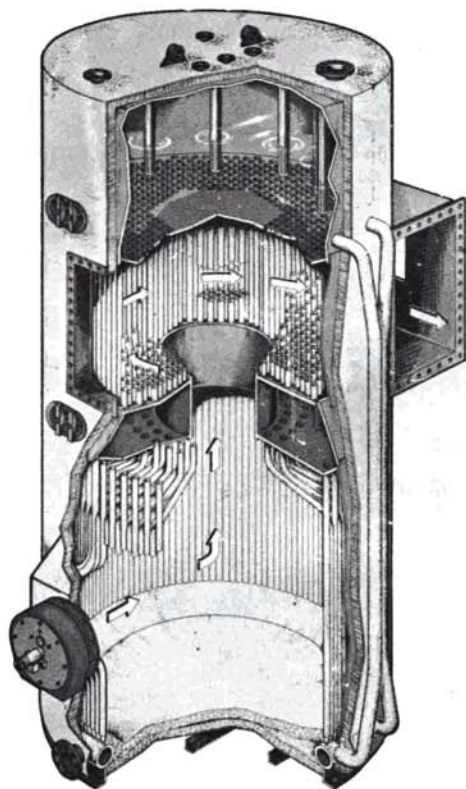
Σχ. 8.14β.
Λέβητας Aalborg τύπου AQ7.



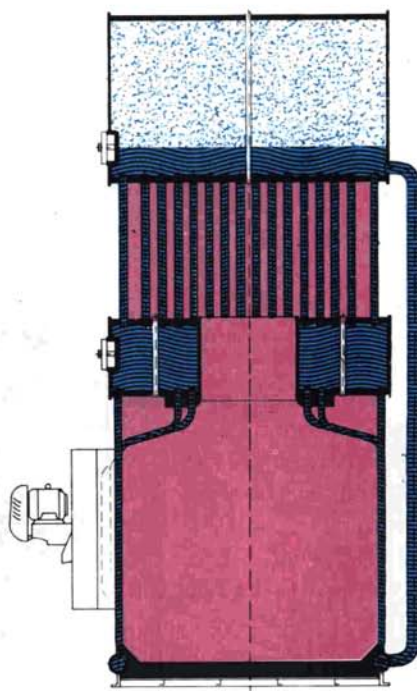
Σχ. 8.14γ.
Λέβητας Aalborg τύπου AV4.



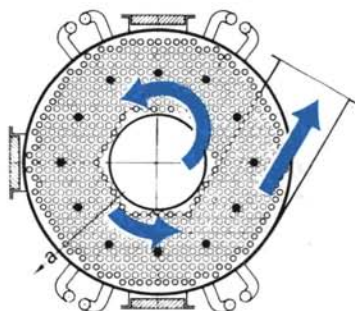
Σχ. 8.14δ.
Λέβητας Aalborg τύπου AQ3.



Σχ. 8.14ε.
Το εσωτερικό του λέβητα AQ-9.



Σχ. 8.14στ.
Κατακόρυφη τομή λέβητα AQ - 9.



Σχ. 8.14ζ.
Οριζόντια τομή λέβητα AQ9.

αυτών περνούν τα θερμά καυσαέρια προς την θερμαινόμενη με αγωγή επιφάνεια που βρίσκεται από πάνω.

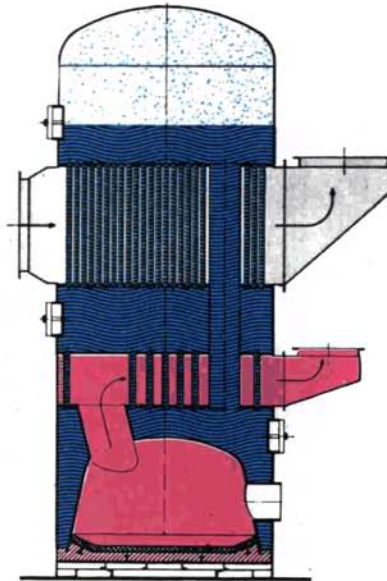
Ο επάνω καθρέπτης του ενδιάμεσου υδροθάλαμου παίζει το ρόλο του κάτω καθρέπτη για τους κάθετους υδραυλούς οι οποίοι αποτελούν τη θερμαινόμενη με αγωγή επιφάνεια. Ο επάνω καθρέπτης μαζί με τμήμα του κυλινδρικού περιβλήματος και μια επίπεδη επάνω επιφάνεια αποτελούν τον ατμοϋδροθάλαμο του λέβητα.

Ένας απόλυτα στεγανός μεμβρανοειδής υδρότοιχος περιβάλλει τη θερμαινόμενη με αγωγή επιφάνεια και είναι εφοδιασμένος με αρκετές θυρίδες καθαρισμού και εξόδους καυσαερίων με περιαιχένια (φλάντζες). Η φυσική κυκλοφορία του νερού εξασφαλίζεται με τέσσερις μη θερμαινόμενους εξωτε-

ρικούς αυλούς κυκλοφορίας με τους οποίους πραγματοποιείται η συγκοινωνία του ατμοϋδροθάλαμου με τον κάτω συλλέκτη που έχει σχήμα δακτύλιου.

8.14.3 Κάθετος σύνθετος λέβητας.

Ο κάθετος σύνθετος (με πετρέλαιο και καυσαέρια) λέβητας φέρει το χαρακτηριστικό AQ5 και φαίνεται στο σχήμα 8.14η.



Σχ. 8.14η.
Κάθετος σύνθετος λέβητας AQ5.

8.14.4 Υδραυλικοί λέβητες τεχνητής κυκλοφορίας με καυσαέρια.

Κατασκευάζονται σε 2 τύπους: τον τύπο AV5 (σχ. 8.14θ) και τον τύπο AV6 (σχ. 8.14ι).

Ο λέβητας AV5 είναι ουσιαστικά λέβητας τεχνητής κυκλοφορίας La Mont και παράγει ατμό από τη θερμότητα μόνο των καυσαερίων. Συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με βοηθητικό πετρελαιολέβητα που παίζει και το ρόλο ατμοϋδροθάλαμου. Διαφορετικά απαιτείται ξεχωριστός ατμοϋδροθάλαμος για την εγκατάσταση. Το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται είτε στον πετρελαιολέβητα είτε στον ξεχωριστό ατμοϋδροθάλαμο. Ο λέβητας AV5 τροφοδοτείται από μία αντλία κυκλοφορίας από τον πετρελαιολέβητα ή από τον ξεχωριστό ατμοϋδροθάλαμο. Το θερμό μίγμα ατμού-νερού επιστρέφει στον ατμοϋδροθάλαμο όπου διαχωρίζεται. Η θερμαινόμενη επιφάνεια αποτελείται από έναν αριθμό σερπαντινών εσωτερικά του κελύφους.

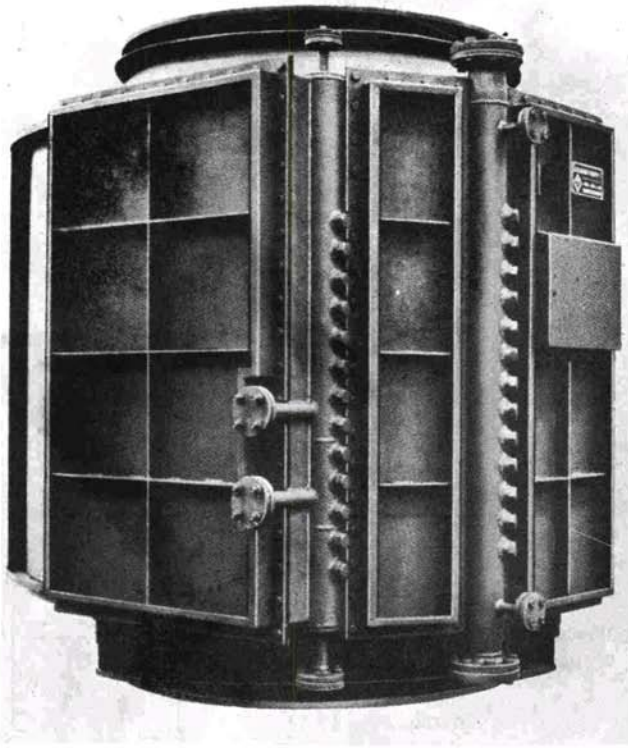
Το νερό εισέρχεται στους αυλούς από ένα κάθετο οχετό εισαγωγής στον οποίο έχουν τοποθετηθεί ακροφύσια La Mont.

Ο λέβητας AV6 ακολουθεί τις ίδιες γενικές γραμμές με τον προηγούμενο με τις εξής διαφορές. Η θερμαινόμενη επιφάνεια αποτελείται από αυλούς σχήματος U με περύγια. Αν η ποσότητα των καυσαερίων είναι αρκετή, τότε προστίθεται ένας οικονομητής και ένας υπερθερμαντήρας.

Στο σχήμα 8.14ια φαίνεται η διάταξη λέβητα καυσαερίων AV6, πετρελαιολέβητα AQ3 και των αναγκαίων συσκευών και μηχανημάτων.

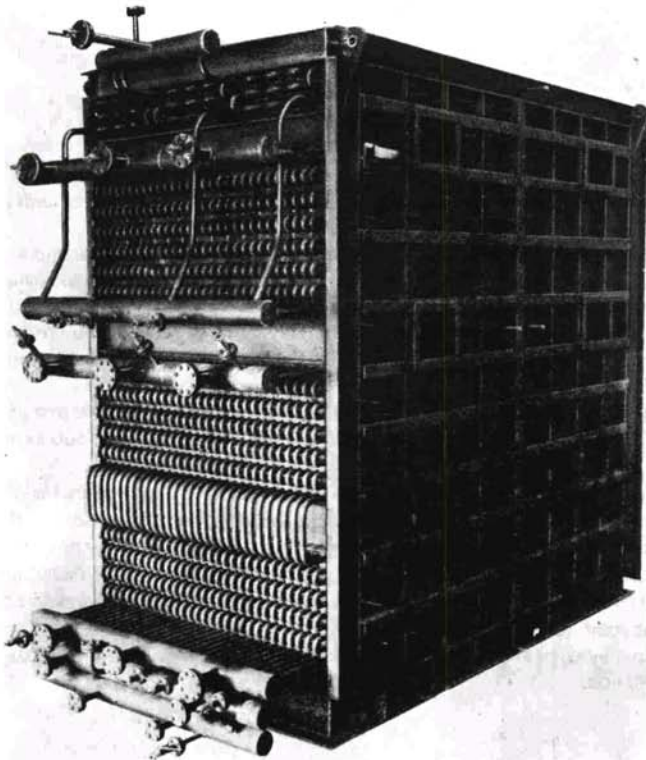
8.14.5 Λέβητας διπτού κυκλώματος (διπλής ατμοπαραγωγής).

Ο μικρής ατμοπαραγωγής (6 ως 40 t/h) λέβητας διπτού κυκλώματος AT4 (σχ. 8.14ιβ) κατασκευά-



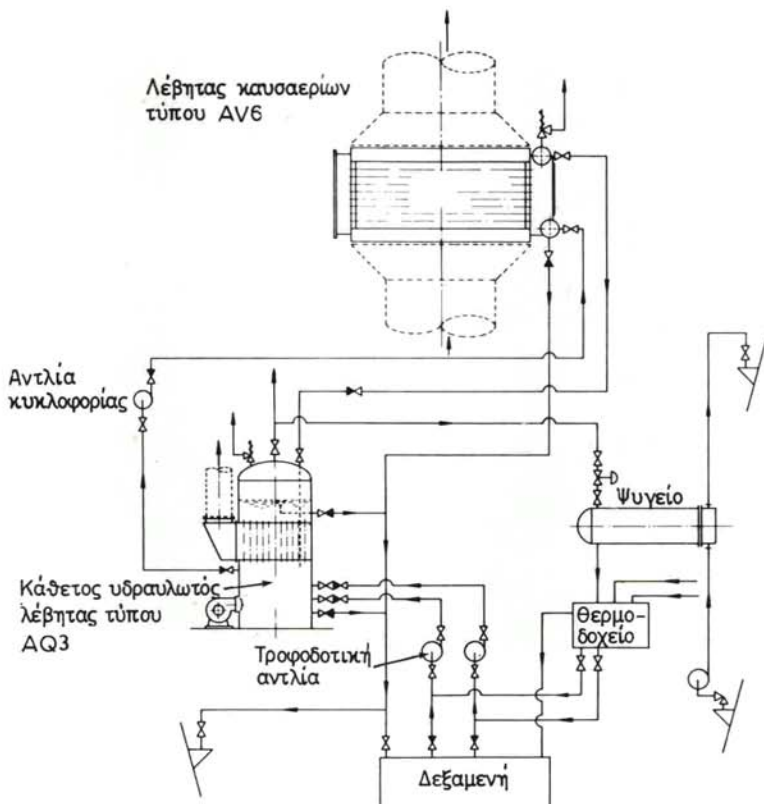
Σχ. 8.14θ.

Υδραυλωτός λέβητας τεχνητής κυκλοφορίας με καυσάερια τύπου AV5.



Σχ. 8.14ι.

Υδραυλωτός λέβητας τεχνητής κυκλοφορίας με καυσάερια τύπου AV6.



Σχ. 8.14ια.

Διάταξη λέβητα καυσαερίων AV6, πετρελαιολέβητα AQ3 και των αναγκαίων συσκευών και μηχανημάτων.

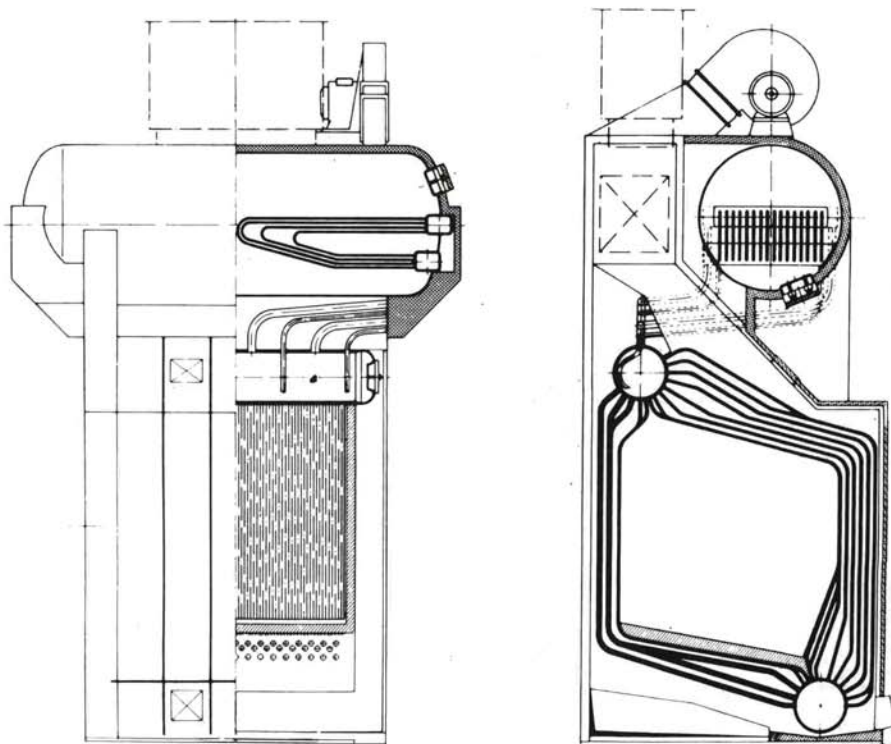
ζεται με διπλό περίβλημα αέρα, ενώ ο μεγαλύτερης (30 ως 80 t/h) AT8 (σχ. 8.14ιβ) έχει μεμβρανοειδείς υδρότοιχους.

Το πρωτεύον σύστημα λειτουργεί ως κλειστό κύκλωμα και αποτελείται από έναν ατμοθάλαμο και έναν υδροθάλαμο που ενώνονται μεταξύ τους με ατμογόνους αυλούς των οποίων τα άκρα εκτονώνονται στους θάλαμους. Οι εξωτερικοί και μη θερμαινόμενοι αυλοί κυκλοφορίας συγκολλώνται στους υπερκείμενους θάλαμους. Οι ατμοσωλήνες και οι σωλήνες του συμπυκνώματος, που ενώνουν το κάτω και το επάνω μέρος του λέβητα, συγκολλώνται στους θάλαμους και στο άκρο του συλλέκτη ατμοποίησης του δευτερεύοντος θαλάμου.

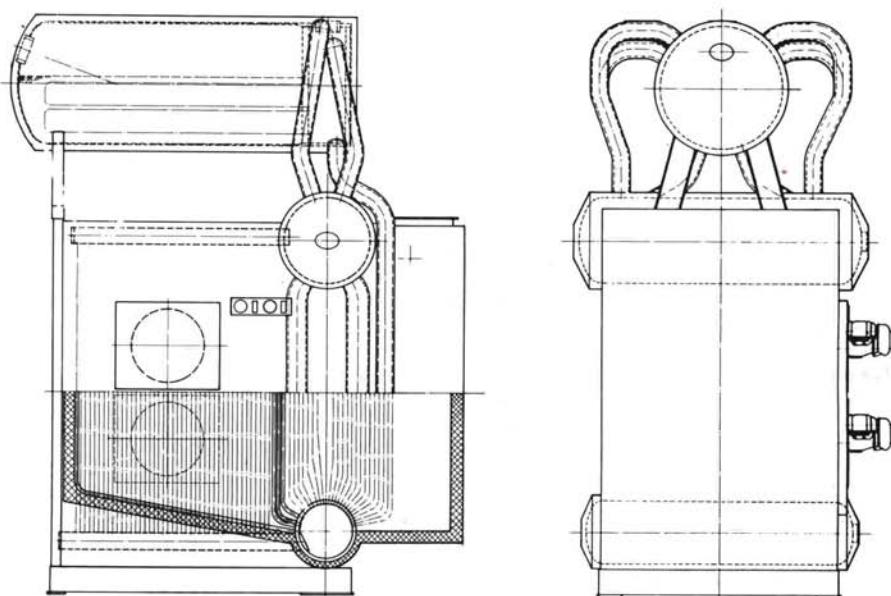
Ο λέβητας AT8 κατασκευάζεται είτε με συλλέκτη ατμοποίησης, που αποτελεί αναπόσπαστο μέλος του δευτερεύοντος θαλάμου, ή με δύο τετράγωνους συλλέκτες συγκολλημένους στα δύο άκρα του θαλάμου.

Στοιχεία σχήματος U που περνούν απ' την ανθρωποθυρίδα, εκτονώνονται στο άκρο του συλλέκτη ή στους δύο συλλέκτες. Τα δοχεία αυτά υποβαστώνται ενδιάμεσα. Λέβητες με τετράγωνους συλλέκτες συνήθως κατασκευάζονται για ατμοπαραγωγή μέχρι 65 t/h. Τα καυσαέρια φεύγουν προς την καπνοδόχο από ανοίγματα, στο βάθος της εστίας μεταξύ προστατευτικών αυλών και ατμογόνων αυλών. Μεταξύ των ατμογόνων αυλών υπάρχουν μπάρες αποστάσεως για προστασία από τις δονήσεις. Στο δευτερεύοντα θάλαμο υπάρχουν κυκλωνικοί αποχωριστές.

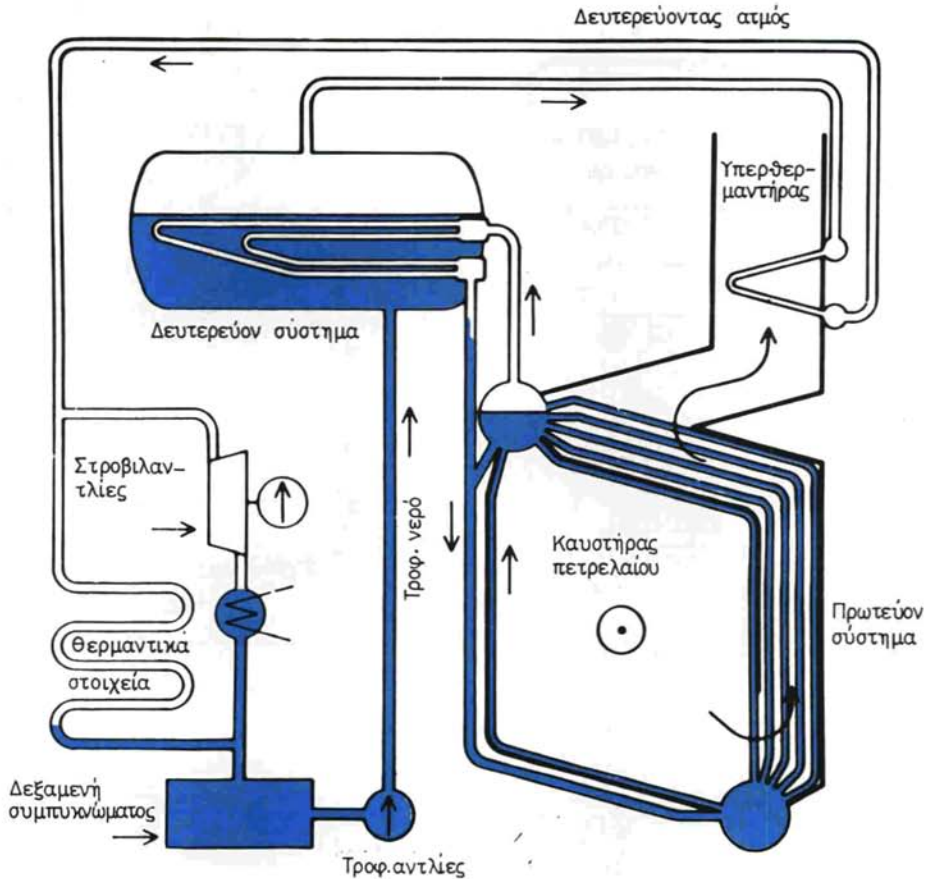
Ο θάλαμος των ατμογόνων αυλών είναι επενδυμένος με χυτό ανακλαστικό και μόνωση, ενώ εξωτερικά υπάρχει χαλύβδινο περίβλημα.



Σχ. 8.14β.
Λέβητας διπτού κυκλώματος ΑΤ4.



Σχ. 8.14γ.
Λέβητας τύπου ΑΤ8.



Σχ. 8.14δ.

Η διάταξη των κυκλωμάτων του λέβητα ΑΤΒ.

Ο λέβητας είναι κατάλληλος για αυτόματο έλεγχο και έτσι οι καυστήρες έχουν λόγο μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης παροχής 10:1 ή και για τις πολύ νεότερες κατασκευές (1981) 15:1.

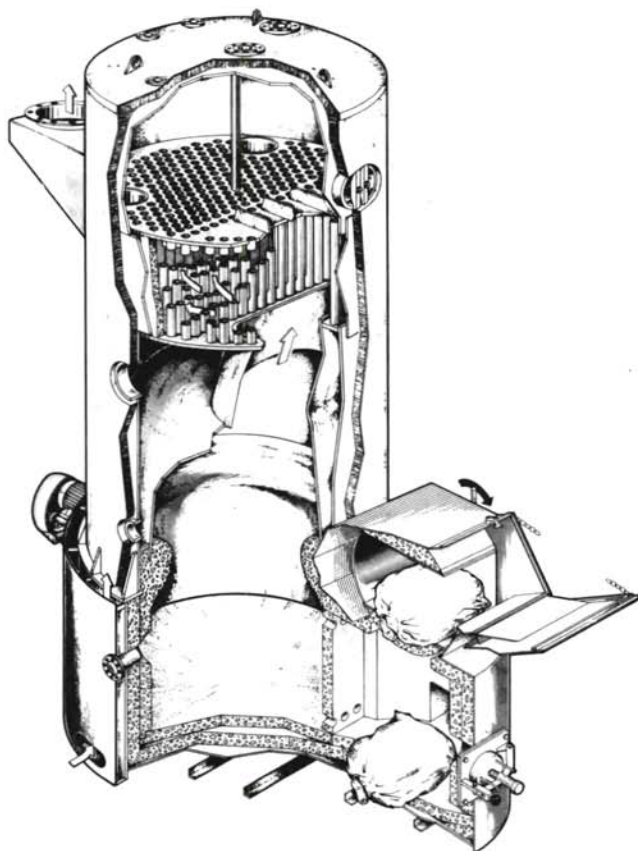
Η διάταξη των κυκλωμάτων του λέβητα φαίνεται στο σχήμα 8.14δ. Τα συστήματα ελέγχου και διακοπής περιλαμβάνουν:

1. Πρωτεύον σύστημα.

- Δύο ενδείκτες στάθμης που ενεργοποιούν συναγερμό χαμηλής στάθμης νερού και διακοπή πετρελαίου σε περίπτωση χαμηλής στάθμης νερού.
- Έναν πιεζοστατικό διακόπτη διακοπής πετρελαίου σε περίπτωση Υ.Π. ατμού.

2. Δευτερεύον σύστημα.

- Έναν ενδείκτη στάθμης που ενεργοποιεί συναγερμό υψηλής στάθμης νερού, συναγερμό χαμηλής στάθμης νερού, και διακοπή πετρελαίου σε περίπτωση χαμηλής στάθμης.
- Έναν πιεζοστατικό διακόπτη διακοπής πετρελαίου σε περίπτωση Υ.Π. ατμού. Επίσης το πετρέλαιο διακόπεται αυτόματα σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία πετρελαίου ή σε περίπτωση διακοπής της φλόγας ή κρατήσεως του ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού (φάνι).



Σχ. 8.14ιε.
Λέβητας καύσεως απορριμάτων AQ10.

8.14.6 Λέβητας απορριμάτων.

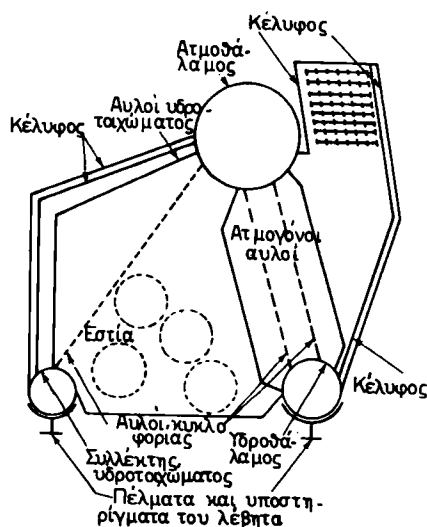
Ο λέβητας καύσεως απορριμάτων AQ10 (σχ. 8.14ιε) είναι ικανός να κάψει άχρηστο πετρέλαιο ή λάδι, σκουπίδια, απορρίματα κουζίνας και στερεά λύματα αποχωρητηρίων μετά από σχετική προετοιμασία. Όταν δεν υπάρχουν απορρίματα για κάψιμο, ο λέβητας εργάζεται κανονικά με πετρέλαιο για να καλύψει τις ανάγκες του πλοίου σε ατμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΩΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

9.1 Γενικά.

Τα βασικά μέρη ενός υδραυλωτού λέβητα είναι (σχ. 9.1):



Σχ. 9.1.

α) Θάλαμοι και συλλέκτες.

Αυτοί είναι γενικά δοχεία κυλινδρικού ή πρισματικού σχήματος και περιέχουν νερό ή νερό και ατμό σ' επαφή μεταξύ τους.

β) Αυλοί.

Είναι σωλήνες, που διαρρέονται από το νερό και θερμαίνονται εξωτερικά από τις φλόγες και τα καυσαέρια. Ο μεγάλος αριθμός τους αποτελεί χαρακτηριστικό των υδραυλωτών λέβητων. Οι αυλοί χρησιμοποιούνται ως ατμογόνοι αυλοί, ως αυλοί υδροτοίχων, ως αυλοί κυκλοφορίας και ως αυλοί-υποστηρίγματα, που συνδέουν τους θάλαμους και τους συλλέκτες.

γ) Στηρίγματα.

Είναι οι χαλύβδινες κατασκευές πάνω στις οποίες στηρίζεται ο λέβητας και οι

οποίες συνδέονται με το χαλύβδινο σκελετό του πλοίου.

δ) Εστία.

Αποτελείται από τα ανακλαστικά υλικά, τα μονωτικά υλικά, τις συνδετικές ύλες και τους υδρότοιχους, που περιβάλλουν το χώρο της καύσεως.

ε) Περίβλημα.

Αποτελείται από μονωμένα χαλύβδινα ελάσματα, που περικλείουν το λέβητα και τον συνδέουν με την καπνοδόχο.

9.2 Θάλαμοι καί συλλέκτες.

9.2.1 Ατμοθάλαμος.

Ο σκοπός τού ατμοθάλαμου αναλύεται στά ακόλουθα:

- α) Συσσωρεύει τον παραγόμενο από τους αυλούς ατμό και παρέχει επαρκή χώρο για τον αποχωρισμό της υγρασίας του ατμού πριν από την έξοδό του από το λέβητα.
- β) Παρέχει χώρο για την εναποθήκευση μέρους του νερού που απαιτείται για τη λειτουργία του λέβητα. Ονομάζεται γι' αυτό και **ατμοϋδροθάλαμος**.
- γ) Δέχεται και διανέμει προς τους ατμογόνους αυλούς κυκλοφορίας το τροφοδοτικό νερό, που είναι αναγκαίο για την παραγωγή ατμού.

9.2.2 Υδροθάλαμος.

Σκοπός του υδροθάλαμου είναι:

- α) Να διανέμει νερό προς τους ατμογόνους αυλούς.
- β) Να παρέχει κατάλληλο χώρο για τη συσσώρευση των καθυαλώσεων και των άλλων στερεών ουσιών, οι οποίες μπορεί να αιωρούνται μέσα στο νερό ή πρόκειται να κατακρημνισθούν από αυτό.

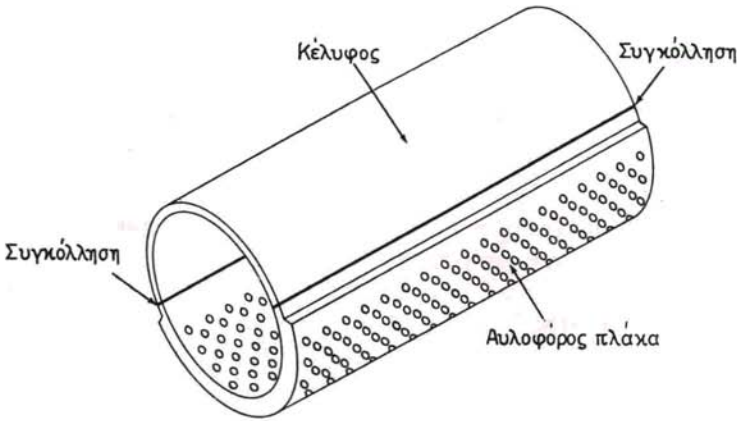
Η συσσώρευση αυτή αφαιρείται περιοδικά από τους υδροθάλαμους με τα επιστόμια εξαγωγής. Επειδή οι συσσωρευόμενες στους υδροθάλαμους στερεές ουσίες σχηματίζουν συνήθως μία παχύρρευστη ιλύ, οι θάλαμοι αυτοί, αν έχουν μικρή διάμετρο, ονομάζονται **ιλυοσυλλέκτες**.

9.2.3 Συλλέκτες.

Σε ορισμένους λέβητες ταχείας ατμοπαραγωγής αντί για υδροθάλαμους τοποθετούνται υδροσυλλέκτες. Σκοπός τους κατά τη λειτουργία του λέβητα είναι ο ίδιος. Μόνη διάκριση είναι η διαφορά διαμέτρων. Γενικά οι θάλαμοι έχουν τόση διάμετρο, ώστε να δικαιολογείται η τοποθέτηση ανθρωποθυρίδας και η είσοδος ανθρώπου σ' αυτούς. Αντίθετα ο χαρακτηρισμός του συλλέκτη δίνεται σε θάλαμους με μικρή διάμετρο χωρίς ανθρωποθυρίδες, αλλά με χειροθυρίδες κατά μήκος για την επιθεώρηση, καθαρισμό και αντικατάσταση των αυλών, όταν απαιτηθεί.

Ένας υδροθάλαμος εκτός από τις οπές των αυλών έχει και μεγάλο αριθμό ανοιγμάτων για τη σύνδεση των διαφόρων εξαρτημάτων με τα οποία είναι εφοδιασμένος.

Οι περισσότεροι θάλαμοι κατασκευάζονται από δύο χαλύβδινα ελάσματα ημικυκλικού σχήματος. Το κατώτερο έλασμα των ατμοθαλάμων (σχ. 9.2α) και το επά-



Σχ. 9.2α.
Ατμοθάλαμος λέβητα.

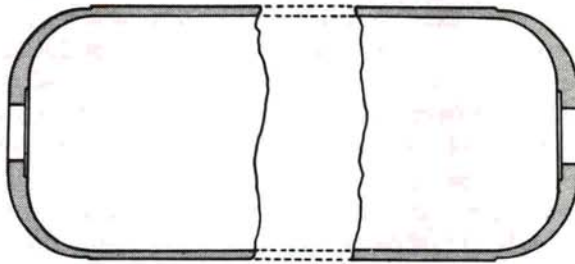
νω έλασμα των υδροθαλάμων έχουν μεγαλύτερο πάχος. Έτσι προσδίδεται μεγαλύτερη αντοχή στις περιοχές αυτές, στις οποίες διανοίγονται οι οπές για τους αυλούς. Τα άκρα των θαλάμων, συνήθως **πώματα** ή **κεφαλές**, κατασκευάζονται με σφρηλάτηση.

Ο χρησιμοποιούμενος για την κατασκευή των θαλάμων χάλυβας διαφέρει ποιοτικά ανάλογα με τις πιέσεις και τις θερμοκρασίες λειτουργίας του λέβητα.

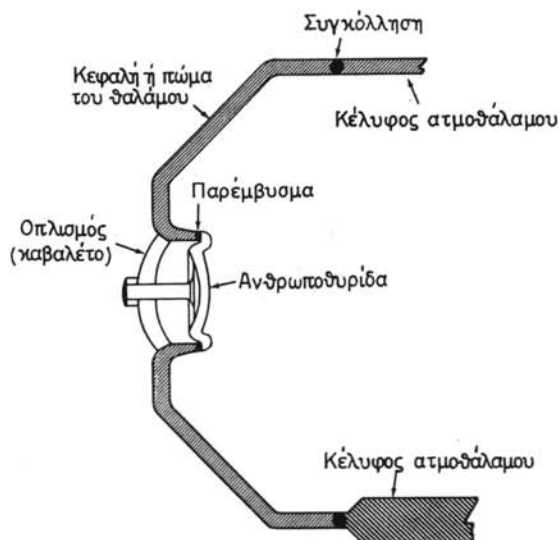
Η κατασκευή των θαλάμων διαφέρει μόνο στις χρησιμοποιούμενες μεθόδους συνδέσεως των δύο ημικυλίνδρων και των κεφαλών. Η σύνδεση γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη αντοχή και μικρότερο βάρος. Μερικές φορές η σύνδεση γίνεται χωρίς ραφή οποιουδήποτε είδους (θάλαμος τραβηκτός), όπως φαίνεται στο σχήμα 9.2β. Οι τραβηκτοί αυτοί θάλαμοι δίνουν μεγαλύτερη αντοχή και μικρότερο αντίστοιχα βάρος.

Τα πώματα των θαλάμων κλείνονται με κατάλληλη ανθρωποθυρίδα (σχ. 9.2γ) ή χειροθυρίδα (σχ. 9.2δ) στην περίπτωση των συλλεκτών.

Κατά την κατασκευή των θαλάμων οι ακμές των ημικυλίνδρων κατεργάζονται κατάλληλα, για να διευκολυνθεί η συγκόλληση. Οι δύο ημικύλινδροι και οι κεφαλές των θαλάμων συγκολλώνται με μηχανή, ενώ με το χέρι συγκολλώνται οι διάφοροι

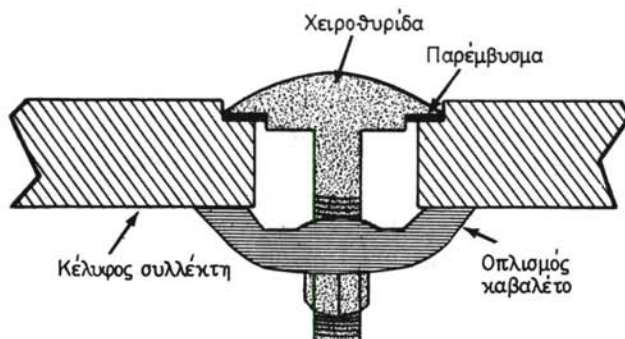


Σχ. 9.2β.
Τραβηκτός θάλαμος.



Σχ. 9.2γ.

Συγκολλητό πώμα θαλάμου με ανθρωποθυρίδα.



Σχ. 9.2δ.

Χειροθυρίδα συλλέκτη.

μαστοί, στους οποίους θα συνδεθούν τα εξαρτήματα του θαλάμου. Ο θάλαμος ελέγχεται με ακτίνες «X» για ανεύρεση τυχόν ελαττωμάτων και στη συνέχεια τοποθετείται σε κλίβανο ανοπτήσεως για την αφαίρεση των τάσεων που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια της κατασκευής. Μετά την απόπτηση γίνεται υδραυλική δοκιμή σε πίεση 1,5 φορές μεγαλύτερη από την πίεση λειτουργίας. Τέλος ανοίγονται οι σπές των αυλών.

9.3 Αυλοί και αυλοστηρίγματα.

9.3.1 Ατμογόνοι αυλοί.

Πρωταρχικός σκοπός μιας δέσμης ατμογόνων αυλών είναι η δημιουργία ατμού

από το νερό που διαρρέει αυτούς, ενώ παράλληλα με τη χρήση τους δημιουργείται μεγάλη θερμαινόμενη επιφάνεια σε μικρό χώρο του λέβητα.

Οι δέσμες των ατμογόνων αυλών χαρακτηρίζονται ως αριστερές ή δεξιές, ανάλογα με τη θέση τους όταν ο παρατηρητής στέκεται μπροστά από το λέβητα.

Οι σειρές των αυλών της κάθε δέσμης προσδιορίζονται με τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου στην κανονική σειρά. Όταν αυτά δεν επαρκέσουν επαναλαμβάνονται (π.χ. Α, Β, Γ κλπ. και στη συνέχεια ΑΑ, ΒΒ κλπ.). Έτσι η σειρά Α είναι η πλησιέστερη προς την εστία, ακολουθεί η σειρά Β κ.ο.κ. Σε κάθε σειρά οι αυλοί αριθμούνται με συνεχείς αριθμούς. Η αρχή γίνεται από την πρόσοψη του λέβητα, δηλαδή ο αυλός με τον αριθμό 1 είναι ο πρώτος εμπρός αυλός.

Επομένως **αυλός αριθμός D-15 δεξιά** ονομάζεται ο αυλός, που βρίσκεται στην 4η σειρά από την εστία και είναι ο 15ος αυλός από την πρόσοψη του λέβητα στη δεξιά δέσμη.

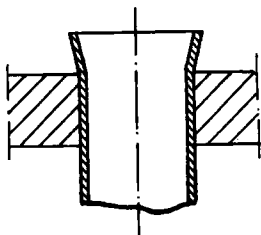
Η διάμετρος των αυλών κυμαίνεται από 1" ως 4" ανάλογα με τον τύπο του λέβητα και τη θέση του αυλού.

Το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι αυλοί είναι: Σε λέβητες μεσαίων πιέσεων μαλακός χάλυβας Siemens -Martin. Σε λέβητες υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται ειδικά χαλυβοκράματα τα οποία περιέχουν σε διάφορες αναλογίες νικέλιο, χρώμιο, βολφράμιο, κοβάλτιο.

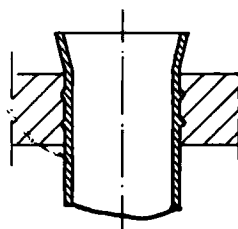
Οι αυλοί κατασκευάζονται με συγκόλληση ή χωρίς συγκόλληση (ραφή). Οι τελευταίοι ονομάζονται **τραβηκτοί** και η κατασκευή τους γίνεται με τη μέθοδο της ψυχρής εξελάσεως.

Όλοι οι αυλοί (τα αυλοστηρίγματα, αυλοί κυκλοφορίας και ατμογόνοι) μετά την κατασκευή τους επιχρίονται εσωτερικά και εξωτερικά με αντιδιαβρωτικό μίγμα για την προστασία τους από την ατμοσφαιρική διάβρωση. Το προστατευτικό αυτό επίχρισμα πρέπει να αφαιρείται πριν από την τοποθέτηση του αυλού στο λέβητα.

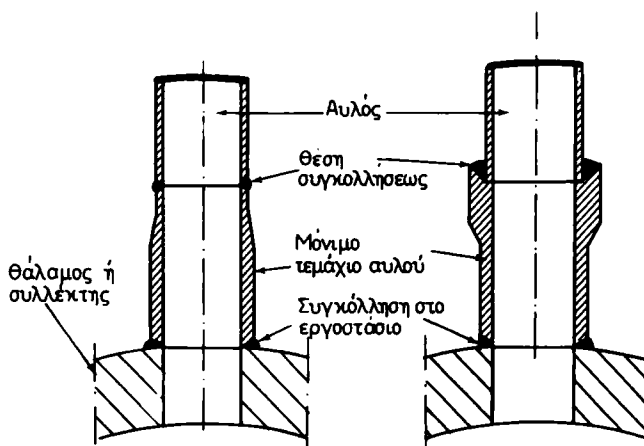
Μετά την τοποθέτησή του, ο αυλός στεγανοποιείται με ηλεκτροσυγκόλληση ή με εκτόνωση των άκρων του (σχ. 9.3α) στις ειδικές οπές των θαλάμων και των συλλεκτών. Αν η διάμετρος του αυλού είναι μεγάλη (3 ως 4 ίντσες), τότε στο αυλοφόρο έλασμα του θαλάμου υπάρχουν ένα ή περισσότερα αυλάκια (σχ. 9.3β), ώστε κατά την εκτόνωση, το μέταλλο του αυλού να τα γεμίσει και να εξασφαλισθεί έτσι η σταθερότητα του αυλού. Για να αποφευχθεί κατά τη λειτουργία του λέβητα



Σχ. 9.3α.
Εκτονωμένος αυλός.



Σχ. 9.3β.
Εκτονωμένος αυλός με αύλακες
στο αυλοφόρο έλασμα.



Σχ. 9.3γ.

Τρόποι προσαρμογής αυλών με συγκόλληση.

η προς τα έξω κίνηση του αυλού, τα άκρα του μετά την εκτόνωση διανοίγονται σε σχήμα κώδωνα.

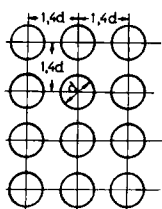
Στους νεότερους λέβητες οι αυλοί προσαρμίζονται στα αυλοφόρα ελάσματα των θαλάμων με τη μέθοδο της συγκολλήσεως κατά τους τρόπους που φαίνονται στο σχήμα 9.3γ.

Οι μέθοδοι τοποθέτησεως των αυλών σε λέβητες ταχείας κυκλοφορίας είναι οι εξής:

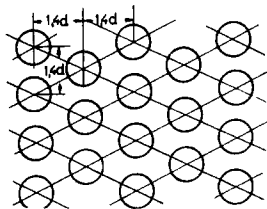
- α) Όλοι οι αυλοί να είναι ευθείς.
- β) Όλοι οι αυλοί να είναι λυγισμένοι έτσι, ώστε να εισέρχονται κατά ορθή γωνία στις επιφάνειες των θαλάμων.

Από τις δύο προτιμάται η τελευταία, γιατί παρουσιάζει περισσότερα πλεονεκτήματα.

Η τοποθέτηση τέλος των διαφόρων σειρών αυλών στα αυλοφόρα ελάσματα γίνεται κατά την τετραγωνική ή ρομβοειδή διάταξη, όπως φαίνεται στα σχήματα 9.3δ και 9.3ε στα οποία φαίνεται και το βήμα της τοποθέτησεως ίσο με $1,4d$, δηλαδή 1,4 φορές τη διάμετρο της οπής. Η ρομβοειδής διάταξη προτιμάται γιατί παρέχει καλύτερη επαφή των αυλών με τα καυσαέρια και συνεπώς μεγαλύτερη μετάδοση της θερμότητας.



Σχ. 9.3δ.



Σχ. 9.3ε.

9.3.2 Υδρότοιχοι.

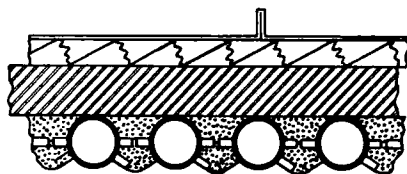
Οι υδρότοιχοι που προστατεύουν τις σειρές των ατμογόνων αυλών από την ακτινοβολούμενη θερμότητα, αποτελούνται από τον ελάχιστο αναγκαίο αριθμό αυλών, που θα αποτρέψουν την υπερθέρμανση της πρώτης σειράς των ατμογόνων αυλών κατά τη λειτουργία του λέβητα με πλήρη ισχύ.

9.3.3 Αυλοί υδροτοιχων και διαφραγμάτων καυσαερίων.

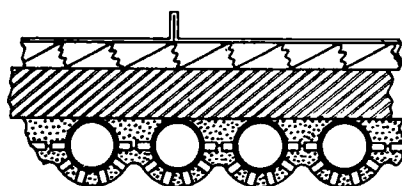
Οι αυλοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως:

- α) Αυλοί με ακμάθια ή ακκαθωτοί.
- β) Αυλοί με ππερύγια ή ππερυγωτοί.
- γ) Αυλοί με συγκολλητή μεμβράνη.
- δ) Αυλοί εφαπτόμενοι και μη εφαπτόμενοι.

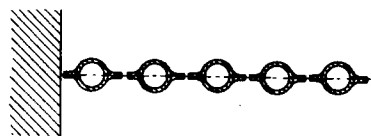
Αυλοί, οι οποίοι για να σχηματίσουν μέρος της εστίας, καλύπτονται τελείως ή μερικώς με πλαστικό ή χυτό **χρωμόρ** (chrome-ore), είναι γενικά τύπου ακκαθωτών αυλών. Αυτοί μοιάζουν με τους ατμογόνους αυλούς του λέβητα, φέρουν συγκολλητές προεξοχές ως οπλισμό για τη συγκράτηση του χρωμόρ και τη μετάδοση με αγωγή της θερμότητας προς τον αυλό. Διακρίνονται σε μερικώς και τελείως ακκαθωτούς (σχήματα 9.3στ και 9.3ζ).



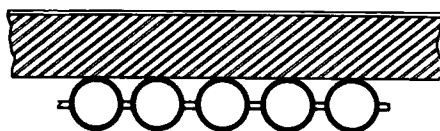
Σχ. 9.3στ.
Μερικά ακκαθωτοί αυλοί.



Σχ. 9.3ζ.
Ολικά ακκαθωτοί αυλοί.



Σχ. 9.3η.
Ππερυγωτοί αυλοί.



Σχ. 9.3θ.
Αυλοί με συγκολλητές μεμβράνες.

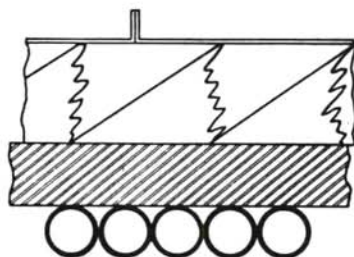
Για την κατασκευή των διαφραγμάτων και των υδροτοιχιωμάτων χρησιμοποιούνται επίσης ππερυγωτοί αυλοί (σχ. 9.3η). Αυτοί συγκολλώνται μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν ένα αεριοστεγανό αδιαπέραστο διάφραγμα.

Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με τη μέθοδο του σχήματος 9.3θ όπου μεταξύ των αυλών τοποθετούνται μεταλλικές μεμβράνες (λουρίδες) που συγκολλώνται με τους αυλούς (στο εργοστάσιο) με αυτόματες μηχανές συγκολλήσεως.

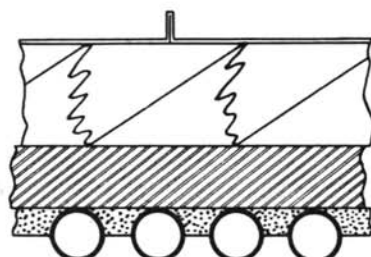
Με αυλούς συγκολλημένους μεταξύ τους κατασκευάζονται και στεγανά πλαίσια (σχ. 9.3ι).



Σχ. 9.3i.
Αυλοί συγκολλημένοι
μεταξύ τους.



Σχ. 9.3ia.
Εφαπτόμενοι αυλοί.



Σχ. 9.3ib.
Μη εφαπτόμενοι αυλοί.

Μία άλλη μέθοδος κατασκευής διαφραγμάτων και υδροψύκτων τοιχωμάτων της εστίας είναι η μέθοδος **εφαπτόμενων αυλών** (σχ. 9.3ia), ενώ οι **μη εφαπτόμενοι αυλοί** (σχ. 9.3ib) χρησιμοποιούνται για την ψύξη των πίσω τοιχωμάτων της εστίας.

9.3.4 Αυλοί κυκλοφορίας.

Γνωρίζοντας πώς πραγματοποιείται η φυσική κυκλοφορία του νερού κατά την ατμοπαραγωγή μέσα σ' ένα υδραυλωτό λέβητα, αντιλαμβανόμαστε ότι σε αυξημένους βαθμούς καύσεως του λέβητα υπάρχει κίνδυνος να βρεθούν χωρίς νερό οι εσωτερικοί ατμογόνοι αυλοί που βρίσκονται κοντά στη φωτιά και να πάθουν κακώσεις ή καταστροφή λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ενδεχόμενου χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι αυλοί κυκλοφορίας (downcomers), οι οποίοι τοποθετούνται εξωτερικά από το λέβητα και τροφοδοτούν με μεγάλες ποσότητες νερού τους υδροθάλαμους και τους υδροσυλλέκτες των ατμογόνων αυλών και των αυλών των υδροτοιχωμάτων.

Οι αυλοί κυκλοφορίας είναι χαλύβδινοι, χωρίς ραφή, με διάμετρο 3" ως 7", ανάλογα με τον τύπο του λέβητα και το μέγιστο όριο βαθμού καύσεως του λέβητα.

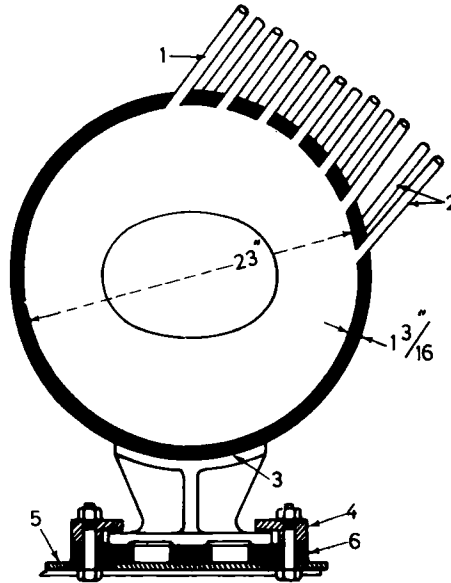
9.3.5 Αυλοστηρίγματα θαλάμων και υπερθερμαντήρων.

Σε ορισμένους λέβητες για τη μερική υποστήριξη των ατμοθαλάμων τοποθετούνται αυλοί μεγαλύτερης διαμέτρου από τους ατμογόνους, αλλά μικρότερης από τους αυλούς κυκλοφορίας. Οι αυλοί αυτοί χρησιμοποιούνται επίσης για την υποστήριξη στοιχείων των ενδιάμεσων υπερθερμαντήρων. Τα αυλοστηρίγματα του ατμοθαλάμου και του υπερθερμαντήρα ενεργούν μερικές φορές ως αυλοί κυκλοφορίας, κατά τη διάρκεια μικρών βαθμών καύσεως, και άλλες φορές ως ατμογόνοι αυλοί, σε περίπτωση υψηλών βαθμών καύσεως.

9.4 Πέδιλα και στηρίγματα.

Οι λέβητες ασφαρίζονται πάνω στο πλοίο με τα πέδιλα και τα υποστηρίγματά τους (σχ. 9.4).

Ο ατμοθάλαμος του λέβητα υποστηρίζεται από τους αυλούς και αυτοί πάλι υποστηρίζονται από τους υδροθάλαμους και τους υδροσυλλέκτες.



Σχ. 9.4.

- 1) Αυλοί $1\frac{1}{8}$ ". 2) Αυλοί $1\frac{1}{4}$ ". 3) Υποστήριγμα καρφωτό ή ηλεκτροσυγκολλητό πάνω στο θάλαμο.
4) Οδηγός για το πέλμα που ολισθαίνει. 5) Ουρανός δεξαμενής. 6) Προσθήκη κατεργασμένου ελάσματος.

Κάθε υδροθάλαμος και υδροσυλλέκτης στηρίζεται πάνω σε δύο ή τρία πέδιλα, που είναι χαλύβδινα ειδικού σχήματος, με καμπύλο το πάνω μέρος, σύμφωνα με την καμπυλότητα του θαλάμου, και επίπεδο το κάτω τμήμα. Το καμπύλο τμήμα ηλεκτροσυγκολλείται πάνω στο θάλαμο ή στο συλλέκτη, ενώ το κάτω επίπεδο μέρος στηρίζεται πάνω σε κατάλληλες υποδοχές που ονομάζονται **υποστηρίγματα του λέβητα**.

Το επίπεδο άκρο του ενός πεδίου κοχλιώνεται σταθερά πάνω στο υποστήριγμα και συνήθως τα περικόχλια ασφαρίζονται πάνω στους κοχλίες με ηλεκτροσυγκόλληση. Τα άλλα πέδιλα κοχλιώνονται και αυτά στα υποστηρίγματά τους, οι οπές όμως κατασκευάζονται ελλειπτικές και μπορούν έτσι να ολισθήσουν πάνω στο υποστήριγμα, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του λέβητα. Σταθερά κοχλιώνεται το πλησιέστερο πέδιλο προς τη σύνδεση του κύριου ατμαγωγού (έξοδος από τον υπερθερμαντήρα). Με αυτόν τον τρόπο η διαστολή και η συστολή του λέβητα δεν μπορεί να προκαλέσει τάσεις στον κύριο ατμαγωγό και τις συνδέσεις του.

9.5 Η εστία.

Η εστία είναι ο χώρος στον οποίο το καύσιμο αναμιγνύεται με τον καυσιγόνο αέρα και καίγεται, όσο γίνεται, τέλεια. Η περίσσεια του καυσιγόνου αέρα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 15%.

Η εστία κατασκευάζεται από χαλύβδινες γωνίες και ελάσματα που προστα-

τεύονται από μονωτικά και ανακλαστικά υλικά ή από τους υδρότοιχους του λέβητα.

Μία πλήρης σιδηροκατασκευή αποτελείται από πλευρικούς τοίχους, δάπεδο, πρόσωση και οπίσθιο τοίχωμα.

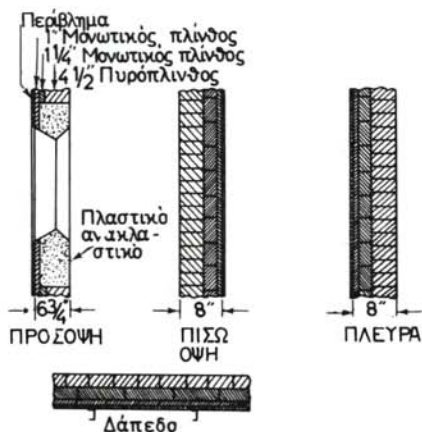
Η εστία επενδύεται με ανακλαστικό υλικό, ώστε:

- Να διατηρεί τις υψηλές θερμοκρασίες της, για να επιταχύνει το βαθμό καύσεως και να βοηθεί στην επίτευξη τέλει καύσεως.
- Να διατηρεί και να κατευθύνει τα θερμά καυσαέρια προς τους ατμογόνους αυλούς.
- Νά προστατεύει τους θάλαμους και τους συλλέκτες από την απευθείας προσβολή της φλόγας ή από την ακτινοβολία.

Το ανακλαστικό της εστίας πρέπει να είναι όσο το δυνατό αεροστεγανό και να συνδυάζει μηχανική αντοχή και ευκαμψία, ώστε η πλινθοδομή να μπορεί να διασταλεί ελεύθερα.

Το χαλύβδινο περίβλημα της εστίας επενδύεται με μονωτικά και ανακλαστικά υλικά, τοποθετημένα με τρόπο που εικονίζεται στο σχήμα 9.5α. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την επένδυση των εστιών είναι:

- Μονωτικοί πλίνθοι.
- Υψηλής θερμοκρασίας μονωτικοί πλίνθοι.
- Ανακλαστικοί πυρίμαχοι πλίνθοι.
- Πλαστικό ανακλαστικό.
- Χυτό ανακλαστικό.
- Συνδετικό υλικό (κονίαμα).
- Υδρότοιχοι.



Σχ. 9.5α.

Τοποθέτηση μονωτικών και ανακλαστικών υλικών στην εστία.

9.5.1 Μονωτικοί πλίνθοι απλοί και υψηλής θερμοκρασίας.

Οι μονωτικοί πλίνθοι κατασκευάζονται από γη διατόμων χωρίς ασβέστιο (uncalcined).

Έχουν λευκό χρώμα, μικρό βάρος, είναι πορώδεις και παρέχουν άριστες μονωτικές ιδιότητες για θερμοκρασίες ως 824°C. Δεν μπορούν όμως να αντέξουν σε

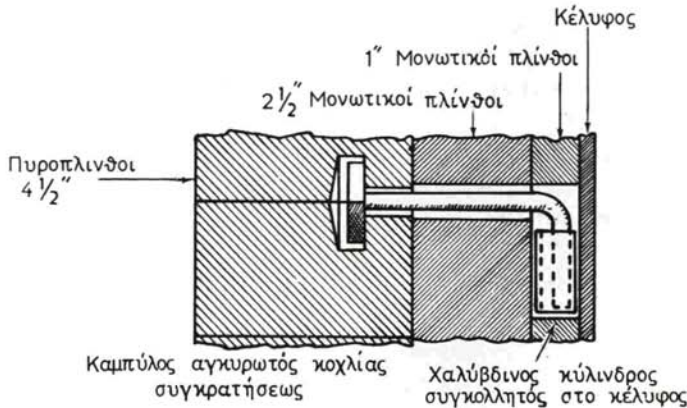
απευθείας επαφή με τη φλόγα.

Οι μονωτικοί πλίνθοι υψηλής θερμοκρασίας κατασκευάζονται από διατομική γη ασβεστίου (calcined) και αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι και 1370°C αν δεν εκτεθούν σε φλόγα.

9.5.2 Ανακλαστικοί αλεξίπυροι (πυρίμαχοι) πλίνθοι.

Ονομάζονται έτσι οι πυκνοί αλεξίπυροι πλίνθοι. Οι πλίνθοι αυτοί μπορούν να αντιστέκονται σε θερμοκρασίες ως και 1650°C. Έχουν άριστες ιδιότητες ως αλεξί-πυρο και ανακλαστικό υλικό.

Συχνά κατασκευάζονται με δύο οπές, για να δέχονται τις κεφαλές των ειδικών κοχλιών συγκρατήσεως (σχ. 9.5β). Οι πλίνθοι αυτού του είδους ονομάζονται **αγκυρόπλινθοι**.



Σχ. 9.5β.

Τυπική μορφή αγκυρόπλινθου και τρόπος συγκρατήσεώς του στο τοίχωμα της εστίας των λεβήτων.

9.5.3 Πλαστικά ανακλαστικά.

Τα πλαστικά ανακλαστικά ή πλαστικοί πυρόπλινθοι χρησιμοποιούνται για να γεμίζουν οι ανώμαλες επιφάνειες, όπως οι κορυφές των πλευρικών τοιχωμάτων κάτω από τον ατμοθάλαμο ή οι επάνω ακμές των εμπρός και πίσω τοιχωμάτων κάτω από τη σειρά των αυλών· και τέλος για να σχηματίζουν τις επιφάνειες των κώνων των καυστήρων στο εμπρός τοίχωμα.

Το πλαστικό ανακλαστικό πιέζεται ή σφυροκοπείται στις θέσεις, τις οποίες πρέπει να γεμίσει, και στη συνέχεια ανοίγονται σ' αυτό οπές εξαερισμού.

Ενώ το πλαστικό είναι ακόμη υγρό, ο λέβητας ανάβεται και το πλαστικό στεγνώνεται σιγά-σιγά σε διάστημα έξι ωρών. Κατόπιν ψήνεται για 12 περίπου ώρες οι θερμοκρασία 1650°C. Η υγρασία του ανακλαστικού αποχωρεί και η μάζα στερεοποιείται σε σημείο, ώστε να αποκτά ιδιότητες όμοιες με τον πυρόπλινθο.

Ανακλαστικό πλαστικό μέταλλευμα χρωμίου (plastic chrome-ore) χρησιμοποιείται όπου απαιτείται ανακλαστικό υψηλής θερμοκρασίας. Έχει σημείο τήξεως 1815°C και είναι πολύ ανθεκτικό σε χημικές αντιδράσεις. Τούτο πιέζεται στους

χώρους, τους οποίους πρέπει να γεμίσει, στεγνώνει καταρχήν στον αέρα για 24 ώρες τουλάχιστον και κατόπιν με χαμηλή φωτιά για 4 ή 5 ώρες.

9.5.4 Χυτά ανακλαστικά.

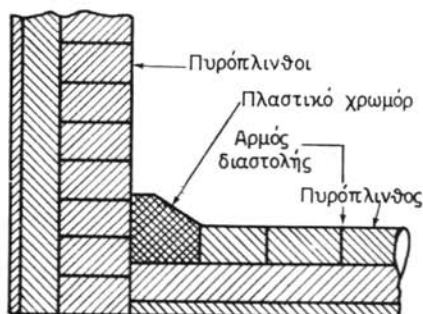
Υπάρχουν δύο τύποι χυτών ανακλαστικών για εστίες λεβήτων: χυτά ανακλαστικά χρωμίου και χυτά ανακλαστικά υψηλής θερμοκρασίας. Στην πραγματικότητα αυτά είναι συνθετικά κονιάματα κατάλληλα να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και μπορούν να χυθούν ή να επιστρωθούν στην επιθυμητή θέση. Τα υλικά αυτά διατίθενται στεγνά και πρέπει να αναμιγνύονται με νερό προς χρήση.

Τα χυτά ανακλαστικά υψηλής θερμοκρασίας χύνονται γύρω από τους κώνους των καυστήρων και σε άλλα σημεία, όπου χρησιμοποιείται πλαστικός πυρόπλινθος. Αποκοτούν αντοχή, χωρίς να ψηθούν. Η αντοχή τους αυξάνεται με την παρατεταμένη έκθεση στον αέρα πριν από τη θέρμανση.

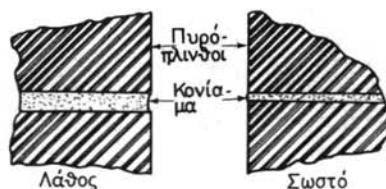
9.5.5 Κονιάματα.

Τα κονιάματα συνδέουν μεταξύ τους τους ανακλαστικούς πλίνθους προς αποφυγή διαρροών καυσαερίων διαμέσου της εστίας. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται και για επίστρωση πάνω από πλίνθους. Χρησιμοποιούνται δύο τύποι ανακλαστικού κονιάματος στις εστίες: τα στερεοποιούμενα με θέρμανση και τα στερεοποιούμενα στον αέρα (heat and air setting mortar).

Γενικά τα δάπεδα και τα τοιχώματα της εστίας αποτελούνται από τρία στρώματα μονωτικών (σχ. 9.5γ). Το στρώμα που βρίσκεται κοντά στο χαλύβδινο περίβλημα αποτελείται από μόνωση μιας ίντσας και δε χρειάζεται κονίαμα. Το επόμενο στρώμα αποτελείται από πλίνθους υψηλής θερμοκρασίας με πάχος $2\frac{1}{2}$ " , που επίσης δε συνδέονται με κονίαμα κατά την τοποθέτησή τους. Απαιτείται προσοχή, ώστε να μην υπάρχουν ανοίγματα μεταξύ των μονωτικών πλίνθων. Το επόμενο στρώμα αποτελείται από πυρόπλινθους $2\frac{1}{2}$ " για το δάπεδο και $4\frac{1}{2}$ " για το τοίχωμα, που συνδέονται με κονίαμα στερεοποιημένο στον αέρα.



Σχ. 9.5γ.



Σχ. 9.5ε.

Είναι εξαιρετικής σημασίας η σύνδεση των πυροπλίνθων να είναι όσο το δυνατό λεπτότερη και οπωσδήποτε όχι μεγαλύτερη από $\frac{1}{16}$ " (σχ. 9.5δ). Το κονίαμα που χρησιμοποιείται πρέπει επίσης να προστατεύει και τις άκρες των πυροπλίνθων στη μεταξύ τους σύνδεση.

Το εμπρός τοίχωμα της εστίας αποτελείται από στρώματα από το ίδιο υλικό τα

οποία τοποθετούνται με τον ίδιο τρόπο όπως τα πλευρικά και τα πίσω τοιχώματα. Το ολικό πάχος του τοιχώματος όμως μπορεί να διαφέρει και αυτό εξαρτάται από τον τύπο και τη διάταξη των καυστήρων πετρελαίου.

9.5.6 Κοχλίες συγκράτησεως πλίνθων λεβήτων.

Χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση των αλεξιπύρων και πλαστικών ανακλαστικών στη θέση τους πάνω σε κάθετα ή σχεδόν κάθετα τοιχώματα.

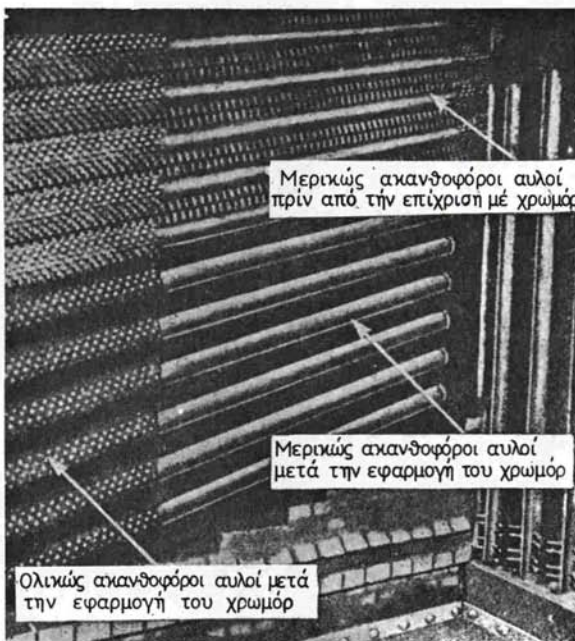
Στο σχήμα 9.5β φαίνεται η συνηθισμένη μέθοδος για τη συγκράτηση των πλίνθων των τοιχωμάτων των λεβήτων. Οι κοχλίες είναι κατασκευασμένοι από κράμα νικελιούχου χρωμίου και έχουν επίπεδη τετράγωνη κεφαλή, που εφαρμόζει μέσα σε κατάλληλη εγκοπή του πλίνθου. Είναι ευθείς ή καμπύλοι ανάλογα με τη θέση των πλίνθων.

9.5.7 Η κατασκευή των τοιχωμάτων της εστίας από υδρότοιχους.

Ο κύριος προορισμός των αυλών στα τοιχώματα και το δάπεδο της εστίας είναι να ψύχουν την πυρίμαχη επένδυση της εστίας και παράλληλα να συνεισφέρουν και στην ατμοπαραγωγή του λέβητα, εφόσον απορροφούν ποσότητα θερμότητας από την πυρίμαχη επένδυση.

Οι υδρότοιχοι συνήθως αποτελούνται από κάθετους ή λυγισμένους αυλούς τοποθετημένους στα τοιχώματα της εστίας, οι οποίοι φέρουν σ' επικοινωνία τους υδροθάλαμους με τους ατμοθάλαμους. Η κυκλοφορία στους υδρότοιχους αυτούς εξασφαλίζεται με εξωτερικούς αυλούς κυκλοφορίας, που οδηγούν στους συλλέκτες των υδροτοίχων από τον ατμοθάλαμο.

Στο σχήμα 9.5ε παριστάνεται μέρος του εσωτερικού πλευρικού τοιχώματος



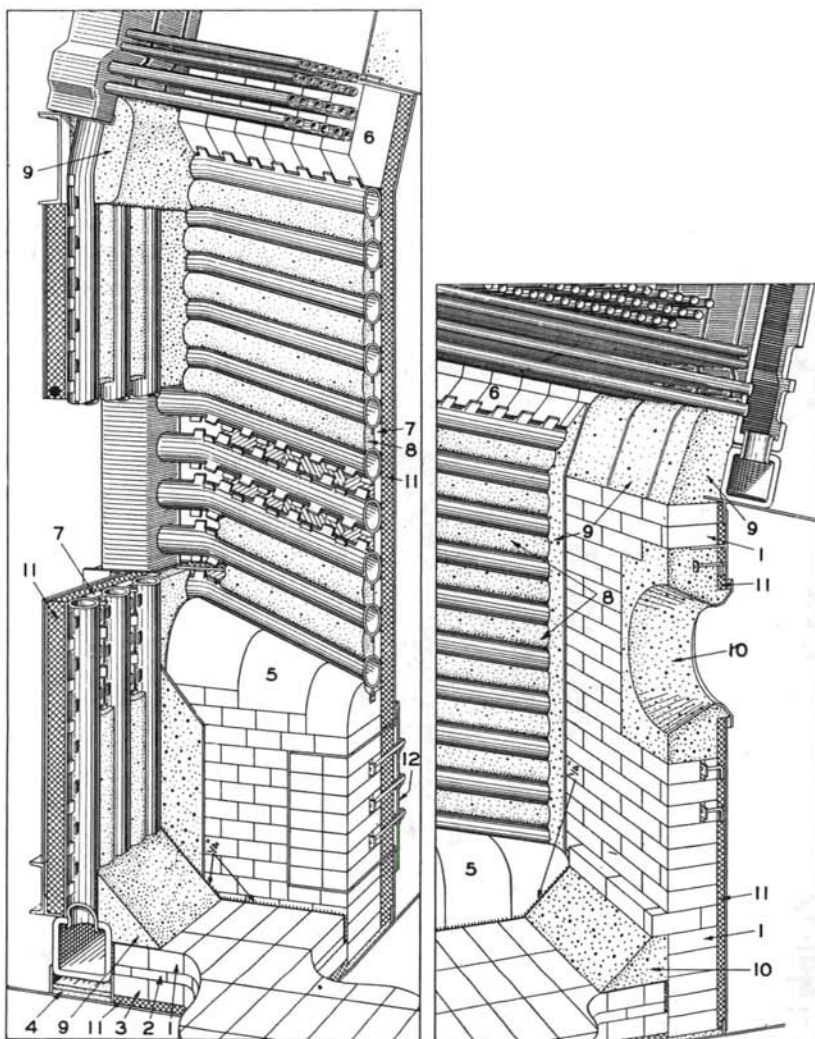
Μερικώς ακανθοφόροι αυλοί
πριν από την επίχρση με χρωμό

Μερικώς ακανθοφόροι αυλοί
μετά την εφαρμογή του χρωμό

Ολικώς ακανθοφόροι αυλοί μετά
την εφαρμογή του χρωμό

Σχ. 9.5ε.

Πλευρικό τοίχωμα υδρόψυκτης εστίας.



Σχ. 9.5στ.

- 1) Πυρόπλινθοι. 2) Ημιπυρόπλινθοι. 3) Μονωτικοί πλίνθοι. 4) Φύλλο μονωτικό. 5) Χυτοί πλίνθοι.
- 6) Χυτοί πλίνθοι. 7) Χυτοί πλίνθοι πίσω από αυλούς. 8) Πλαστικό χρώμιο. 9) Χυτό ανακλαστικό.
- 10) Πλαστικό ανακλαστικό. 11) Μονωτικά τεμάχια. 12) Θυρίδα επιθεωρήσεως από τη μια μόνο πλευρά.

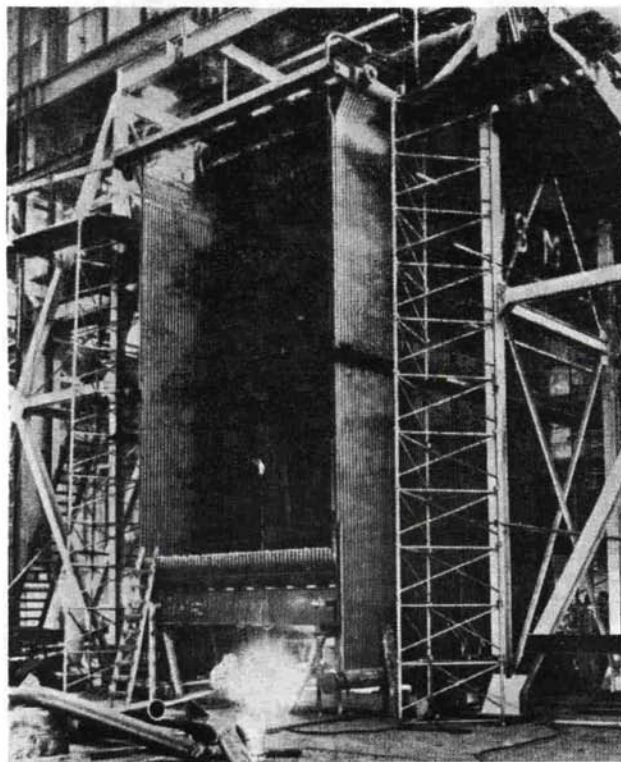
υδρόψυκτης εστίας λέβητα με ολικά ή μερικά αγκαθωτούς αυλούς, πριν και μετά την εφαρμογή του chrome-ore.

Στο σχήμα 9.5στ παριστάνεται το εσωτερικό της εστίας ενός λέβητα τύπου SM της Combustion Engineering, όπου και διακρίνεται η όλη διάταξη της κατασκευής της.

9.6 Μεμβρανοειδείς υδρότοιχοι.

Οι μεμβρανοειδείς υδρότοιχοι χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στους σύγχρονους

λέβητες. Περιβάλλουν το λέβητα και την εστία. Κάθε μεμβρανοειδής υδρότοιχος κατασκευάζεται από συγκόλληση αυλών με εξωτερική διάμετρο $63\frac{1}{2}$ mm και λάμες από μαλακό χάλυβα με πλάτος 12 mm μεταξύ τους (σχ. 9.6α). Αυτή η ηλεκτροσυγκολλητή κατασκευή δίνει ένα περίβλημα το οποίο από τη μια μεριά είναι υδρόψυκτο και από την άλλη στεγανό στα καυσάερια. Δεν απαιτείται λοιπόν πρόσθετο στεγανό περίβλημα. Μόνο στην εξωτερική πλευρά των μεμβρανοειδών υδροτοιχών τοποθετείται μια μόνωση και ένα εξωτερικό γαλβανισμένο ελαφρό χαλύβδινο έλασμα. Σε λίγα σποραδικά σημεία του λέβητα χρησιμοποιούνται πυρίμαχα υλικά.



Σχ. 9.6.
Μεμβρανοειδείς υδρότοιχοι.

Το αποτέλεσμα από την κατάργηση της πλινθοδομής είναι ο λέβητας να γίνεται ελαφρότερος και η συντήρησή του οικονομικότερη. Παρακάτω δίνεται η κατανομή επί τοις % των εξόδων συντηρήσεως ενός συμβατικού λέβητα.

Επί τοις % κατανομή εξόδων συντηρήσεως	
Πλινθοδομή	28,9
Βαλβίδες και εξαρτήματα	16,7
Τμήματα υπό πίεση	11,6
Γενικά	10,4
Εκκαπνιστές	9,2
Περιβλήματα και καπνοθάλαμοι	8,9
Επεξεργασία τροφ.	5,5
Έλεγχος νερού	4,5
Καυσήρες	4,3

9.7 Το περίβλημα του λέβητα.

Για να μην υπάρξει διαφυγή καυσαερίων και θερμότητας προς το λεβητοστάσιο, ολόκληρος ο λέβητας καλύπτεται με χαλύβδινο περίβλημα, το οποίο εκτείνεται από τον υδροθάλαμο στα πλευρά των τοιχωμάτων της εστίας και στο εμπρός και πίσω τμήμα μέχρι τον καπνοθάλαμο. Ο τελευταίος στην ουσία είναι μία επέκταση του περιβλήματος του λέβητα, που συνδέει το λέβητα με την καπνοδόχο.

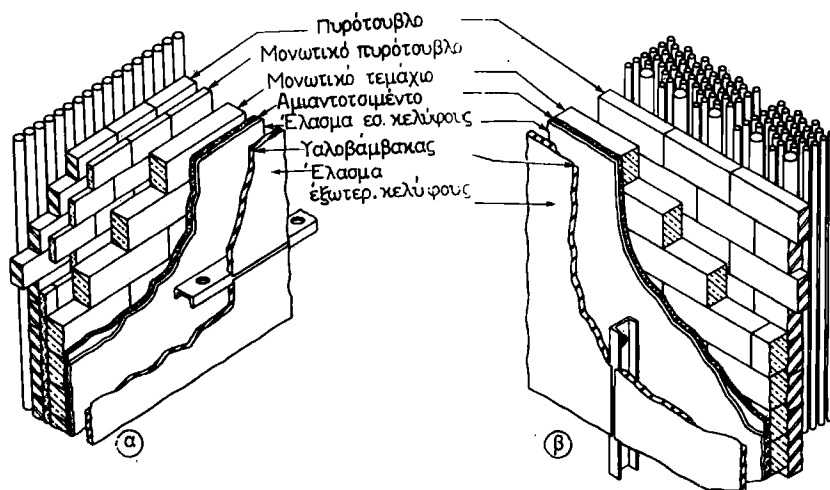
Υπάρχουν λέβητες με διπλό περίβλημα. Ο χώρος μεταξύ των δύο περιβλημάτων στην περίπτωση αυτή αποτελεί αγωγό, διαμέσου του οποίου οδηγείται ο αέρας από τον ανεμιστήρα ή τον προθερμαντήρα στο εμπρός τμήμα του λέβητα και από εκεί στην εστία.

Στα σχήματα 9.7(α) και 9.7(β) φαίνονται δύο τυπικές διατάξεις κατασκευής διπλού περιβλήματος. Με το διπλό περίβλημα ο καυσιγόνος αέρας αποκτά μία επιπλέον προθέρμανση και εμποδίζονται τυχόν διαρροές αερίων από την εστία προς το λεβητοστάσιο (τα αέρια οδηγούνται ξανά στο θάλαμο καύσεως).

Σε λέβητες εφοδιασμένους με θερμαντήρες αέρα η έξοδος των θερμαντήρων συνδέεται απευθείας με τον αγωγό αέρα του περιβλήματος.

Οι ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού συνδέονται με το θερμαντήρα αέρα, αν υπάρχει, διαφορετικά κατευθύνει με τον αγωγό αέρα του περιβλήματος.

Τα περιβλήματα αποτελούνται από τμήματα, ώστε να αφαιρούνται για εξέταση, καθαρισμό και επισκευές. Τα τμήματα κοχλιώνονται κατάλληλα και γίνονται αεροστεγή με την παρεμβολή λωρίδων από αμίαντο και άλλες ενώσεις.



Σχ. 9.7

Τυπικές διατάξεις διπλού περιβλήματος.

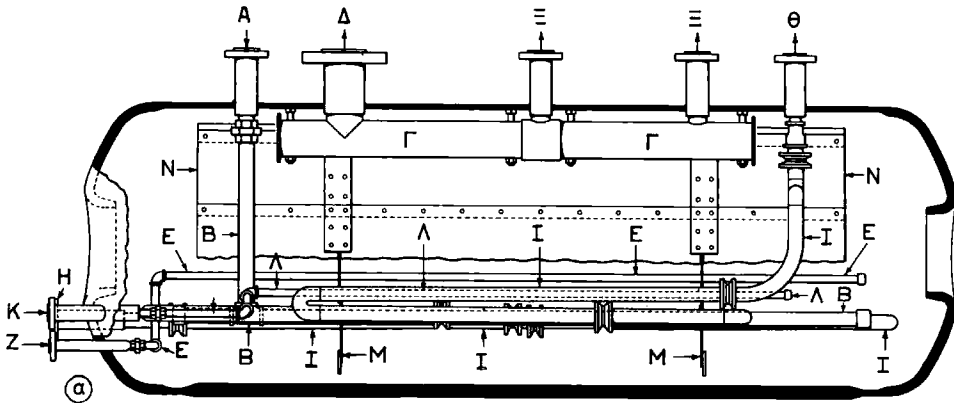
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΩΝ

10.1 Γενικά.

Με τον όρο εξαρτήματα εννοούμε όλα τα πρόσθετα αντικείμενα (όργανα) που υπάρχουν πάνω στο λέβητα. Με τα όργανα αυτά επιτυγχάνεται ο έλεγχος και η παρακολούθηση της ικανοποιητικής και ασφαλούς λειτουργίας του. Γενικά τα εξαρτήματα διακρίνονται σε εξαρτήματα που έχουν σχέση με το νερό και σε εξαρτήματα που αφορούν τον ατμό. Επίσης διακρίνονται σε εσωτερικά και εξωτερικά, ανάλογα με το χώρο όπου προσαρμόζονται.

Στο σχήμα 10.1 εικονίζεται ένας ατμοϋδροθάλαμος υδραυλωτού λέβητα, σε διαμήκη και εγκάρσια τομή, με όλα τα εσωτερικά εξαρτήματά του.



Διαμήκης τομή

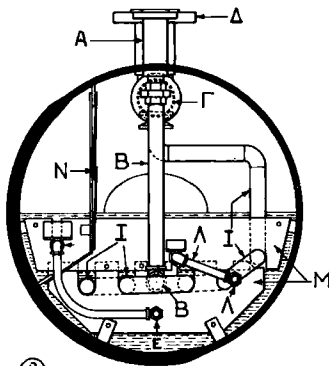
Σχ. 10.1.

Ατμοϋδροθάλαμος υδραυλωτού λέβητα.

α) Διαμήκης τομή. β) Διάταξη εσωτερικού εξαρτημάτων υδραυλωτού λέβητα σε εγκάρσια τομή.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- A – Είσοδος νερού
- B – Τροφοδοτικός σωλήνας
- Γ – Εσωτερικός ατμαγωγός σωλήνας
- Δ – Σύνδεσμος κύριου ατμοφράκτη
- E – Εξαφριστικός σωλήνας
- Z – Σύνδεσμος εξαφριστικού σωλήνα
- H – Είσοδος αφυπερθερμαντήρα
- Θ – Έξοδος αφυπερθερμαντήρα
- I – Αφυπερθερμαντήρας
- K – Εισαγωγή χημικών υλών
- Λ – Σωλήνας εισαγωγής χημικών υλών
- M – Αντιδιατοιχιστικό έλασμα
- N – Διάφραγμα
- Ξ – Λαιμός ασφαλιστικού



Έγκάρσια τομή

10.2 Εσωτερικός σωλήνας τροφοδοτήσεως.

Ο εσωτερικός σωλήνας τροφοδοτήσεως (ή τροφοδοτικός σωλήνας) αποτελείται από ένα ευθύ τμήμα σωλήνα, που εκτείνεται σε όλο το μήκος του ατμοθάλαμου και σε απόσταση από τον πυθμένα του ίση με το $\frac{1}{8}$ της διαμέτρου του θαλάμου. Στο εμπρός τμήμα του συνδέεται με το τροφοδοτικό επιστόμιο.

Αν ο λέβητας είναι εφοδιασμένος με οικονομητήρα, ο εσωτερικός σωλήνας τροφοδοτήσεως συνδέεται με το εμπρός ή με το πίσω τμήμα του προς τη σωλήνωση εξόδου του οικονομητήρα. Στην περίπτωση αυτή ο διακόπτης τροφοδοτήσεως και η βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτήσεως βρίσκονται στην εισαγωγή του οικονομητήρα.

Σε όλο το μήκος της επάνω επιφάνειας του εσωτερικού σωλήνα τροφοδοτήσεως ανοίγονται οπές, ώστε να αποφεύγεται η ανάμιξη του εισερχόμενου τροφοδοτικού νερού με τον εξερχόμενο από τους ατμογόνους αυλούς ατμό.

Η συνολική διατομή των οπών είναι διπλάσια από τη διατομή του σωλήνα, για να αποφεύγεται οποιοσδήποτε περιορισμός της ροής του νερού στο θάλαμο.

Σκοπός του τροφοδοτικού σωλήνα είναι η ομοιόμορφη διανομή του εισερχόμενου ψυχρού σχετικά τροφοδοτικού νερού μέσα στο χώρο του υδροθάλαμου και η αποφυγή των λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας εντόνων συστολών του υλικού στο σημείο εισόδου του.

10.3 Εσωτερικός εξαφριστικός σωλήνας.

Ο εσωτερικός εξαφριστικός σωλήνας αποτελείται από ένα διάτρητο σωλήνα, που εκτείνεται σε όλο το μήκος του υδροθάλαμου και ο οποίος βρίσκεται περίπου $\frac{1}{2}$ " κάτω από την κανονική στάθμη του νερού. Οι οπές ανοίγονται στην επάνω επιφάνεια του σωλήνα.

Ο σωλήνας συνδέεται με το εμπρός τμήμα του προς το επιστόμιο εξαφρίσεως, που χειριζόμαστε όταν θέλομε να αφαιρέσουμε λάδια, αφρό ή ελαφρές διαλυμένες στερεές ουσίες από την επιφάνεια του νερού.

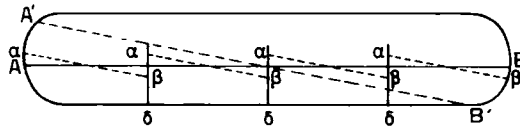
Όταν τό εξαφριστικό επιστόμιο ανοίγεται, ο ατμός αναγκάζει το νερό που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια και πάνω από τον εξαφριστικό σωλήνα να εξέλθει από το λέβητα.

10.4 Διαχωριστικά ελάσματα και αποχωριστές.

Σε λέβητες, που είναι τοποθετημένοι κατά το εγκάρσιο του πλοίου, για να αποφευχθούν οι μεγάλες και απότομες μετακινήσεις του νερού κατά τους διατοιχισμούς του πλοίου, τοποθετούνται κάθετα προς τον άξονα του θαλάμου διαχωριστικά ελάσματα δ στο κάτω μισό του θαλάμου (σχ. 10.4α).

Έτσι δε δημιουργείται ο κίνδυνος να αποκαλυφθούν στις φλόγες και τα καυσάερια τα πλευρικά ελάσματα των αυλοφόρων επιφανειών του ατμοϋδροθάλαμού τους και τα ανώτερα άκρα των αυλών, όπως φαίνεται στο σχήμα 10.4α.

Εκτός από τα διαφράγματα αυτά υπάρχουν κάθετα ή οριζόντια εμποδιστικά διαφράγματα (ποδιές). Επάνω σ' αυτές πέφτει ο παραγόμενος ατμός και εγκαταλείπει τα μόρια νερού, που συμπαρασύρει μαζί του και που ρέουν και ενώνονται με



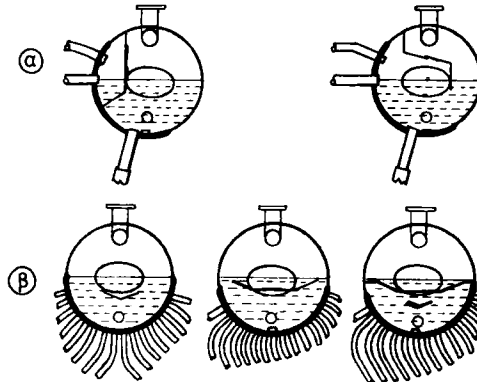
Σχ. 10.4α.

Αντιδιατοιχιστικά διαχωρίσματα υδροθάλαμου.
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

AB = Κανονική στάθμη.

A'B' = Στάθμη σε διατοιχισμό χωρίς χωρίσματα.

αβ = Στάθμη σε διατοιχισμό με χωρίσματα.



Σχ. 10.4β.

Τύποι εμποδιστικών διαχωρισμάτων.

α) Σε λέβητες με συλλέκτη. β) Σε λέβητες τύπου A και D.

το νερό του υδροθάλαμου. Τα μόρια αυτά είναι τόσο περισσότερα όσο υψηλότερη είναι η στάθμη και όσο μεγαλύτερος ο βαθμός ατμοπαραγωγής.

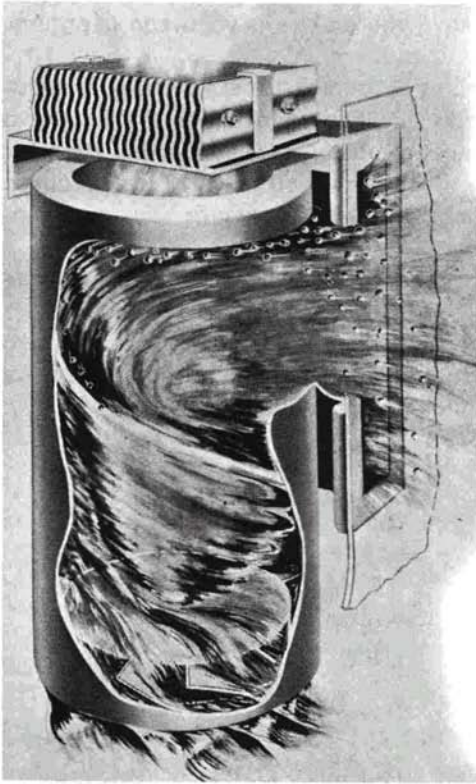
Στο σχήμα 10.4β παριστάνονται οι τύποι των εμποδιστικών διαχωρισμάτων, που είναι κάθετα σε λέβητες με συλλέκτες και οριζόντια σε λέβητες με θάλαμους τύπου A και D.

Μεγάλη εφαρμογή για την απαλλαγή του ατμού από τα μόρια νερού έχουν οι λεγόμενοι αποχωριστές που τοποθετούνται μέσα στους ατμοϋδροθάλαμους.

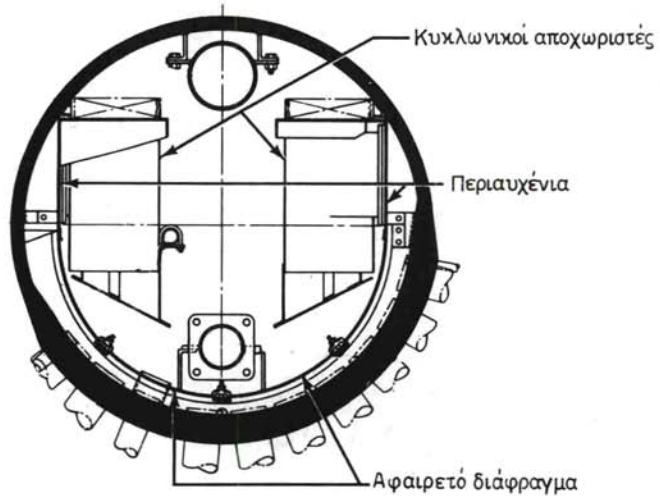
Μία πολύ επιτυχημένη μορφή αποχωριστή αποτελεί ο «Cyclone Separator», ο οποίος στα ελληνικά αποδίδεται ως *κυκλωνικός αποχωριστής*. Στο σχήμα 10.4γ παριστάνεται ένας αποχωριστής Cyclone. Στο σχήμα 10.4δ φαίνεται η τοποθέτηση τέτοιων αποχωριστών σε δύο σειρές κατά μήκος του ατμοϋδροθάλαμου.

Στον αποχωριστή Cyclone το ανερχόμενο μίγμα νερού και ατμού συγκεντρώνεται στο χώρο μεταξύ του πυθμένα του κάτω μέρους του ατμοθάλαμου και του διαχωριστικού ελάσματος (ποδιά) που βρίσκεται επάνω από τους ατμογόνους αυλούς.

Το διαχωριστικό έλασμα οδηγεί το μίγμα κατά την περίμετρο του ατμοθάλαμου σε ένα σημείο πάνω από την κανονική στάθμη του νερού. Με την ταχύτητα του ανερχόμενου μίγματος ο ατμός και το νερό εισέρχονται από πλευρικό ορθογώνιο άνοιγμα στον κυκλωνικό αποχωριστή. Καθώς το μίγμα εισέρχεται μέσα στον αποχωριστή, παίρνει περιστροφική κίνηση και έτσι το νερό ωθείται (εξαιτίας του μεγαλύτερου βάρους του) προς τα άκρα του κυκλωνικού αποχωριστή, ενώ ο ατμός ως ελαφρότερος παραμένει προς το κέντρο. Ένα εσωτερικό πτερύγιο είναι τοποθετημένο κατά τρόπο, ώστε να υποβοηθεί την κίνηση αυτή. Ο ατμός ανεβαίνει ενώ το



Σχ. 10.4γ.
Αποχωριστής Cyclone.



Σχ. 10.4δ.
Η τοποθέτηση κυκλωνικών αποχωριστών.

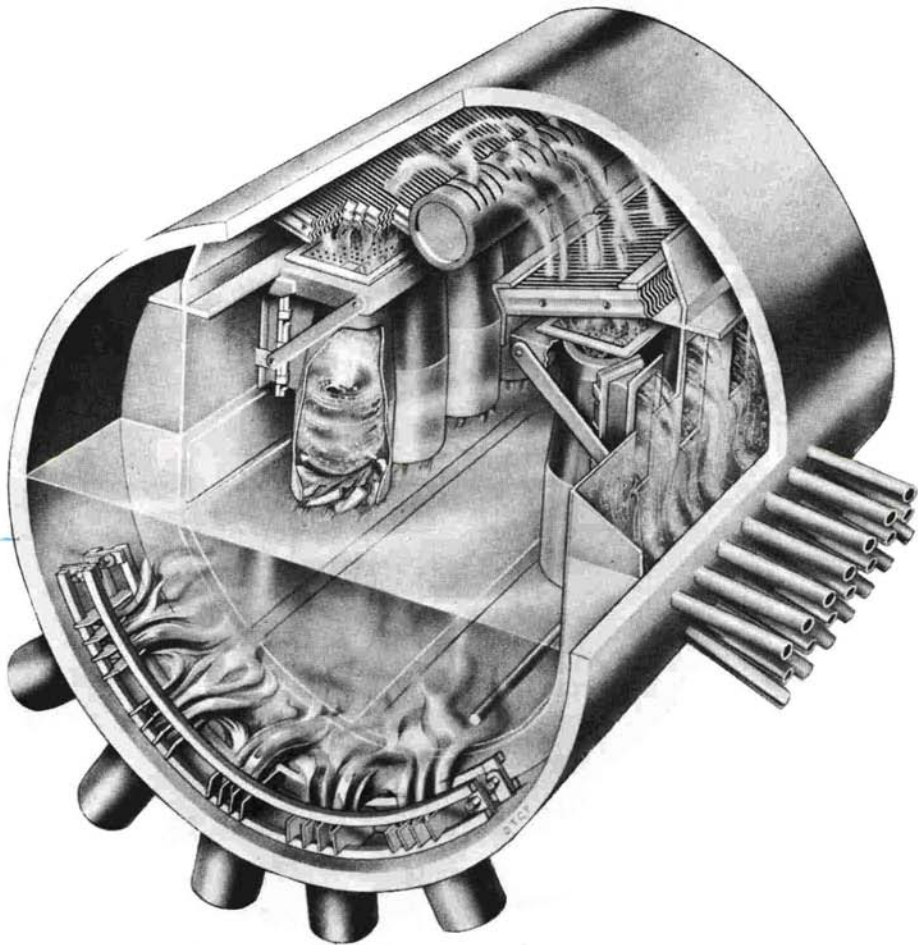
νερό λόγω του βάρους του κατεβαίνει. Ο ατμός στη συνέχεια περνά διαμέσου των κυματοειδών ελασμάτων που αποτελούν το πάνω μέρος του κυκλωνικού αποχωριστή και τα οποία αναγκάζουν τον ατμό να αλλάξει γρήγορα πολλές φορές την κα-

τεύθυνσή του, με αποτέλεσμα την απαλλαγή του από το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας που τυχόν έχει απομείνει.

Στον πυθμένα υπάρχει κύλινδρος, ο οποίος εξωτερικά φέρει καμπύλες ελασμάτινες λωρίδες. Το επίπεδο επάνω τμήμα του κυλίνδρου απαγορεύει στον ατμό να εξέλθει από το κάτω τμήμα του κυκλωνικού αποχωριστή, ενώ οι καμπύλες λωρίδες επιτρέπουν τη συνέχιση της περιστροφικής κινήσεως του νερού. Το εξερχόμενο από τον αποχωριστή νερό με κατάλληλη διάταξη πέφτει στο κέντρο του ατμοθάλαμου.

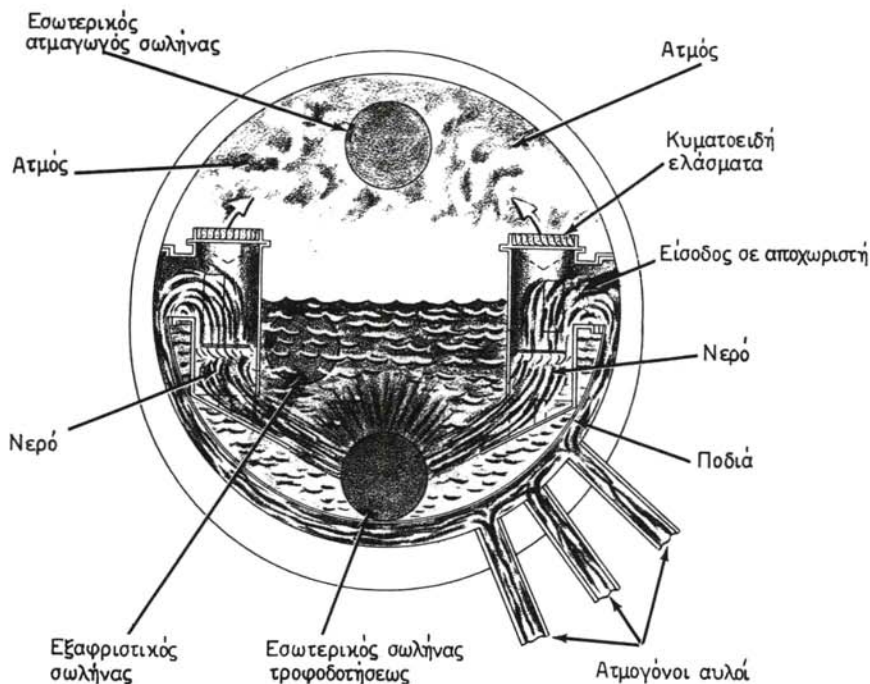
Στα σχήματα 10.4ε και 10.4στ παριστάνεται η ροή νερού και ατμού μέσα σε ατμοθάλαμο εφοδιασμένο με αποχωριστές Cyclone.

Οι κυκλωνικοί αποχωριστές παρέχουν ξηρό ατμό στον εσωτερικό απαγωγό ατμοσωλήνα με την ελάχιστη δυνατή ανατάραξη του νερού του ατμοθάλαμου και επομένως μειώνουν ταυτόχρονα και τις πιθανότητες αναβράσεων.



Σχ. 10.4ε.

Ροή ατμού και νερού διαμέσου αποχωριστών Cyclone του ατμοθάλαμου.



Σχ. 10.4στ.
Ροή ατμού και νερού σε ατμοθάλαμο.

10.5 Εσωτερικός σωλήνας απαγωγής ατμού.

Ο σωλήνας απαγωγής ατμού τοποθετείται στον ατμοθάλαμο όσο το δυνατό υψηλότερα.

Αποτελείται από ένα χαλύβδινο σωλήνα κλειστό στα δύο άκρα. Συνδέεται προς τον ή τους ατμαγωγούς μέσω μικρού σωλήνα σχήματος T που ηλεκτροσυγκολλείται στο έλασμα του ατμοθάλαμου.

Ο σωλήνας απαγωγής φέρει οπές ή σχισμές στο ανώτερο τμήμα του και σε όλο το μήκος του. Για να εισέλθει ο ατμός στο σωλήνα απαγωγής διαμέσου των οπών πρέπει να αλλάξει απότομα πορεία. Η αλλαγή αυτή προκαλεί έναν ακόμα αποχωρισμό της υγρασίας από τον ατμό, λόγω μηδενισμού της ταχύτητας του ρεύματος στο σημείο της καμψής.

Ο σωλήνας φέρει επίσης στο κατώτερο τμήμα του λίγες μικρές οπές, ώστε να εξασφαλίζεται η κανονική εξυδάτωσή του όταν ο λέβητας δε λειτουργεί ή λειτουργεί με μικρό φορτίο.

Μπορούμε να πούμε ότι ο σωλήνας απαγωγής ατμού είναι συγχρόνως και ένα είδος αποχωριστή ατμού.

10.6 Ατμοφράκτες.

Αυτοί γενικά είναι βαλβίδες που ελέγχουν τη συγκοινωνία του ατμοθάλαμου ή

του υπερθερμαντήρα με τον ατμαγωγό σωλήνα.

Η διατομή του ανοίγματος της βαλβίδας του ατμοφράκτη και η διάμετρος του ατμαγωγού σωλήνα υπολογίζεται με βάση κανόνες και τύπους που δίνονται από τους διάφορους κανονισμούς και στην περίπτωση μας από τους νηογνώμονες για Ναυτικούς Ατμολέβητες. Η βάση για τον υπολογισμό αυτό είναι πάντοτε ο βαθμός ατμοπαραγωγής, δηλαδή το ποσό του ωριαίως παραγόμενου ατμού ανά μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας. Ανάλογοι τύποι βρίσκονται στις αντίστοιχες εκδόσεις του αγγλικού Lloyd's Register of Shipping, του American Bureau of Shipping (ABS), του Bureau Veritas κλπ.

Οι ατμοφράκτες διακρίνονται σε:

- α) Κύριους, βοηθητικούς και τοπικούς.
- β) Κορεσμένου ή υπέρθερμου.
- γ) Κοινούς, ζυγοσταθμισμένους και αυτόκλειστους.

Στοιχεία υπολογισμού τού ατμοφράκτη.

Ο παρακάτω τύπος δίνει τη διάμετρο D της βαλβίδας σε mm:

$$D = c \frac{THS}{p}$$

όπου: THS η ολική θερμαινόμενη επιφάνεια, p η απόλυτη πίεση σε kp/cm^2 και c η εμπειρική σταθερά η οποία παίρνει τις παρακάτω τιμές:

Για φυσικό έλκυσμό $c = 28$ ως 30

Για τεχνητό έλκυσμό $c = 30$ ως 35 .

Ο επόμενος τύπος δίνει τη διατομή F σε αγγλικές μονάδες:

$$F = \frac{THS \cdot R}{8p}$$

όπου: THS η ολική θερμαινόμενη επιφάνεια σε ft^2 , R ο βαθμός ατμοπαραγωγής σε lb ατμού παραγόμενου ωριαίως ανά ft^2 θερμαινόμενης επιφάνειας και p η απόλυτη πίεση σε psi .

Το άνοιγμα ή ύψωση της βαλβίδας ρυθμίζεται στο ένα τέταρτο ($1/4$) περίπου της διαμέτρου, για να είναι επαρκής η δημιουργούμενη παράπλευρη επιφάνεια ανοίγματος και να μη συμβαίνει στραγγαλισμός του ατμού. Αυτό προκύπτει από το ότι η επιφάνεια της βαλβίδας $\pi D^2/4$ θα πρέπει να είναι ίση με την παράπλευρη $\pi \cdot D \cdot h$, όπου h η ανύψωση, δηλαδή:

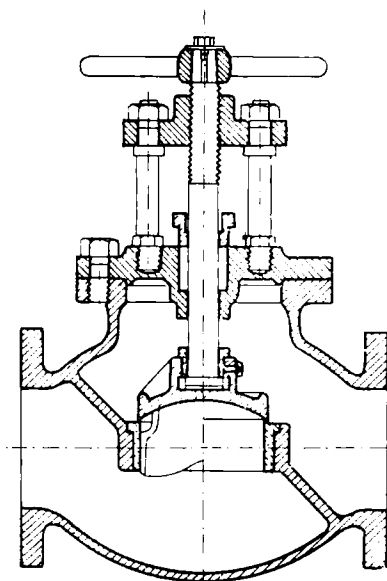
$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} = \pi \cdot D \cdot h$$

από όπου και

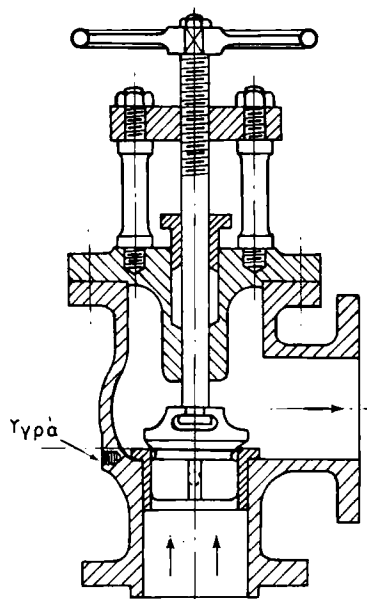
$$h = \frac{D}{4}$$

10.7 Ο κοινός ατμοφράκτης.

Εικονίζεται σε τομή στο σχήμα 10.7α και αποτελεί την απλούστερη μορφή



Σχ. 10.7α.
Ατμοφράκτης σε τομή.



Σχ. 10.7β.
Ατμοφράκτης υπό γωνία.

ατμοφράκτη με βαλβίδα παρασυρόμενη από το βάκτρο της.

Διακρίνομε την εισαγωγή-εξαγωγή του ατμού, την έδρα της βαλβίδας, τη βαλβίδα με το βάκτρο της, το πώμα του κιβωτίου του ατμοφράκτη και το στυπαιοθλίπτη.

Επίσης τη γέφυρα του ατμοφράκτη με το περικόχλιο μέσα στο οποίο κοχλιώνεται το βάκτρο και τέλος το χειροσφόνδυλο ή βολάν. Μια άλλη μορφή κοινού ατμοφράκτη *υπό γωνία* φαίνεται στο σχήμα 10.7β.

10.8 Ο αυτόκλειστος ατμοφράκτης.

Αποτελεί ειδική κατασκευή η οποία περιέχει διάταξη με τη βοήθεια της οποίας μετά την ανύψωσή της, η βαλβίδα γίνεται ανεπίστροφη. Με τον ίδιο τρόπο, όταν ο λέβητας λειτουργεί και αιφνίδια πέσει η πίεσή του, η βαλβίδα δεχόμενη από τα νότα της πίεση μεγαλύτερη από την πίεση του ατμαγωγού από τους άλλους λέβητες που βρίσκονται σε λειτουργία, θα κλείσει αυτόματα και θα προλάβει μεγαλύτερη απώλεια ατμού από τους παραπάνω λέβητες.

Ο ατμοφράκτης αυτός φαίνεται στο σχήμα 10.8α. Διακρίνομε το θάλαμο ή κιβώτιο της βαλβίδας Κ, την είσοδο Ι και την έξοδο Ο του ατμού. Η βαλβίδα Υ συνδέεται με το βάκτρο S και εδράζεται πάνω στην έδρα Τ. Το βάκτρο S περνά από το πώμα L και σε μικρή από το στυπαιοθλίπτη Μ απόσταση η διάμετρός του μικραίνει απότομα. Η μικρής διαμέτρου προέκταση του βάκτρου καταλήγει στο μικρό χειροσφόνδυλο Η.

Γύρω από την προέκταση του βάκτρου ολισθαίνει το χιτώνιο F, που φέρει αρσενικό σπείρωμα. Στο κατώτερο άκρο του φέρει επίσης σε ορθή γωνία δύο περο-

νοειδείς οδηγούς, που ολισθαίνουν στις κολόνες της γέφυρας E. Οι κολόνες αυτές χρησιμεύουν ως οδηγοί, ώστε το χιτώνιο F να μπορεί να ανεβαίνει ή να κατεβαίνει ολισθαίνοντας γύρω από το βάκτρο S, χωρίς όμως να μπορεί να περιστραφεί.

Γύρω από το χιτώνιο F υπάρχει το χιτώνιο N με θηλυκό σπείρωμα, που έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται στο εσωτερικό της πλήμνης E.

Πάνω στο χιτώνιο N κοχλιώνεται και στερεώνεται με σφήνα ο κωνικός οδοντωτός τροχός B, επάνω στον οποίο στερεώνεται με κοχλίες ο μεγάλος χειροσφόνδυλος W.

Ο οδοντωτός τροχός B εμπλέκεται με τον οδοντωτό τροχό C, που μπορεί να περιστραφεί με τον άξονα D από το κατάστρωμα ή άλλη απομακρυσμένη θέση.

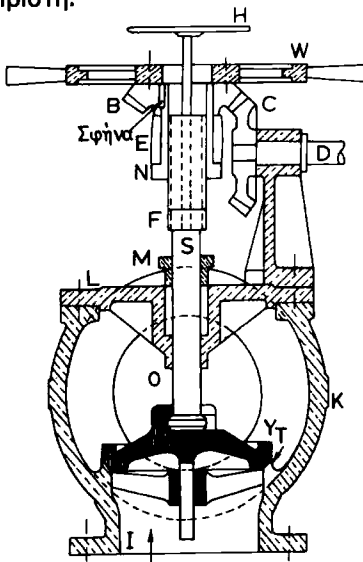
Η λειτουργία του ατμοφράκτη πραγματοποιείται ως εξής: Με περιστροφή του χειροσφόνδουλου W περιστρέφουμε το χιτώνιο M μέσα στην πλήμη E. Το χιτώνιο N (με θηλυκό σπείρωμα) αναγκάζει το χιτώνιο F να ανυψωθεί, γιατί αυτό δεν μπορεί να περιστραφεί. Έτσι το βάκτρο S ελευθερώνεται και μπορεί να ανυψωθεί από την πίεση του ατμού, που ασκείται κάτω από τη βαλβίδα.

Όταν το χιτώνιο F ανυψωθεί στο επιθυμητό ύψος, τότε η πίεση του ατμού ωθεί τη βαλβίδα και το βάκτρο, μέχρις ότου το τμήμα της μεγάλης διαμέτρου του βακτρού ακουμπήσει στην κάτω επιφάνεια του F. Έτσι το επιστόμιο ανοίγει.

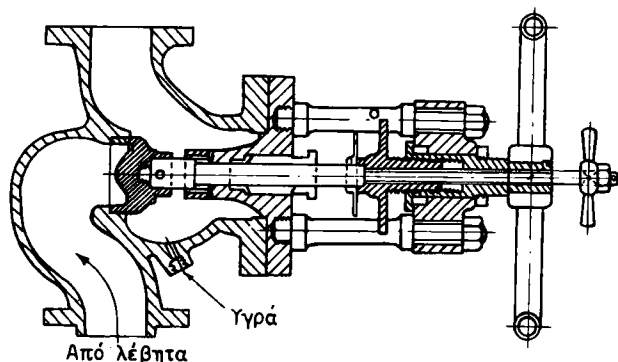
Όταν το επιστόμιο είναι ανοικτό και η πίεση του λέβητα ελαττωθεί, τότε η από τα νύα της βαλβίδας πίεση του ατμού από τους άλλους λέβητες θα παρασύρει τη βαλβίδα Y με το βάκτρο S και το χειροσφόνδυλο H και θα κλείσει τη βαλβίδα στεγανά πάνω στην έδρα της.

Φανερό είναι ότι περιστρέφοντας το χειριστήριο προς τα δεξιά κατεβάζουμε το χιτώνιο F και ωθούμε το βάκτρο S προς τα κάτω κλείνοντας έτσι τη βαλβίδα πάνω στην έδρα της.

Όταν ο ατμοφράκτης ανοίγεται, το μικρό χειριστήριο H πρέπει να έλκεται με το χέρι πάντοτε προς τα πίσω, ώστε να αποφευχθεί απότομη ύψωση της βαλβίδας από την πίεση του ατμού, που μπορεί να προκαλέσει ανωμαλία ή και τραυματισμό του χειριστή.



Σχ. 10.8α.
Αυτόκλειστος ατμοφράκτης.



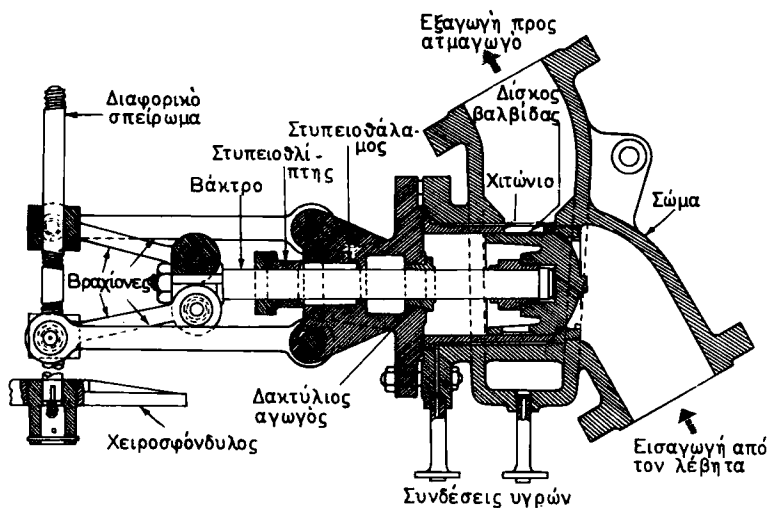
Σχ. 10.8β.
Αυτόκλειστος ατμοφράκτης με οριζόντιο βάκτρο.

Οι αυτόκλειστοι ατμοφράκτες τοποθετούνται συνήθως με το βάκτρο οριζόντιο, ώστε το βάρος της βαλβίδας και του βάκτρου να μην επηρεάζουν την κίνησή τους (σχ. 10.8β).

10.9 Ατμοφράκτης με βραχίονες.

Ο ατμοφράκτης αυτός (σχ. 10.9) είναι εφοδιασμένος με βαλβίδα τύπου εμβόλου. Η χρήση των βραχιόνων και η λειτουργία του ατμοφράκτη είναι ευνόητη από το σχήμα.

Παρατηρούμε εδώ ότι, εφόσον για να κλείσει οποιοσδήποτε ατμοφράκτης πρέπει να υπερνικήσει την αντίσταση της πίεσης του ατμού, επόμενο είναι ότι όσο το άνοιγμα της βαλβίδας ελαττώνεται, τόσο αυξάνεται η αντίσταση. Η αντίσταση αυ-



Σχ. 10.9.
Ατμοφράκτης με βραχίονες.

τή φθάνει στο μέγιστο τη στιγμή κατά την οποία η βαλβίδα κλείνεται τελείως.

Αυτό κάνει εξαιρετικά δύσκολο το κλείσιμο ενός συνηθισμένου ατμοφράκτη με κοχλιομημένο βάκτρο σε λέβητα υψηλής πίεσεως. Με τη χρησιμοποίηση όμως συστήματος βραχιόνων, αντιμετωπίζεται επιτυχώς η δυσχέρεια αυτή. Και αυτό γιατί στην περίπτωση αυτή η μέγιστη δύναμη εφαρμόζεται πάνω στο βάκτρο, την ίδια στιγμή που η αντίσταση φθάνει τη μέγιστη τιμή της.

Οι κύριοι ατμοφράκτες εφοδιάζονται με σύστημα χειρισμού από απόσταση, ώστε να μπορούμε να τους χειρισθούμε από το κατάστρωμα ή γειτονικό προς το λεβητοστάσιο διαμέρισμα, σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους κανονισμούς ασφαλείας.

Οι επιφάνειες επαφής του δίσκου της βαλβίδας και της έδρας της κατασκευάζονται συνήθως από στελλίτη. Ο στελλίτης είναι κράμα το οποίο αποτελείται από 55% κοβάλτιο, 30% χρώμιο, 15% βολφράμιο και 5% άνθρακα, σίδηρο, μαγγάνιο και πυρίτιο. Η έδρα και ο δίσκος κατασκευάζονται από χάλυβα και στη συνέχεια χαράζεται πάνω σ' αυτά αβαθές αυλάκι που γεμίζει με στελλίτη, με την τήξη ηλεκτροδίου από στελλίτη. Μετά επακολουθεί η λείανση της έδρας στον τόρνο με τη βοήθεια ειδικών σμυριδοτροχών.

10.10 Άλλοι τύποι ατμοφρακτών.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός διαφόρων τύπων ατμοφρακτών, η περιγραφή των οποίων δεν είναι εφικτή. Αναφέρονται μόνο εδώ οι λεγόμενοι **ζυγοσταθμισμένοι** ατμοφράκτες, οι οποίοι συνήθως εφοδιάζονται με βαλβίδα διπλής επικαθήσεως (κουβαρίστρα) ή με διάταξη που επιτρέπει την **ισορρόπηση των πιέσεων** πάνω στις δύο όψεις της βαλβίδας, ώστε να είναι εύκολος ο χειρισμός τους. Οι ατμοφράκτες αυτοί προτιμώνται ως ενδιάμεσοι ατμοφράκτες ατμαγωγών.

Άλλος τύπος ατμοφράκτη είναι και ο λεγόμενος ατμοφράκτης με **αντισταθμιστικό έμβολο** και **βοηθητική βαλβίδα**. Η διάταξη του αντισταθμιστικού εμβόλου χρησιμεύει στην αντιστάθμιση της πίεσεως του ατμού, με αποτέλεσμα το εύκολο άνοιγμα και το στεγανό κλείσιμο της βαλβίδας πάνω στην έδρα της.

10.11 Τροφοδοτικό επιστόμιο.

Το τροφοδοτικό επιστόμιο έχει, όπως είναι γνωστό, σκοπό να ελέγχει το εισερχόμενο στον υδροθάλαμο νερό. Αποτελείται συνήθως από ανεπίστροφη βαλβίδα Α, η οποία προλαβαίνει την επιστροφή του νερού από τον υδροθάλαμο στη σωλήνωση, όταν η πίεση καταθλίψεως ελαττωθεί κάτω από την πίεση του υδροθάλαμου.

Στο σχήμα 10.11α παριστάνεται ένα ανεπίστροφο τροφοδοτικό επιστόμιο. Διακρίνεται το βάκτρο ελέγχου, που προεκτείνεται μέχρι τη θέση του χειριστή, ο μοχλός Μ ελέγχου του βάκτρου της βαλβίδας η οποία κινείται μέσα στο χιτώνιο με τις θυρίδες Β καταθλίψεως του νερού.

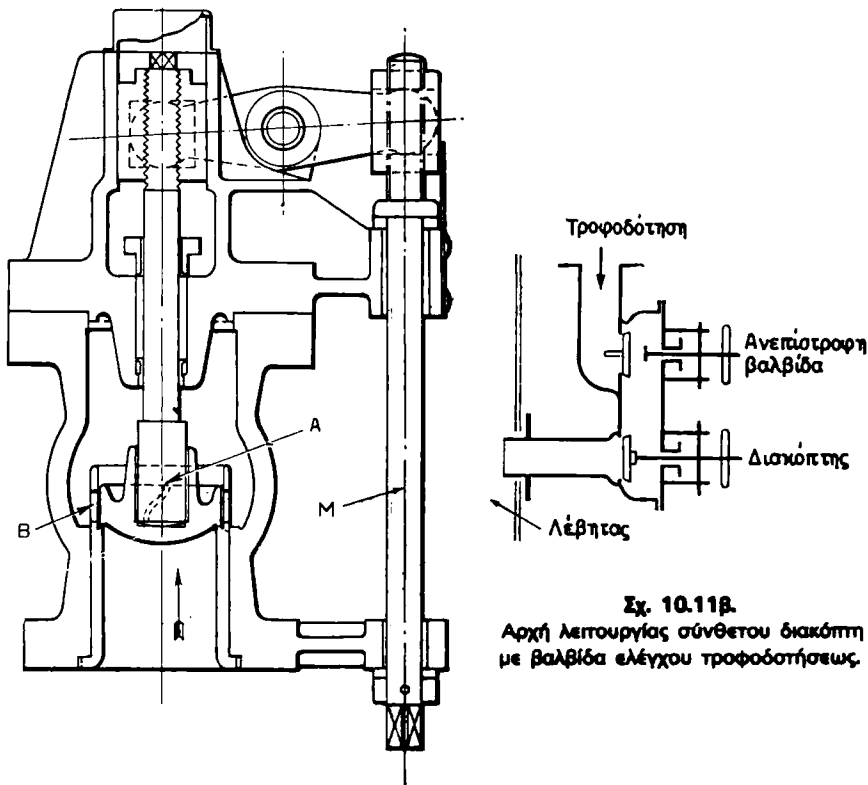
Όταν ανυψώνεται το βάκτρο, η βαλβίδα ανοίγει κάτω από την πίεση της καταθλίψεως, αποκαλύπτοντας τις θυρίδες και το νερό εισέρχεται στο λέβητα. Σε περίπτωση πτώσεως της πίεσεως καταθλίψεως, κλείνει κάτω από την πίεση του λέβητα που εφαρμόζεται στην επάνω επιφάνειά της και απαγορεύει την επιστροφή του νερού του υδροθάλαμου προς τη σωλήνωση. Οριστικό κλείσιμο της βαλβίδας γί-

νεται με το βάκτρο χειρισμού και τότε αυτή κάθεται εφαρμοστά στην έδρα της.

Η βαλβίδα φέρει στο σώμα της ένα σπειροειδές αυλάκι το οποίο την αναγκάζει να περιστρέφεται αργά κατά τη δίοδο του νερού, ώστε να αποφεύγεται η ανομοιόμορφη φθορά της και να είναι πάντοτε ελεύθερη για να λειτουργήσει.

Συνήθως μεταξύ τροφοδοτικού επιστομίου και υδροθάλαμου παρεμβάλλεται απομονωτικός διακόπτης.

Σήμερα έχει γενικευθεί η χρήση τροφοδοτικών επιστομίων με απομονωτικό διακόπτη ενσωματωμένων σε ένα συγκρότημα, το οποίο καλείται και **σύνθετος διακόπτης με βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτήσεως**.



Σχ. 10.11α.

Ανεπίστροφο τροφοδοτικό επιστόμιο.

Σχ. 10.11β.

Αρχή λειτουργίας σύνθετου διακόπτη με βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτήσεως.

Η αρχή λειτουργίας του φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 10.11β.

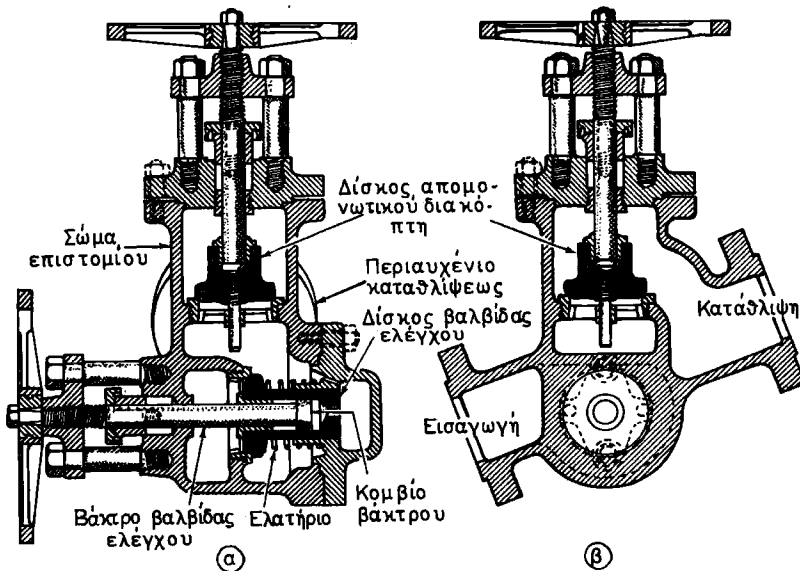
Ένα ή συνήθως δύο συγκροτήματα διακόπτη και βαλβίδας είναι τοποθετημένα στους ναυτικούς λέβητες, το καθένα από τα οποία συνδέεται με διαφορετική τροφοδοτική σωλήνωση. Και τα δύο καταθλίβουν στον εσωτερικό σωλήνα τροφοδοτήσεως. Σε λέβητες εφοδιασμένους με οικονομητήρα ο διακόπτης και η βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτήσεως καταθλίβουν στην εισαγωγή του οικονομητήρα. Στην περίπτωση αυτή τοποθετείται συνήθως μεταξύ της εξαγωγής του οικονομητήρα και του εσωτερικού σωλήνα τροφοδοτήσεως μία αυτόματη βαλβίδα ελέγχου, η οποία

επιτρέπει τη ροή του νερού μόνο προς τη διεύθυνση του λέβητα.

Σε περίπτωση βλάβης του οικονομητήρα η παραπάνω βαλβίδα ελέγχου θα κλείσει και θα αποφευχθεί έτσι η αντίστροφη ροή νερού και ατμού από το λέβητα προς τον οικονομητήρα.

Κατά τη λειτουργία χρησιμοποιείται μόνο ο ένας σύνθετος διακόπτης και βαλβίδα, ενώ ο άλλος είναι έτοιμος να λειτουργήσει σε περίπτωση βλάβης του πρώτου ή ανωμαλίας του χρησιμοποιούμενου τροφοδοτικού δικτύου.

Ένα συγκρότημα σύνθετου διακόπτη και βαλβίδας ελέγχου τροφοδοτήσεως παριστάνεται στο σχήμα 10.11γ. Το σύνθετο αυτό επιστόμιο τοποθετείται πάνω στον ατμοθάλαμο (ή την εισαγωγή του οικονομητήρα) έτσι, ώστε ο διακόπτης να παρεμβάλλεται μεταξύ της βαλβίδας και του θαλάμου. Η διάταξη αυτή επιτρέπει το κλείσιμο του διακόπτη, όταν η βαλβίδα ελέγχου δε λειτουργεί κανονικά ή όταν απαιτούνται επισκευές της βαλβίδας ή άλλου σημείου του τροφοδοτικού συστήματος (όταν ο λέβητας βρίσκεται σε λειτουργία) ή τέλος σε περίπτωση κατά την οποία ο λέβητας αργεί αλλά είναι γεμάτος νερό.



Σχ. 10.11γ.

Συγκρότημα σύνθετου διακόπτη και βαλβίδας ελέγχου τροφοδοτήσεως.

α) Σε τομή. β) Σε πλάγια όψη.

Όταν ο λέβητας ατμοποιεί, ο διακόπτης του χρησιμοποιούμενου τροφοδοτικού δικτύου παραμένει τελείως ανοικτός και η βαλβίδα ελέγχου χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της τροφοδοτήσεως του λέβητα.

Εφόσον η πίεση του θαλάμου ενεργεί πάνω στο δίσκο της βαλβίδας ελέγχου, έπεται ότι τυχόν πτώση της πίεσεως του νερού του τροφοδοτικού δικτύου θα έχει ως αποτέλεσμα το κλείσιμο της βαλβίδας ελέγχου. Αντίθετα, όταν η πίεση του νερού υπερβαίνει την πίεση μέσα στον ατμοθάλαμο, η βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει την είσοδο του νερού μέσα στο λέβητα. Το κλείσιμο της βαλβίδας πραγματοποιείται με το ελατήριο που βρίσκεται πάνω σ' αυτή.

Σε πολλές εγκαταστάσεις το σύνθετο επιστόμιο τοποθετείται έτσι, ώστε το βάκτρο της βαλβίδας ελέγχου να είναι κατακόρυφο και η βαλβίδα να κλείνει χωρίς ελατήριο, από μόνη της, λόγω του βάρους της.

Το βάκτρο της βαλβίδας ελέγχου έχει αριστερό σπείρωμα και του διακόπτη δεξιό, ώστε, όταν στρέφονται και οι δύο χειροσφόνδυλοι κατά τη διεύθυνση των δεικτών του ρολογιού, να κλείνουν και οι δύο βαλβίδες.

10.12 Αυτόματοι τροφοδοτικοί ρυθμιστές.

Είναι όργανα, τα οποία ρυθμίζουν αυτόματα την ποσότητα του εισερχόμενου στο λέβητα νερού.

Έχουμε τροφοδοτικούς ρυθμιστές υδραυλικής μεταδόσεως, θερμοστατικούς, θερμοϋδραυλικούς κλπ. Ορισμένοι από αυτούς περιγράφονται στη συνέχεια.

10.12.1 Τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford.

Ο αυτόματος τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford αποτελείται βασικά από δύο τμήματα:

- Το τροφοδοτικό επιστόμιο και
- τη ρυθμιστική βαλβίδα με τον πλωτήρα.

Σήμερα δεν χρησιμοποιείται πια με την κλασική μορφή που κατασκευάστηκε αρχικά, αλλά με τη μορφή του τύπου Steadiflow.

10.12.2 Τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford-Steadiflow.

Ο ρυθμιστής αυτός (σχ. 10.12α) παρέχει σταθερή τροφοδότηση αντίστοιχη προς την επιθυμητή ατμοπαραγωγή.

Η βαλβίδα Β φέρει έμβολο D που έχει την ίδια με αυτή διάμετρο. Πάνω στη βαλβίδα Β μορφώνεται μικρό έμβολο, του οποίου η επιφάνεια είναι το μισό της επιφάνειας της βαλβίδας και το οποίο εργάζεται μέσα στο θάλαμο C. Η σπή F φέρει σε επικοινωνία τον επάνω θάλαμο του εμβόλου με το θάλαμο τροφοδότησεως. Στον πυθμένα κάτω από το έμβολο κοχλιώνεται ένα μικρό ακροφύσιο διαρροών και διάτρητοι οχετοί G φέρουν σε επικοινωνία την σπή του ακροφυσίου με το θάλαμο τροφοδότησεως.

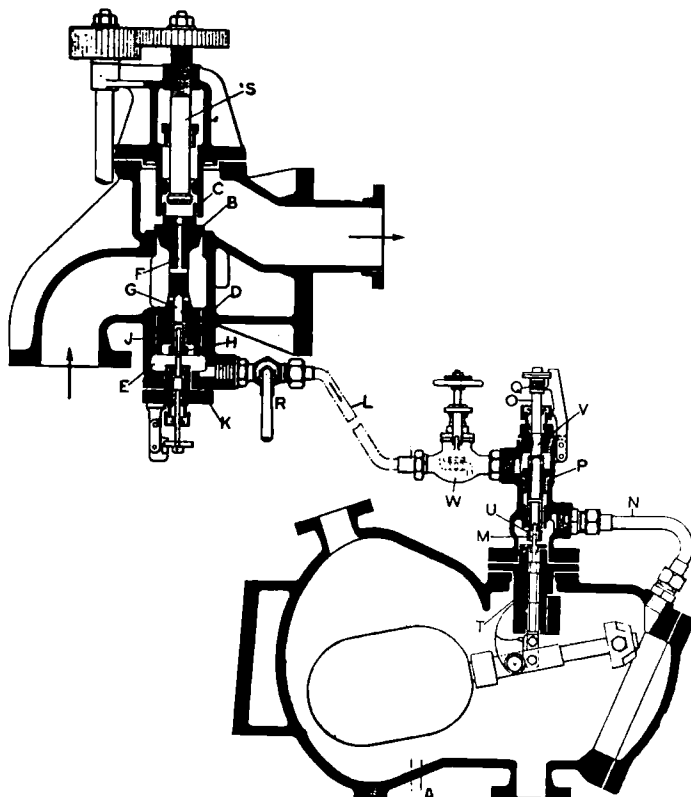
Μια ρυθμιζόμενη κωνική βαλβίδα διαρροών J είναι προσαρμοσμένη στον πυθμένα του επιστομίου. Αυτή ελέγχει την ποσότητα του νερού που διαρρέει στον κάτω από το έμβολο χώρο E και είναι κωνική, ώστε το ακροφύσιο να κλείνει όταν ανυψώνεται η κύρια βαλβίδα.

Ο χώρος E μέσω του σωλήνα L και του κρουνού R συνδέεται προς το πάνω μέρος του κιβωτίου της ρυθμιστικής βελόνας M, η οποία είναι έτσι τοποθετημένη, ώστε να κλείνει βαθμιαία όταν η στάθμη του λέβητα πέφτει και να ανοίγει όταν η στάθμη ανεβαίνει.

Ο σωλήνας εξαγωγής N οδηγεί τις διερχόμενες διαρροές προς το κιβώτιο του πλωτήρα. Με αυτό τον τρόπο η ποσότητα των διαρροών που διέρχονται από το κιβώτιο της ρυθμιστικής βελόνας M ελέγχεται από τη στάθμη του νερού και η τροφοδοτική βαλβίδα Β ισορροπεί μόνη της σε θέση, ώστε η ποσότητα των διαρροών, που διέρχεται από τη βαλβίδα διαρροών J και εισέρχεται στο χώρο E, να είναι ίση με την ποσότητα, η οποία διέρχεται διαμέσου του κιβωτίου της βελόνας M προς το κιβώτιο του πλωτήρα. Έτσι η στάθμη του νερού ποικίλλει από μια υψηλή στάθμη, όταν η ατμοπαραγωγή είναι ελαττωμένη, μέχρι μια χαμηλή, όταν είναι αυξημένη.

Ύστερα από τα παραπάνω η λειτουργία αυτού του αυτόματου τροφοδοτικού συστήματος έχει ως εξής:

Όταν η στάθμη στο κιβώτιο του πλωτήρα Α πέσει, η βελόνα M κλείνει και δημιουργεί πίεση στο χώρο E, οπότε η κύρια βαλβίδα Β ανυψώνεται και κλείνει κατά ένα ποσοστό το ακροφύσιο διαρροών J, μέχρις ότου οι διαρροές ισορροπήσουν μεταξύ τους. Το αντίστροφο συμβαίνει κατά την άνοδο της



Σχ. 10.12α
Τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford-Steadiflow.

στάθμης, οπότε η βελόνα Μ ανοίγει και επιτρέπει τη διόδο διαμέσου του σωλήνα Ν στο κιβώτιο του πλωτήρα μέσω της ανεπίστροφης βαλβίδας W.

Εφόσον η μέση πίεση στο χώρο Ε πέφτει, η βαλβίδα Β κλείνει αντίστοιχα, μέχρις ότου η διαρροή από το ακροφύσιο J ισορροπήσει τη διαρροή από τη βελόνα Μ. Τότε η κύρια βαλβίδα διατηρείται σε ισορροπία σε μία ενδιάμεση θέση, ώστε να διατηρήσει σταθερή στάθμη για την κατά την περίοδο αυτή αντίστοιχη σιμπαροαγωγή.

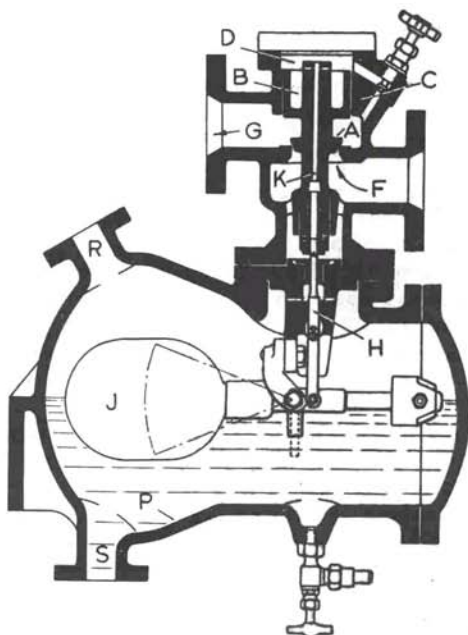
Η βελόνα του ακροφυσίου J κοχλιώνεται τελείως και το ρυθμιστικό βάκτρο Ο, το οποίο ρυθμίζει τη θέση της μεταθετής έδρας της βελόνας Μ, είναι έτσι ρυθμισμένο, ώστε να επιτρέπει τη μέγιστη τροφοδότηση. Χαμηλότερη στάθμη επιτυγχάνεται με τη μετακίνηση της έδρας της βελόνας Μ με το βάκτρο Ο.

Η αποκοχλίωση της βελόνας J κάνει δυνατή την ανηστάθμιση τυχόν αυξημένων διαρροών από την περιφέρεια του εμβόλου D λόγω τυχόν φθοράς του.

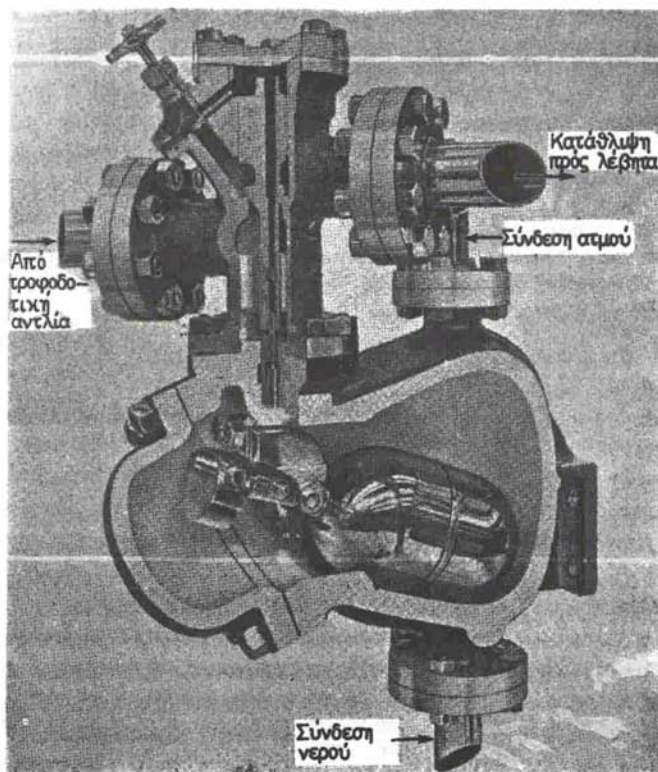
Το κλείσιμο του κρουνού R κάνει δυνατή την τροφοδότηση χωρίς την επέμβαση του αυτόματου ρυθμιστή.

10.12.3 Τροφοδοτικός ρυθμιστής Weir Robot (σχήματα 10.12β και 10.12γ).

Αποτελείται από μία αυτόματη τροφοδοτική βαλβίδα Α, η κίνηση της οποίας επηρεάζεται υδραυλικά και ελέγχεται από μία βελονοειδή βαλβίδα Η που κινείται από τον πλωτήρα. Το όλο συγκρότημα απαρτίζει ενιαίο σύνολο.



Σχ. 10.12β.
Τροφοδοτικός ρυθμιστής Weir Robot.



Σχ. 10.12γ.
Το εσωτερικό τροφοδοτικού ρυθμιστή Weir Robot.

Για δεδομένη ένταση ατμοπαραγωγής η βαλβίδα Α βρίσκεται σε αντίστοιχη θέση και επιτρέπει την είσοδο του τροφοδοτικού νερού στο λέβητα σε ποσότητα ανάλογη προς την ατμοπαραγωγή.

Η αυτόματη τροφοδοτική βαλβίδα Α είναι όμοια με ανεπίστροφη και διαθέτει από πάνω της έμβολο Β, το οποίο εργάζεται μέσα στον κύλινδρο C.

Το έμβολο Β είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από τη βαλβίδα Α και εφαρμόζει ελεύθερα στον κύλινδρο C. Η κατάθλιψη της αντλίας εισέρχεται διαμέσου του σωλήνα F κάτω από τη βαλβίδα Α και διαμέσου του σωλήνα G εισέρχεται στο λέβητα. Ο σκετός Κ μέσα στο σώμα της βαλβίδας και του εμβόλου επιτρέπει τη ροή του νερού της καταθλίψεως προς το θάλαμο D.

Η πίεση της καταθλίψεως ασκείται κάτω από τη βαλβίδα Α, και επάνω από αυτή ασκείται η πίεση του λέβητα. Η ίδια πίεση του λέβητα ασκείται και κάτω από το έμβολο Β. Η επάνω επιφάνεια του εμβόλου υπόκειται σε ενδιάμεση πίεση μεταξύ των πιέσεων του λέβητα και της καταθλίψεως, γιατί η πίεση στο θάλαμο D ελέγχεται από τη βελόνα Η, η οποία κινείται από τον πλωτήρα. Μικρή ποσότητα νερού ρέει διαμέσου της βελόνας Η στο θάλαμο D, από όπου διέρχεται διαμέσου της περιφερειακής ελευθερίας του εμβόλου στο λέβητα.

Η πίεση στο θάλαμο D μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η ποσότητα του νερού το οποίο διέρχεται διαμέσου της βελόνας Η, η αναγκαία για να τηρήσει σε ισορροπία τη βαλβίδα Α στην επιθυμητή θέση, όπως αυτή ρυθμίζεται από τη θέση του πλωτήρα.

Ένας κρουνός bye-pass φέρει σε επικοινωνία το θάλαμο D με το χώρο Α. Όταν ο κρουνός ανοίξει, η πίεση πέφτει τελείως και επιτρέπει στη βαλβίδα του ρυθμιστή να ανοίξει τελείως, όταν το επιστόμιο πρέπει να λειτουργήσει όχι αυτόματα. Ο κρουνός για την αυτόματη λειτουργία πρέπει να είναι κλειστός.

Η λειτουργία του ρυθμιστή Robot.

Με την πώση της στάθμης ο πλωτήρας J κατεβαίνει και η βελόνα Η ανεβαίνει και διακόπτει τη ροή του νερού από το άνοιγμα Κ στο θάλαμο D. Η πίεση στο θάλαμο D πέφτει λόγω της διαρροής νερού στο θάλαμο από την περιφερειακή ελευθερία του εμβόλου. Αμέσως στη συνέχεια η πίεση στο θάλαμο D πέφτει κάτω από την πίεση ισορροπίας και η βαλβίδα Α ανεβαίνει και επιτρέπει στο νερό της τροφοδοτήσεως να εισέλθει στο λέβητα.

Η βαλβίδα Α μπορεί να ανυψώνεται τόσο μόνο, όσο η βελόνα Η έχει ανυψωθεί, γιατί αμέσως αποκαλύπτεται το άνοιγμα Κ και η πίεση από πάνω, στο έμβολο Β υπερβαίνει την πίεση, που είναι αναγκαία για να τηρήσει τη βαλβίδα σε ισορροπία. Συγχρόνως η βαλβίδα Α κινείται για να κλείσει μέχρις ότου η πίεση στο θάλαμο D φθάσει την τιμή της ισορροπίας.

Όταν η στάθμη του λέβητα υψώνεται, η βελόνα Η κατεβαίνει και το άνοιγμα Κ αποκαλύπτεται και επιτρέπει στο νερό να εισέλθει στο θάλαμο D. Η πίεση στο θάλαμο D υπερβαίνει την αναγκαία πίεση της ισορροπίας και η βαλβίδα Α κατεβαίνει με το ίδιο ποσοστό όπως η βελόνα.

Σημειώνεται εδώ ότι η βαλβίδα Α και το έμβολο Β αναγκάζονται υδραυλικά να κινούνται στην ίδια κατεύθυνση και στο ίδιο ποσοστό όπως και η βελόνα Η, η οποία κινείται από τον πλωτήρα. Για κάθε θέση της βελόνας Η, η βαλβίδα Α τηρείται σε ισορροπία σε αντίστοιχη θέση.

Ο ρυθμιστής Robot τηρεί σύμφωνα με τα παραπάνω, σταθερή στάθμη μεταξύ ανώτατης και κατώτατης για οποιανδήποτε δοσμένη ατμοπαραγωγή.

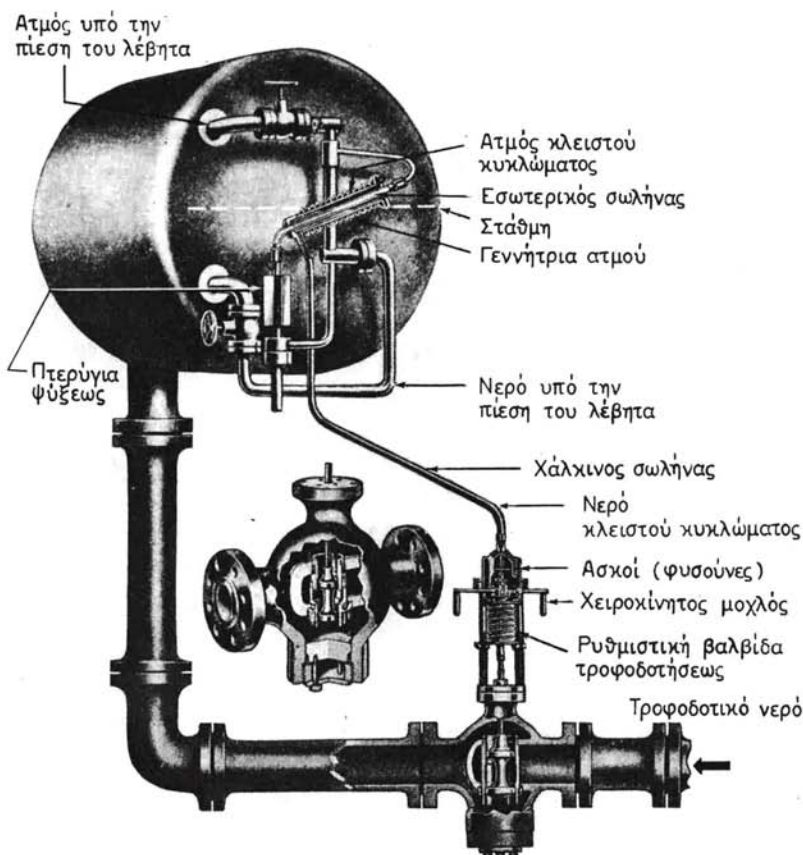
10.12.4 Θερμοϋδραυλικός ρυθμιστής τροφοδοτήσεως Bailey (σχ. 10.12δ).

Η λειτουργία του βασίζεται στη θεμελιώδη αρχή ότι ο όγκος ποσότητας ατμού χαμηλής πίεσεως είναι πολύ μεγαλύτερος από τον όγκο του νερού, από τον οποίο προήλθε ο ατμός.

Ο ρυθμιστής αυτός είναι ένα κλειστό υδραυλικό σύστημα, που περιλαμβάνει το δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών σωλήνων της γεννήτριας ατμού, το χάλκινο σωλήνα συνδέσεως, τους μεταλλικούς κυματοειδείς ασκούς (φυσούνες) της ρυθμιστικής βαλβίδας και το νερό το απαραίτητο για την πλήρωση του συστήματος.

Η θερμότητα του ατμού στο επάνω τμήμα του εσωτερικού σωλήνα προκαλεί την ακαριαία ατμοποίηση του νερού στο δακτυλιοειδή χώρο. Το νερό που απομένει εξαναγκάζεται να βγει από το δακτυλιοειδή χώρο, μέχρις ότου εξισωθεί η στάθμη του νερού στους εσωτερικούς και εξωτερικούς σωλήνες. Το νερό αυτό περνά από το σωλήνα συνδέσεως και προκαλεί την έκταση των ασκών και το μερικό άνοιγμα της ρυθμιστικής βαλβίδας.

Όταν αυξάνονται οι απαιτήσεις σε ατμό, η στάθμη του νερού στο τύμπανο και τους σωλήνες της



Σχ. 10.126.

Θερμοϋδραυλικός ρυθμιστής τροφοδοτήσεως Bailey.

γεννήτριας ατμού κατεβαίνει με αποτέλεσμα να ατμοποιείται ακαριαία περισσότερο νερό και να ανοίγει ακόμα περισσότερο η ρυθμιστική βαλβίδα.

Όταν ελαττώνονται οι απαιτήσεις σε ατμό, η στάθμη του νερού στο τύμπανο και τους σωλήνες της ατμογεννήτριας ανεβαίνει. Το νερό αυτό, που ψύχεται από τα ελάσματα για την αύξηση της επιφάνειας ακτινοβολίας, συμπυκνώνει μέρος του ατμού στο δακτυλιοειδή χώρο, με αποτέλεσμα να μειώνεται η πίεση στους σωλήνες της ατμογεννήτριας.

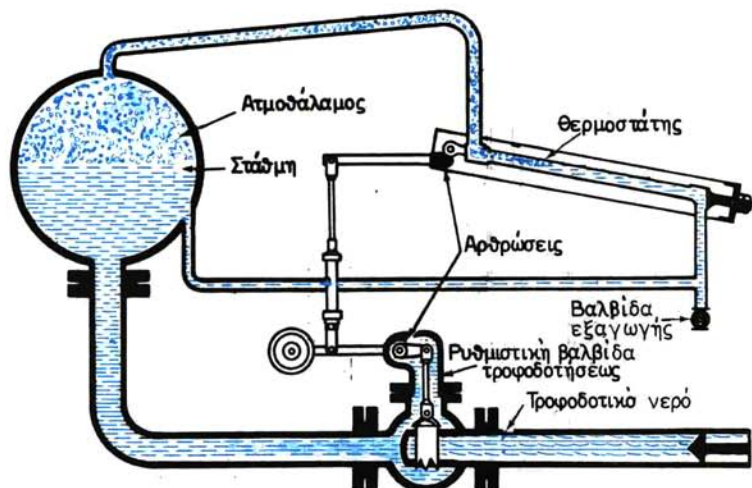
Εξαιτίας της παραπάνω συμπυκνώσεως μειώνεται ο όγκος του ατμού και επιτρέπεται στο ελατήριο της βαλβίδας να συμπίσει τους ασκούς και να κλείσει μερικώς τη ρυθμιστική βαλβίδα.

10.12.5 Θερμο-εκτονωτικός τροφοδοτικός ρυθμιστής (σχ. 10.12ε).

Η λειτουργία του βασίζεται στο θερμοστατικό σωλήνα, ο οποίος συγκοινωνεί με τον ατμοθάλαμο και τον υδροθάλαμο. Αυτός συστέλλεται ή διαστέλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο η στάθμη του νερού σ' αυτόν είναι χαμηλότερη. Η διακύμανση του μήκους του θερμοστάτη μεταφέρεται μέσω μοχλών στη βαλβίδα τροφοδοτήσεως, ώστε όταν η στάθμη στο λέβητα είναι χαμηλή η βαλβίδα να ανοίγει περισσότερο, ενώ όταν είναι υψηλή η βαλβίδα να κλείνει, ελαττώνοντας την ποσότητα του νερού τροφοδοτήσεως που εισέρχεται στο λέβητα.

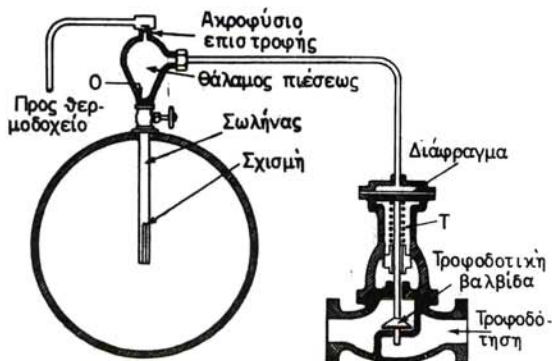
10.12.6 Τροφοδοτικός ρυθμιστής Campbell (σχ. 10.12στ).

Αποτελείται από ένα μικρό κατακόρυφο σωλήνα ο οποίος στο κάτω άκρο του



Σχ. 10.12β.

Θερμο-εκτονωτικός τροφοδοτικός ρυθμιστής.



Σχ. 10.12α.

Τροφοδοτικός ρυθμιστής Campell.

φέρει μία σχισμή. Ο σωλήνας αυτός εισέρχεται μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο.

Το επάνω άκρο του συγκοινωνεί μέσω του ακροφυσίου Ο με τον εικονιζόμενο θάλαμο πίεσεως, ο οποίος πάλι συγκοινωνεί με το θερμοδοχείο και με το χώρο πάνω από το διάφραγμα του κιβωτίου της βαλβίδας τροφοδοτήσεως.

Ανάλογα με τη στάθμη του νερού στο λέβητα διέρχεται μέσα στο σωλήνα ατμός ή μίγμα ατμού και νερού ή μόνο νερό.

Όταν η στάθμη του νερού είναι χαμηλή, περνάει ατμός, ο οποίος διαφεύγει προς το θερμοδοχείο και οδεύει προς το διάφραγμα. Η πίεσή του όμως είναι μικρή λόγω της διαφυγής του προς το θερμοδοχείο και επομένως ανεπαρκής για να μετακινήσει το διάφραγμα προς τα κάτω και να κλείσει τη βαλβίδα τροφοδοτήσεως, η οποία έτσι παραμένει ανοικτή.

Όταν η στάθμη ανεβεί, εισέρχεται στο σωλήνα αρκετή ποσότητα νερού, η οποία μόλις βρεθεί στο θάλαμο πίεσεως, όπου επικρατεί χαμηλή πίεση, εξατμίζεται

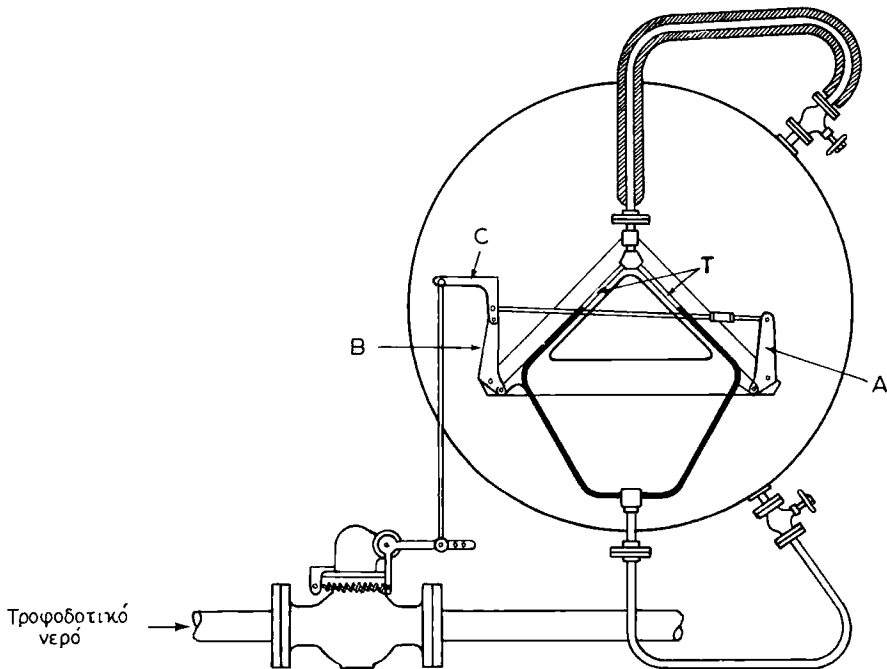
πολύ γρήγορα. Η εξάτμιση αυτή προκαλεί αύξηση της αντιστάσεως τριβής στο προς το θερμοδοχείο ακροφύσιο. Επίσης ασκεί αυξημένη πίεση πάνω στο διάφραγμα, το οποίο υπερνικά τη δύναμη του ανασταλτικού ελατηρίου και κλείνει ανάλογα λίγο ή και τελείως τη βαλβίδα τροφοδοτήσεως, μέχρις ότου η στάθμη επανέλθει στο κανονικό επίπεδό της.

Τροφοδοτικοί ρυθμιστές Campbell είχαν εγκατασταθεί σε λέβητες B & W των πλοίων τύπου Liberty και Victory.

10.12.7 Τροφοδοτικός ρυθμιστής Copes (σχ. 10.12ζ).

Αποτελείται από δύο λυγισμένους σε γωνία 45° εκτονωτικούς σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα, προσαρμοσμένους επάνω σε σταθερό χαλύβδινο σκελετό.

Τα επάνω άκρα των σωλήνων ενώνονται μαζί σ' ένα ζυγό και στη συνέχεια προς ένα σωλήνα ατμού ισχυρά επενδυμένο με μονωτική επένδυση.



Σχ. 10.12ζ.

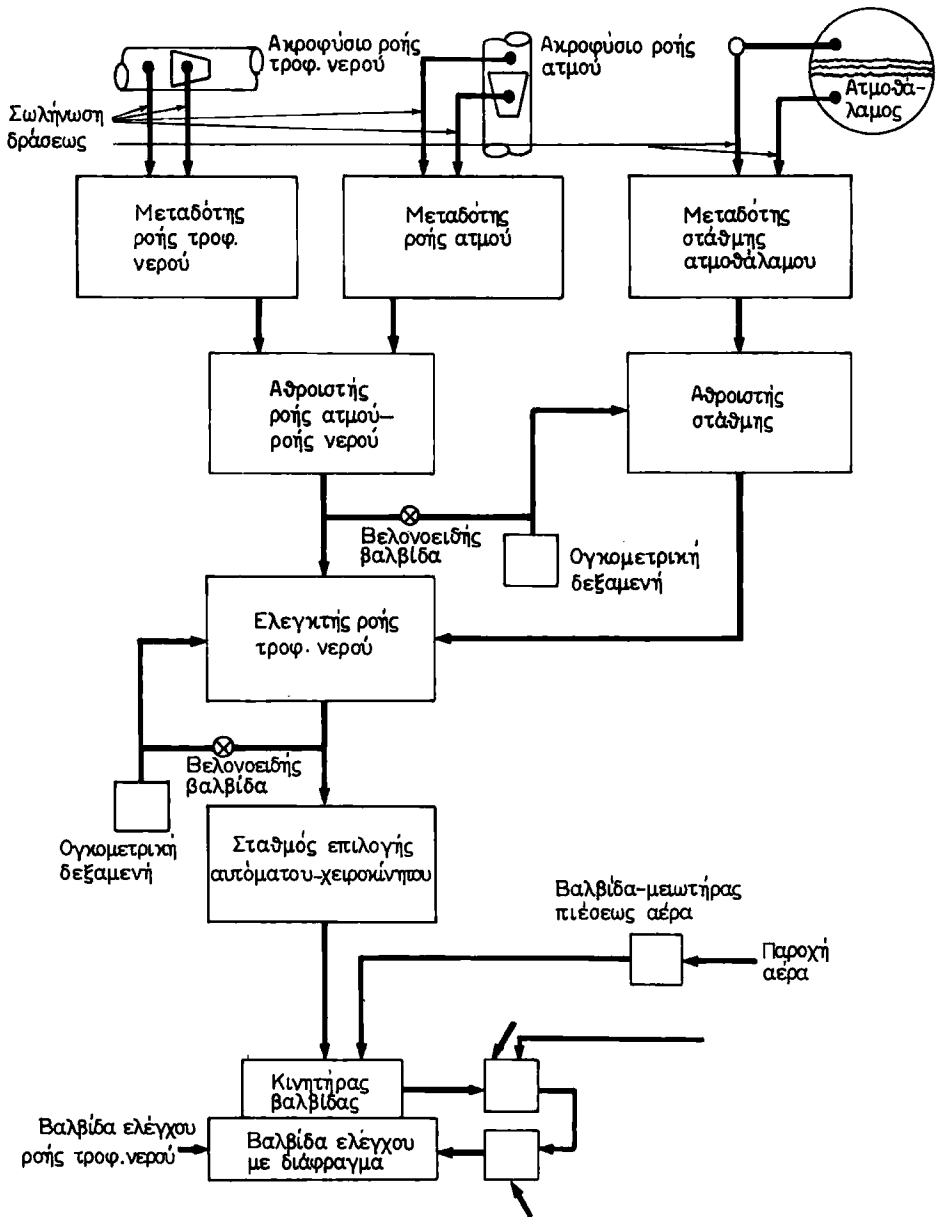
Τροφοδοτικός ρυθμιστής Copes.

Τα κατώτερα άκρα των σωλήνων, που συγκοινωνούν με τον υδροθάλαμο, αρθρώνονται με μοχλούς, οι οποίοι τελικά επενεργούν στην τροφοδοτική βαλβίδα.

Κατά τη λειτουργία και δεδομένου ότι ο συγκοινωνητικός σωλήνας του ατμού φέρει ισχυρή μόνωση, η θερμοκρασία του ατμού μέσα στους εκτονωτικούς σωλήνες είναι η ίδια όπως στο λέβητα, ενώ του νερού λόγω μη υπάρξεως μόνωσης είναι αισθητά χαμηλότερη. Οι μοχλοί A και B μεγεθύνουν την κίνηση, που προκαλείται από την εκτόνωση των σωλήνων T. Οι κινήσεις των μοχλών A και B προσθέ-

τονται και πολλαπλασιάζονται με το μοχλό C, που επενεργεί στην τροφοδοτική βαλβίδα.

Όταν η στάθμη στο λέβητα και αντίστοιχα στους εκτονωτικούς σωλήνες πέφτει, οι σωλήνες αυτοί διαστέλλονται λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασίας, οπότε ο μοχλός A στρέφει προς τα αριστερά και ο B προς τα δεξιά. Οι κινήσεις προσθέτον-



Σχ. 10.13α.

Τυπικό διάγραμμα πνευματικού ρυθμιστή στάθμης.

ται και μεγεθύνονται, όπως είπαμε με το μοχλό C, ο οποίος στρέφει προς τα αριστερά, ώστε να ανοίξει τη βαλβίδα ελέγχου της τροφοδοτήσεως.

Το αντίθετο συμβαίνει στην περίπτωση ανόδου της στάθμης στο λέβητα.

Ο ρυθμιστής αυτός είναι ανεξάρτητος από την κλίση που παίρνει το πλοίο σε διατοχισμό. Είναι προφανές ότι σε μια τέτοια περίπτωση ο ένας σωλήνας θα έχει χαμηλότερη στάθμη και ο άλλος υψηλότερη. Δεδομένου όμως ότι οι κινήσεις τους προσθέτονται το αποτέλεσμα μένει το ίδιο.

10.13 Πνευματικός ρυθμιστής στάθμης.

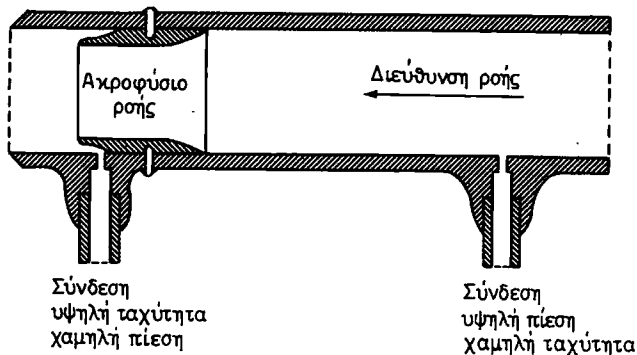
Οι ρυθμιστές στάθμης που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο μπορούν να καταταγούν στους μηχανικούς με άμεσο ή έμμεσο άνοιγμα της τροφοδοτικής βαλβίδας. Στη συνέχεια θα παραθέσουμε τυπικό σύστημα πνευματικού ρυθμιστή στάθμης (σχ. 10.13α), το οποίο εντάσσεται μέσα στο όλο σύστημα αυτοματοποιημένης λειτουργίας των λεβήτων.

10.13.1 Ακροφύσια ροής.

Η μέτρηση της ροής του ατμού και του νερού βασίζεται στα αποτελέσματα ενός εμποδίου (ακροφυσίου ροής), τοποθετημένου στη διαδρομή του ρευστού που βρίσκεται υπό πίεση μέσα σε μια σωλήνωση. Επειδή η επιφάνεια του ακροφυσίου είναι μικρότερη από τη διατομή του σωλήνα, η ταχύτητα του ρευστού αυξάνει στο ακροφύσιο και πέφτει η πίεσή του. Αφού περάσει από το ακροφύσιο, η ταχύτητα του ρευστού γίνεται ίση με την αρχική, πριν από το ακροφύσιο. Μετρώντας τη στατική πίεση πριν από το ακροφύσιο και στο ακροφύσιο, μπορεί να προσδιορισθεί η πτώση της πίεσεως που καλείται επίσης **διαφορική πίεση**.

Η διαφορική αυτή πίεση είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ροής ή αλλιώς η ροή μέσα από το ακροφύσιο είναι ανάλογη με την τετραγωνική ρίζα της διαφορικής πίεσεως.

Ένα ακροφύσιο ροής τροφοδοτικού νερού είναι τοποθετημένο στη σωλήνωση εισαγωγής τροφοδοτικού νερού στον οικονομητήρα και ένα ακροφύσιο ροής ατμού είναι τοποθετημένο στον ατμαγωγό που συνδέει το λέβητα με τον υπερθερμαντήρα. Συνδέσεις πριν και αμέσως μετά από κάθε ακροφύσιο είναι τοποθετημένες (σχ. 10.13β) για τη μέτρηση της διαφορικής πίεσεως ατμού και νερού. Οι



Σχ. 10.13β.
Ακροφύσιο ροής.

Μια βαλβίδα-οδηγός είναι τοποθετημένη πάνω από τη δοκό έτσι, ώστε με την παραμικρή κίνηση της δοκού να αλλάζει θέση το βάκτρο της βαλβίδας. Κίνηση αντίθετη από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού αναγκάζει το βάκτρο της βαλβίδας-οδηγού να κλείσει τις θυρίδες εξαγωγής και να ανοίξει τις βαλβίδες εισαγωγής, επιτρέποντας έτσι την εισαγωγή αέρα παροχής και αυξάνοντας το εξερχόμενο σήμα. Το εξερχόμενο αυτό σήμα οδηγείται προς το διάφραγμα θέσεως υπερνικώντας την ένταση του ελατηρίου του διαφράγματος. Η κίνηση του διαφράγματος μεταδίδεται μέσω διωστήρα στον εκκεντροφόρο. Η επιφάνεια του τελευταίου έχει τέτοιο σχήμα, ώστε να αντιμετωπίζεται αυτόματα η σχέση της τετραγωνικής ρίζας μεταξύ ροής και διαφορικής πίεσεως και έτσι να παράγει μία εξερχόμενη φορτωτική πίεση, άρα και σήμα, απευθείας ανάλογη προς την ταχύτητα, άρα και την ποσότητα ροής. Η κίνηση του εκκεντροφόρου αναγκάζει το μοχλό δύο βραχιόνων να κινηθεί προς τα πάνω αυξάνοντας την τάση στο φορτωτικό ελατήριο για να εξισορροπήσει τη δοκό. Όταν όλες οι δυνάμεις πάνω στη δοκό είναι ίσες, το εξερχόμενο φορτωτικό σήμα θα παραμείνει σταθερό. Μία μείωση στη διαφορική πίεση θα αναγκάσει τη δοκό να κινηθεί κατά τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, με αποτέλεσμα ο μεταδότης να ελαττώσει το εξερχόμενο φορτωτικό σήμα.

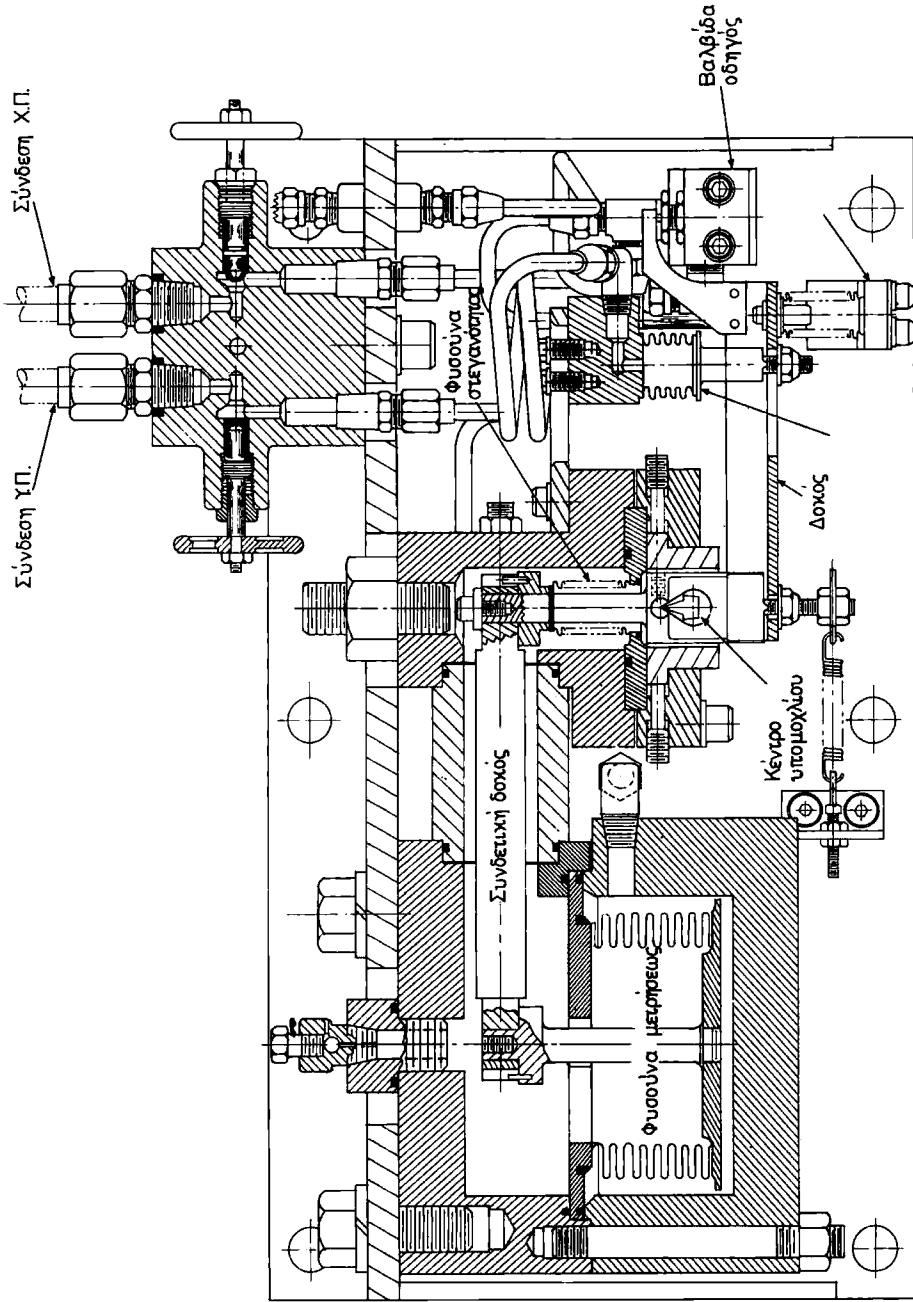
10.13.3 Μεταδότης στάθμης ατμοϋδροθάλαμου.

Ο μεταδότης στάθμης ατμοϋδροθάλαμου που φαίνεται στο σχήμα 10.13δ μετρά τη στάθμη του ατμοϋδροθάλαμου με βάση τη διαφορική πίεση που εφαρμόζεται στη μετρητική φυσούνα από 2 στήλες νερού. Η μία στήλη αντιπροσωπεύει την πραγματική θέση της στάθμης στον ατμοϋδροθάλαμο και η άλλη μία θέση που καθορίζεται από θάλαμο σταθερής στήλης ο οποίος συγκοινωνεί με τον ατμοϋδροθάλαμο.

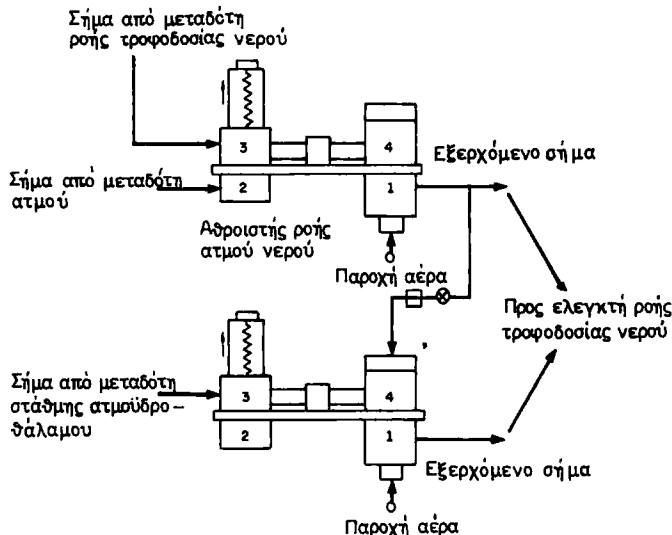
Ο μεταδότης στάθμης ατμοϋδροθάλαμου δημιουργεί μία πνευματική φορτωτική πίεση (σήμα) που είναι ανάλογη με τη διαφορά που δημιουργείται από τις μεταβολές της στάθμης ατμοϋδροθάλαμου. Η λειτουργία του μεταδότη αυτού είναι παρόμοια με του μεταδότη ροής.

10.13.4 Αθροιστής ροής ατμού-ροής νερού.

Είναι αθροιστής 4 θαλάμων που έχει ένα ρυθμιζόμενο ελατήριο στο θάλαμο Νο 3. Το σήμα από το μεταδότη ροής τροφοδοτικού νερού εφαρμόζεται στο θάλαμο Νο 3. Το σήμα από το μεταδότη ατμού εφαρμόζεται στο θάλαμο Νο 2. Επομένως σε σταθερά φορτία του λέβητα, όταν η ροή του ατμού ισούται με τη ροή του νερού, το εξερχόμενο σήμα από το θάλαμο Νο 1 θα είναι ίσο με την τιμή που προκαθορίσθηκε, στην οποία τιμή ρυθμίστηκε το ελατήριο. Όταν παρουσιάζονται αλλαγές στο φορτίο του λέβητα, το σήμα ροής ατμού αμέσως αλλάζει (αυξάνεται όταν αυξάνεται το φορτίο, ελαττώνεται όταν ελαττώνεται το φορτίο). Το σήμα ροής του τροφοδοτικού νερού παραμένει αμετάβλητο μέχρις ότου η βαλβίδα του τροφοδοτικού νερού κινηθεί προς μία περισσότερο ανοικτή ή κλειστή θέση, οπότε θα υπάρξει αλλαγή στο εξερχόμενο σήμα από το μεταδότη ροής τροφοδοτικού νερού. Ως αποτέλεσμα το εξερχόμενο σήμα από τον αθροιστή ροής ατμού/νερού αυξάνεται (σε αυξημένα φορτία) ή ελαττώνεται (σε ελαττωμένα φορτία) ανάλογα με τη διαφορά μεταξύ των εισερχομένων σημάτων ροής ατμού/νερού στον αθροιστή.



Σχ. 10.136.
Μεταδότης στάθμης υδροθάλαμου.



Σχ. 10.13ε.

Σύνδεση αθροιστή ροής ατμού/νερού και αθροιστή στάθμης.

Το εξερχόμενο σήμα από τον **αθροιστή ροής ατμού/νερού** μεταδίδεται στο θάλαμο Νο 4 και από εκεί διαμέσου μιας βελονοειδούς βαλβίδας και θαλάμου διαστολής στο θάλαμο Νο 4 του **αθροιστή στάθμης**. Ο **αθροιστής ροής ατμού/νερού** και ο **αθροιστής στάθμης** συνδέονται μεταξύ τους και προς τον όλο μηχανισμό ρυθμιστή στάθμης όπως φαίνεται στο σχήμα 10.13ε.

10.13.5 Αθροιστής στάθμης.

Ο **αθροιστής στάθμης** είναι παρόμοιος με τον **αθροιστή ροής ατμού/νερού** (σχ. 10.13δ).

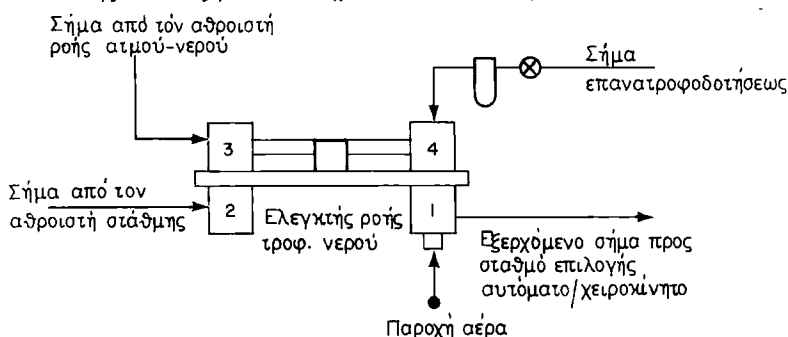
Κάτω από συνθήκες σταθερής ατμοπαραγωγής, όταν δηλαδή η στάθμη του νερού στον ατμοϋδροθάλαμο είναι στην κανονική θέση, το σήμα από το μεταδότη στάθμης ατμοϋδροθάλαμου προς το θάλαμο Νο 3 είναι ίσο με την τιμή που προκαθορίστηκε, και έτσι ισορροπεί το σήμα από τον αθροιστή ροής ατμού/νερού που επενεργεί στο θάλαμο Νο 4 του αθροιστή στάθμης. Σ' αυτές τις συνθήκες το εξερχόμενο σήμα από το θάλαμο Νο 1 του αθροιστή στάθμης είναι ίσο προς την ένταση του ελατηρίου ρυθμίσεως.

Όταν παρουσιάζεται μία αλλαγή στο φορτίο του λέβητα, έχουμε ως αποτέλεσμα φούσκωμα ή μάζεμα των νερών, με φυσικό επακόλουθο τη μεταβολή της στάθμης στον ατμοϋδροθάλαμο. Αυτή η μεταβολή της στάθμης μεταβάλλει παροδικά το σήμα προς το θάλαμο Νο 3 του **αθροιστή στάθμης**. Το σήμα στο θάλαμο Νο 4 δεν αλλάζει αμέσως, λόγω της επιβραδυντικής δράσεως της βελονοειδούς βαλβίδας. Μόλις σταθεροποιηθεί το φορτίο του λέβητα, το φούσκωμα ή το μάζεμα του νερού προοδευτικά μικραίνει και τα σήματα ξαναγυρίζουν στην κανονική τους ένταση. Το σήμα από το μεταδότη στάθμης θα είναι ίσο με το αντίθετο σήμα στο θάλαμο Νο 4 του **αθροιστή** στάθμης και έτσι θα αλληλομηδενίζονται. Το σήμα στο θά-

λαμο Νο 4 του **αθροιστή** στάθμης θα επαναληφθεί και θα σταλεί στο θάλαμο Νο 2 του **ελεγκτή** ροής τροφοδοτικού νερού.

10.13.6 Ελεγκτής ροής τροφοδοτικού νερού.

Είναι ένας **αθροιστής** αναλογίας 4 θαλάμων που θεωρείται ένας ελεγκτής αναλογικής-ολοκληρωτικής δράσεως (βλέπε στο βιβλίο του Ιδρύματος Ευγενίδου: «Αυτοματισμός-Τηλεκίνηση»). Αν υποθεθεί αρχικά ότι η πίεση στους θάλαμους 2 και 3 (σχ. 10.13στ) είναι ίση, τότε και η πίεση στους θάλαμους 1 και 4 θα είναι επίσης ίση. Το εξερχόμενο σήμα από το θάλαμο 1 έχει σταθερή τιμή. Αν συμβεί μία μεταβολή στη στάθμη του ατμοϋδροθάλαμου, ο μεταδότης στάθμης θα παράγει ένα νέο σήμα. Αν π.χ. η στάθμη ανεβεί, το σήμα από τον **αθροιστή** στάθμης θα αυξηθεί. Επίσης θα αυξηθεί το σήμα από το θάλαμο Νο 2 του **ελεγκτή** ροής.



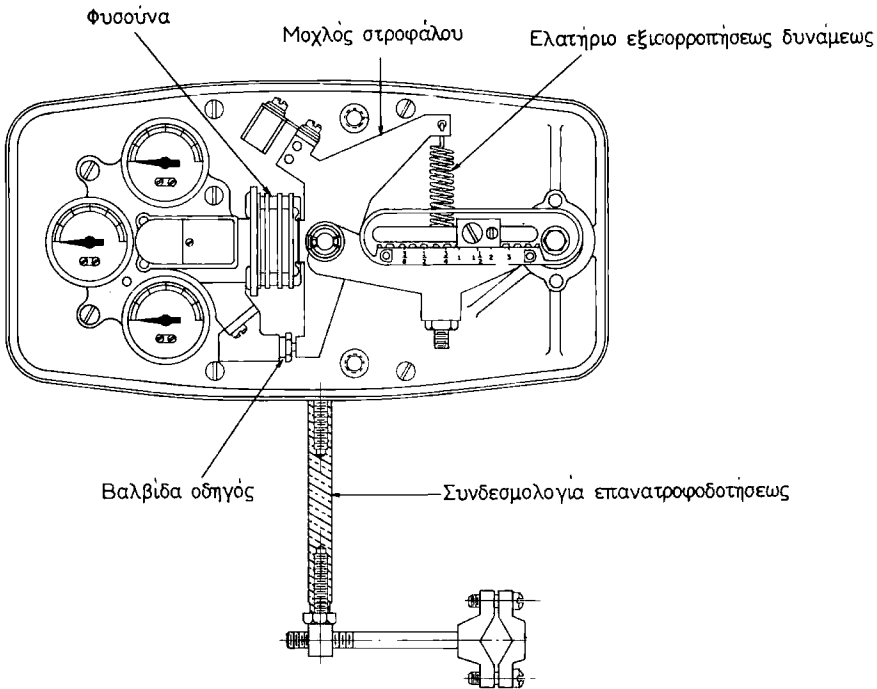
Σχ. 10.13στ.

Ελεγκτής ροής τροφοδοτικού νερού.

Αυτή η αύξηση στο θάλαμο Νο 2 θα καταστρέψει την ισορροπία των δυνάμεων επάνω στον ελεγκτή έτσι, ώστε ένα νέο εξερχόμενο σήμα (αυξημένης πίεσεως) θα παραχθεί από τον ελεγκτή. Αυτό το εξερχόμενο σήμα πηγαίνει στη βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού και επανατροφοδοτείται μέσω βελονοειδούς βαλβίδας και ογκομετρικής δεξαμενής προς το θάλαμο Νο 4 του ελεγκτή, με αποτέλεσμα το εξερχόμενο σήμα από το θάλαμο Νο 1 να αυξηθεί περισσότερο από την αρχική αλλαγή που προκλήθηκε από το αυξημένο σήμα στο θάλαμο Νο 2. Η δράση αυτή θα συνεχισθεί μέχρις ότου τα σήματα στους θαλάμους Νο 2 και Νο 3 γίνουν ίσα. Το εξερχόμενο από τον ελεγκτή σήμα είναι δυνατό να είναι μέγιστο αν το σήμα στο θάλαμο Νο 2 μένει μεγαλύτερο από το σήμα που εφαρμόζεται στο θάλαμο Νο 3. Αυτό το αυξημένο εξερχόμενο σήμα αλλάζει, με τη βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού, την ποσότητα του εισερχόμενου στον ατμοϋδροθάλαμο νερού, άρα και τη στάθμη στον ατμοϋδροθάλαμο. Το σήμα από το μεταδότη στάθμης και αθροιστή στάθμης φέρνει το σήμα που ασκείται στο θάλαμο Νο 2 σε ισορροπία με το σήμα που ασκείται στο θάλαμο Νο 3. Ο ελεγκτής βρίσκεται και πάλι σε ισορροπία και το μέγεθος του παραγόμενου από το θάλαμο Νο 1 εξερχόμενου σήματος είναι ανάλογο με το σήμα ροής ατμού. Αυτό το εξερχόμενο σήμα στέλνεται στο σταθμό επιλογής αυτόματο/χειροκίνητου ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού, όπου το σήμα περνάει κατευθείαν για να τοποθετήσει τη βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού σε θέση ισορροπίας.

10.13.7 Συντονιστής.

Ο **συντονιστής** βεβαιώνει ότι οι θέσεις της βαλβίδας ελέγχου είναι απευθείας ανάλογες με τις τιμές των σημάτων που λαμβάνονται. Ο **συντονιστής** χρησιμοποιεί μια ανεξάρτητη πηγή αέρα και δημιουργεί οποιαδήποτε πίεση στο διάφραγμα που απαιτείται. Η λειτουργία του συντονιστή βασίζεται στην αρχή της ισορροπίας των δυνάμεων. Το λαμβανόμενο σήμα (σχ. 10.13ζ) ασκείται σε μία φυσούνα. Η φυσούνα έχει την τάση να στρέφει το μοχλό του εκκεντροφόρου σε μία φορά αντίθετη προς τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού και το κάτω άκρο του εκκεντροφόρου απομακρύνεται από τη βαλβίδα-οδηγό. Η ενέργεια αυτή δημιουργεί ένα αυξημένο εξερχόμενο σήμα που εξασκείται στο διάφραγμα της βαλβίδας ελέγχου.

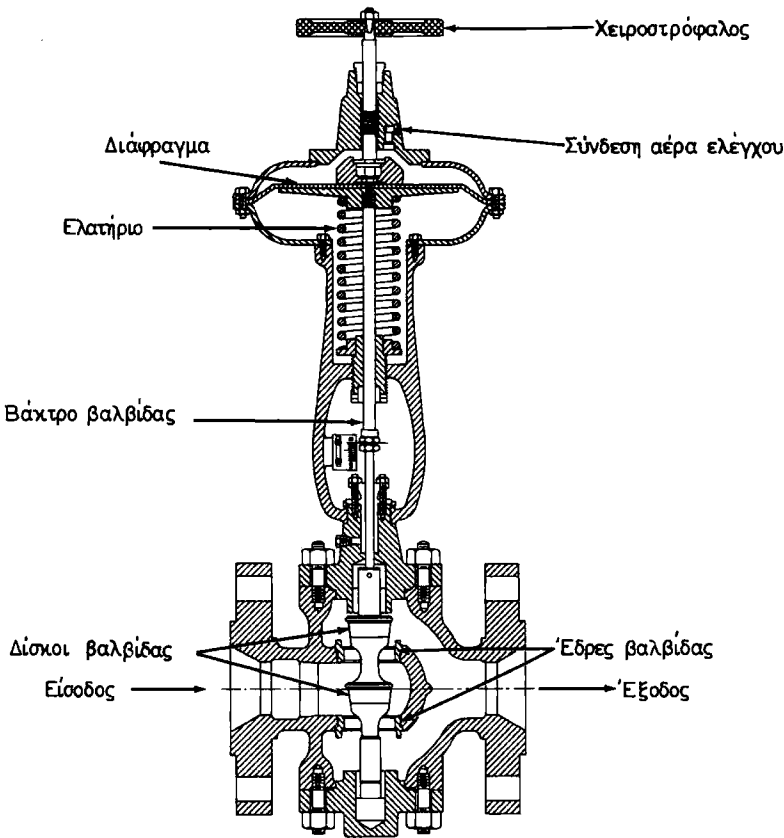


Σχ. 10.13ζ.
Συντονιστής.

Η μετακίνηση του βάκτρου της βαλβίδας ελέγχου επανατροφοδοτείται μέσω μηχανισμών στο ελατήριο εξισορροπήσεως δυνάμεων, που αυξάνει την τάση του ελατηρίου που ασκείται στο μοχλό του εκκεντροφόρου με τέτοιο τρόπο, ώστε να αντιστέκεται στις δυνάμεις της φυσούνας. Όταν οι δύο αυτοί παράγοντες αλληλοεκμηδενίζονται, τότε το σύστημα είναι σε ισορροπία με τη βαλβίδα-οδηγό σε ακινησία. Το εξερχόμενο σήμα είναι τώρα σταθερό στη βαλβίδα-οδηγό.

10.13.8 Βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού.

Η βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού είναι μία βαλβίδα με διάφραγμα



Σχ. 10.13η.

Βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού.

που λειτουργεί με αέρα (σχ. 10.13η). Ο **επενεργητής** συνίσταται από ένα διάφραγμα και ένα ελατήριο. Το ελατήριο ρυθμίζεται έτσι, ώστε στην ελάχιστη πίεση λειτουργίας η βαλβίδα να παραμένει ανοικτή.

Όταν παρέχεται αέρας στο επάνω μέρος του διαφράγματος, το ελατήριο αντιστέκεται στην παραγόμενη πίεση που οριοθετεί τη διαδρομή του επενεργητή ή που αλλάζει τη θέση της βαλβίδας για μια αλλαγή στην πίεση αέρα τροφοδοτήσεως του διαφράγματος.

Ο χειροστρόφαλος χρησιμεύει για τη χειροκίνητη λειτουργία της βαλβίδας, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος αέρας ή παρουσιασθεί βλάβη στο πνευματικό σύστημα.

10.14 Ηλεκτρικός ρυθμιστής στάθμης.

Συνήθως στα ηλεκτρικά συστήματα ρυθμίσεως στάθμης ατμοϋδροθάλαμου τα κυκλώματα ελέγχου τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο ρεύμα τάσεως 220 V και 60 Hz, ενώ οι επενεργητές (οι διάφοροι κινητήρες που κινούν εξαρτήματα του συστήματος) με 440 V, 60 Hz.

Το σύστημα αποτελείται από ηλεκτρικούς μεταδότες, μεταδότες-μετατροπείς μηχανικής δυνάμεως σε ηλεκτρικό σήμα και ηλεκτρικούς ελεγκτές. Οι αρχές λειτουργίας τους αναφέρονται στο βιβλίο του Ιδρύματος Ευγενίδου: «Αυτοματισμός -Τηλεκίνηση Συγχρόνων Πλοίων» και γι' αυτό δεν επαναλαμβάνονται εδώ.

Η βασική αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι ακριβώς η ίδια με το πνευματικό σύστημα, μόνο που αντί για σήματα αέρα έχουμε ηλεκτρικά σήματα, και βέβαια η βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού δεν έχει διάφραγμα με αέρα (σχ. 10.13η) αλλά ηλεκτρικό κινητήρα.

10.15 Ασφαλιστικά επιστόμια.

Ασφαλιστικά επιστόμια τοποθετούνται σε όλους τους λέβητες, για να αποτρέπουν την ύψωση της πίεσεως του ατμού μέσα στο λέβητα σε υψηλότερα από το όριο ασφάλειας επίπεδα. Συνδέονται απευθείας με τον ατμοθάλαμο του λέβητα έτσι, ώστε κανένα εμπόδιο να μην παρεμβάλλεται μεταξύ του ατμού του ατμοϋδροθάλαμου και του δίσκου της βαλβίδας του ασφαλιστικού. Για το λόγο αυτό τα ασφαλιστικά επιστόμια δεν συνδέονται με τον εσωτερικό ατμαγωγό σωλήνα.

Η εξαγωγή του ασφαλιστικού επιστομίου συνδέεται με το σωλήνα ο οποίος οδηγεί προς την ατμόσφαιρα.

Η λειτουργία ενός ασφαλιστικού επιστομίου απαιτεί να ανοίγει τελείως η βαλβίδα του σε μια ορισμένη πίεση, χωρίς να ταλαντεύεται. Επίσης να παραμένει ανοικτό μέχρις ότου η πίεση του ατμού παρουσιάσει μια καθορισμένη πτώση και να κλείνει στεγανά και να παραμένει στεγανό, όταν είναι κλειστό.

Ο αριθμός και το μέγεθος των ασφαλιστικών πάνω στο λέβητα πρέπει να είναι ικανός για να επιτρέπει τη διατήρηση της πίεσεως του ατμού μέσα σε ασφαλή όρια όταν τα πυρά του λέβητα βρίσκονται σε πλήρη δράση και οι ατμοφράκτες είναι κλειστοί.

Πολλοί τύποι ασφαλιστικών χρησιμοποιήθηκαν μέχρι τώρα όπως: ασφαλιστικά με *απευθείας βάρος* πάνω στη βαλβίδα. Ασφαλιστικά με *αντίρροπο βάρος* ή με *μοχλό*. Ασφαλιστικά με *ελατήριο*. Ασφαλιστικά με *θάλαμο*. Ασφαλιστικά με *ακροφύσιο*. Ασφαλιστικά με *αντίδραση*. Σε όλους τους τύπους, η στατική πίεση, όταν εφαρμοσθεί πάνω στον πυθμένα του δίσκου της βαλβίδας, προκαλεί το αρχικό άνοιγμα.

Τα ασφαλιστικά επιστόμια χαρακτηρίζονται ως απλά, διπλά, τριπλά ή τετραπλά, ανάλογα με τον αριθμό των βαλβίδων οι οποίες περιέχονται σε ένα κέλυφος (σώμα). Και τα τέσσερα είδη χρησιμοποιούνται σε ναυτικές εγκαταστάσεις, αλλά σήμερα επιδιώκεται να χρησιμοποιούνται περισσότερο απλά επιστόμια μεγάλης αποδόσεως.

10.15.1 Η διατομή των ασφαλιστικών.

Αυτή υπολογίζεται σύμφωνα με διάφορους τύπους των Νηογνυμένων όπως είναι οι τύποι L.R.S., A.B.S., Bureau Veritas, Registro Italiano Navale (R.I.N.A.) κλπ. Σύμφωνα με τον τύπο του Lloyd's Register of Shipping η διατομή F δίνεται ως:

$$F = \frac{THS \times R \times 21}{p + 1,05}$$

όπου: T_{HS} η ολική θερμαινόμενη επιφάνεια σε m^2 , R ο βαθμός ατμοπαραγωγής σε kg ατμού ανά m^2 θερμαινόμενης επιφάνειας και ανά ώρα και p η πίεση λειτουργίας σε kr/cm^2 .

Ο τύπος ισχύει για ασφαλιστικό κορεσμένου ατμού, ενώ για υπέρθερμο η διατομή F_U είναι ίση με:

$$F_U = (1 + 00018T)$$

όπου: T η θερμοκρασία του υπέρθερμου σε $^{\circ}C$.

Από τη διατομή εύκολα υπολογίζεται η διάμετρος της βαλβίδας.

Από τον αγγλικό κατασκευαστικό οίκο Cockburn, ειδικευμένο στην κατασκευή ασφαλιστικών επιστομιών, δίνονται οι ακόλουθοι τύποι υπολογισμού:

Στο αγγλικό σύστημα μονάδων:

α) Για κορεσμένο ατμό:

$$A = \frac{R}{c \cdot p}$$

β) Για υπέρθερμο ατμό:

$$A = \frac{R}{c \cdot p} \left(1 + \frac{t_s}{1000} \right)$$

όπου: R ο βαθμός ατμοπαραγωγής σε lb/h , c η σταθερά απαγωγής ίση με 20, p η απόλυτη πίεση σε psi , A το εμβαδό δισκοειδούς βαλβίδας σε in^2 και t_s ο βαθμός υπερθερμάνσεως σε $^{\circ}F$.

Στο μετρικό σύστημα μονάδων:

α) Για κορεσμένο ατμό:

$$A = \frac{R}{c \cdot p}$$

β) Για υπέρθερμο ατμό:

$$A = \frac{R}{c \cdot p} \left(1 + \frac{9 t_s}{5000} \right)$$

όπου: R ο βαθμός ατμοπαραγωγής σε kg/h , c η σταθερά απαγωγής ίση με 20, p η απόλυτη πίεση σε kr/cm^2 , A το εμβαδό δισκοειδούς βαλβίδας σε cm^2 και t_s ο βαθμός υπερθερμάνσεως σε $^{\circ}C$.

10.15.2 Τυπικές μορφές ασφαλιστικών.

α) Με απευθείας βάρους.

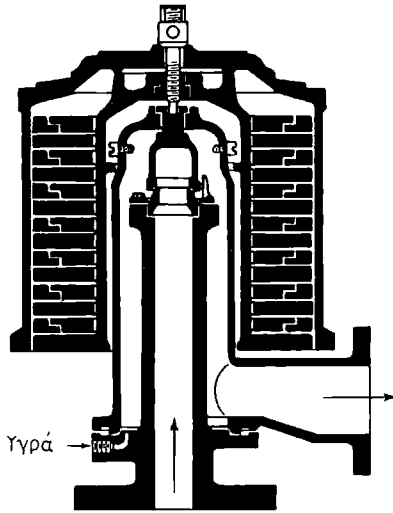
Στον τύπο αυτό (σχ. 10.15α) το βάρους τοποθετείται γύρω από το βάκτρο της βαλβίδας με τη μορφή μολυβδίνων ή σιδερένιων παρακύκλων.

β) Με αντίρροπο βάρους.

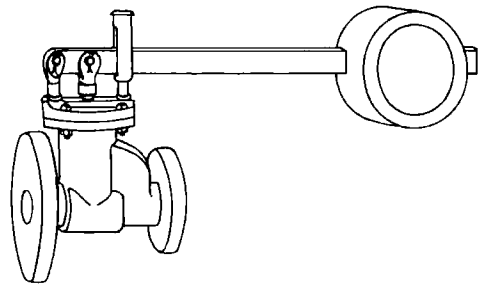
Στον τύπο αυτό (σχ. 10.15β) το βάρους τοποθετείται στο άκρο ενός μοχλού αντί πάνω στην ίδια τη βαλβίδα.

γ) Με ελατήριο.

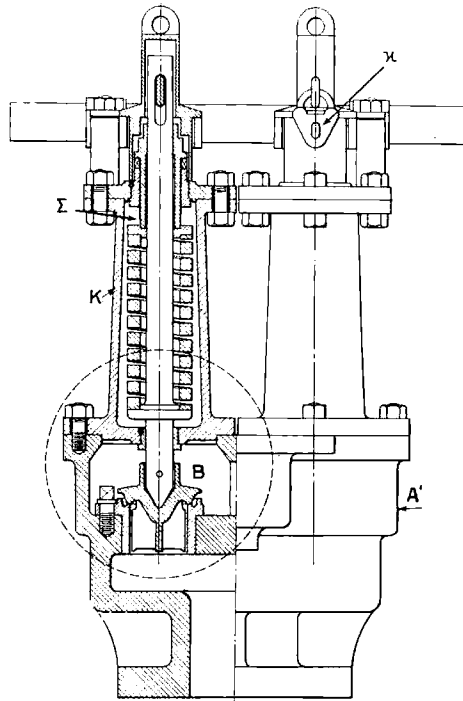
Η συνηθισμένη μορφή ενός διπλού ασφαλιστικού με ελατήριο φαίνεται στο σχήμα 10.15γ όπου διακρίνουμε το σώμα του A και τη βαλβίδα B με την έδρα της, το κιβώτιο του ελατηρίου K , το ελατήριο, τον κοχλία Σ ρυθμιστικό της πίεσεως του



Σχ. 10.15α.
Ασφαλιστικό με απευθείας βάρος.



Σχ. 10.15β.
Ασφαλιστικό με αντίρροπο βάρος.



Σχ. 10.15γ.
Ασφαλιστικό με ελατήριο.

ελατηρίου της βαλβίδας, και το ασφαλιστικό της ρυθμίσεως περικόχλιο. Επίσης διακρίνομε το κλείθρο κ για την ασφάλεια της ρυθμίσεως από τυχαία μεταβολή της και στο αριστερό τμήμα του σχήματος τους μοχλούς ή κνώδακες ανυψώσεως της βαλβίδας χειροκινήτως από απομακρυσμένη θέση μέσω χειριστηρίου και ράβδων μεταδόσεως (για την περίπτωση κατά την οποία δεν θα άνοιγε η βαλβίδα παρά την υπέρβαση του ρυθμισμένου ορίου πίεσεως).

Η ρύθμιση του ασφαλιστικού γίνεται με δοκιμαστική ρύθμιση της εντάσεως του ελατηρίου με τον κοχλία Σ.

Η σύσφιγξη του κοχλία αυξάνει την ένταση του ελατηρίου και αντίστροφα. Έτσι αυξάνεται ή ελαττώνεται αντίστοιχα η πίεση πάνω στη βαλβίδα, δηλαδή το όριο πίεσεως στο οποίο θα ανοίξει το ασφαλιστικό. Μετά τη ρύθμιση συσφίγγεται το ασφαλιστικό περικόχλιο (κόντρα) για την ασφάλειά της.

Το ελατήριο υπόκειται στη λεγόμενη **δοκιμή συμπίεσεως**, η οποία πραγματοποιείται με τοποθέτηση δοκιμαστικών βαρών πάνω σ' αυτό.

Μετρείται η συμπίεσή του και συγκρίνεται με τη θεωρητική που πρέπει να έχει και η οποία βρίσκεται με ανάλογους τύπους της αντοχής των υλικών ή των νηογυμνώνων.

Ανεξάρτητα από τη μέτρηση, το ελατήριο, ύστερα από οποιαδήποτε συμπίεση, πρέπει να επανέρχεται στο αρχικό του μήκος, διαφορετικά κρίνεται ως χαλαρό και πρέπει να απορρίπτεται.

10.15.3 Ασφαλιστικό τύπου Cockburn.

Αποτελείται (σχ. 10.15δ) από δύο συγκροτήματα, το καθένα από τα οποία έχει ανά μία ρυθμιστική και μία κύρια βαλβίδα.

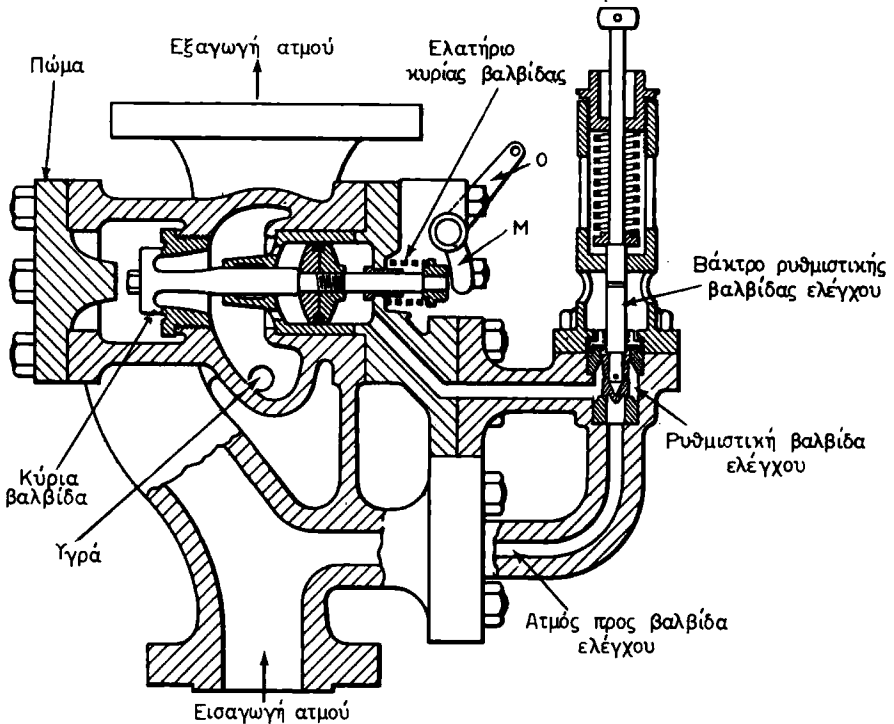
Οι δύο ρυθμιστικές βαλβίδες επιδρούν πάνω στις κύριες βαλβίδες και προκαλούν τη λειτουργία του όλου συγκροτήματος. Οι κύριες βαλβίδες τοποθετούνται οριζόντια και παραμένουν κλειστές όταν ο λέβητας δεν βρίσκεται υπό πίεση.

Κατά τη λειτουργία του λέβητα η εσωτερική πίεση κρατάει τις βαλβίδες κλειστές πιέζοντάς τις στις έδρες τους, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στο άκρο των κυρίων βαλβίδων προσαρμόζεται έμβολο το οποίο ολισθαίνει στεγανά μέσα στον κύλινδρο. Ο χώρος που βρίσκεται πάνω από το έμβολο συγκοινωνεί μέσω οχετού με το χώρο πάνω από τη ρυθμιστική βαλβίδα ελέγχου, ενώ ο χώρος που βρίσκεται κάτω από αυτή συγκοινωνεί με το λέβητα.

Οι ρυθμιστικές βαλβίδες είναι ακριβώς όμοιες με τις γνωστές των ασφαλιστικών με ελατήριο, με τη διαφορά ότι έχουν πολύ μικρότερη διάμετρο. Επάνω από τη βαλβίδα ελέγχου και στο ίδιο βάκτρο στερεώνεται άλλη μικρή επίπεδη βαλβίδα, τη χρησιμότητα της οποίας θα εξηγήσομε παρακάτω.

Αν η πίεση του λέβητα υπερβεί εκείνη στην οποία οι ρυθμιστικές βαλβίδες ελέγχου έχουν ρυθμισθεί, τότε η βαλβίδα ελέγχου υπερνικά την ένταση του ρυθμιστικού ελατηρίου της, ανυψώνεται και ο ατμός εισέρχεται μέσω αυτής και του συγκοινωνητικού οχετού στο χώρο ο οποίος βρίσκεται στα νώτα του εμβόλου.

Στο σχήμα φαίνεται ότι η διάμετρος του εμβόλου είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο της κύριας βαλβίδας, συνεπώς η δύναμη πάνω στο έμβολο γίνεται μεγαλύτερη από τη δύναμη που εξασκείται στα νώτα της βαλβίδας από τον ατμό του λέβητα. Έτσι η κύρια βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει τη διαφυγή του πλεονάζοντος ατμού προς την ατμόσφαιρα.



Σχ. 10.156.
Ασφαλιστικό τύπου Cockburn.

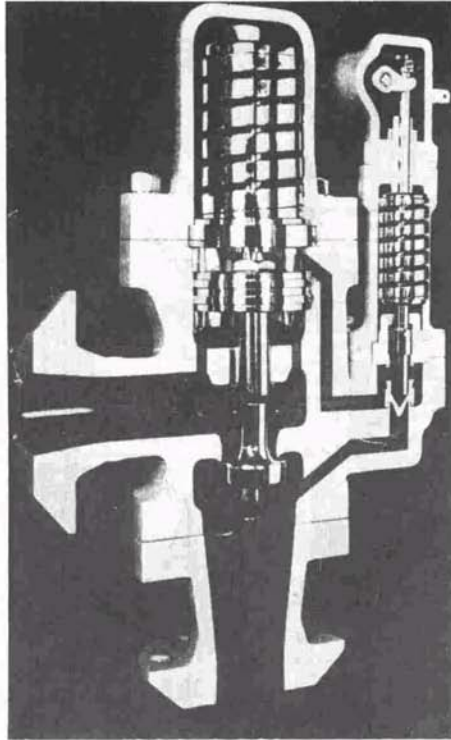
Όταν η πίεση ελαττωθεί στο κανονικό όριο λειτουργίας, η βαλβίδα ελέγχου κλείνει, οπότε ο ατμός που βρίσκεται πάνω από το έμβολο διαμέσου της βαλβίδας ελέγχου οδηγείται προς την ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα αυτού είναι το απότομο κλείσιμο της κύριας βαλβίδας από την πίεση του ατμού και την ένταση του ελατηρίου.

Η μικρή επίπεδη βαλβίδα, η οποία διακρίνεται στο σχήμα, σκοπό έχει να απαγορεύει τη δίοδο του ατμού προς την ατμόσφαιρα, όταν ανοίξει η βαλβίδα ελέγχου, και να επιτρέπει την έξοδο του ατμού από το χώρο πίσω από το έμβολο προς την ατμόσφαιρα, όταν η βαλβίδα ελέγχου κλείσει.

Για το χειρισμό του επιστομίου από απόσταση υπάρχουν αγκωνωτοί μοχλοί Μ, οι οποίοι όταν χειρίζονται με το μοχλό Ο πιέζουν τα βάκτρα των βαλβίδων και τις ανοίγουν.

Το ασφαλιστικό τύπου Cockburn ονομάζεται και ασφαλιστικό πλήρους διατομής (Full Bore Safety Valve).

Η περιγραφή που έγινε παραπάνω αναφέρεται στην κλασική ας πούμε μορφή του. Περισσότερο σύγχρονη κατασκευή εικονίζεται στο σχήμα 10.15ε. Σ' αυτή και οι δύο βαλβίδες τοποθετούνται κατακόρυφα, ενώ οι αγκωνωτοί μοχλοί τηλεκινήσεως δεν επιδρούν πάνω στην κύρια αλλά πάνω στη ρυθμιστική βαλβίδα.



Σχ. 10.15ε.

Ασφαλιστικό Cockburn με κατακόρυφες βαλβίδες.

10.15.4 Ασφαλιστικό με θάλαμο.

Είναι περίπου ίδιο με το απλό ασφαλιστικό με ελατήρια. Εικονίζεται στο σχήμα 10.15στ στην απλή μορφή του, όπου και διακρίνονται τα κύρια μέρη του.

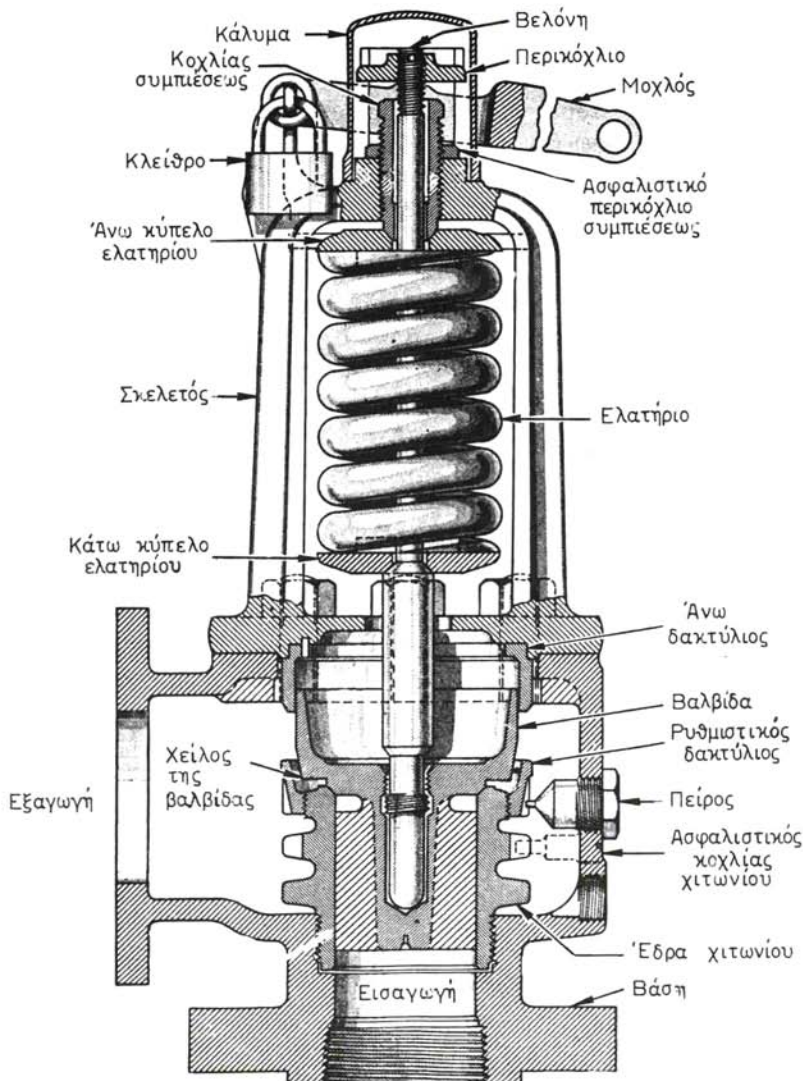
Χαρακτηριστικό της κατασκευής του είναι η απόλυτα ευθύγραμμη κίνηση της βαλβίδας με τη βοήθεια οδηγού, ο οποίος βρίσκεται μέσα στο χιτώνιο της έδρας, και αντίστοιχου οδηγητικού δακτυλίου στο πάνω άκρο.

Η πραγματική επιφάνεια επαφής του δίσκου της βαλβίδας είναι ένας πολύ μικρός δακτύλιος, με πλάτος 0,042" ως 0,090", ανάλογα με το μέγεθος της βαλβίδας.

Αξιοσημείωτο είναι το σχήμα της βαλβίδας και του ρυθμιστικού δακτυλίου της, του οποίου οι ακριβείς διαστάσεις και οι σχετικές θέσεις έχουν μεγάλη σημασία για τη λειτουργία του ασφαλιστικού τούτου επιστομίου.

Αν π.χ. ο δίσκος της βαλβίδας είχε κωνικό σχήμα συνηθισμένου επιστομίου, τότε το ελατήριο κατά το άνοιγμα της βαλβίδας θα επέτρεπε τη μικρή μόνο ανύψωσή του, γιατί η αντίσταση του ελατηρίου αυξάνεται όσο αυξάνεται και το ποσοστό συμπίεσής του.

Η βαλβίδα τότε θα άνοιγε και θα έκλεινε συνεχώς ταλαντευόμενη και θα επέτρεπε τη διαφυγή μικρής μόνο ποσότητας ατμού σε κάθε άνοιγμα. Εξάλλου το συνεχές σφυροκόπημα του δίσκου της βαλβίδας και της έδρας θα συνέτεινε στην καταστροφή τους.



Σχ. 10.15στ.
Ασφαλιστικό με θάλαμο.

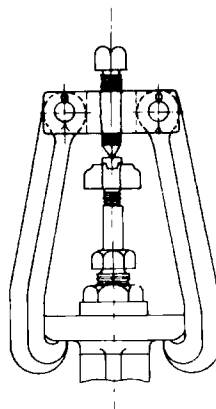
Με την προέκταση όμως του χείλους του δίσκου δημιουργείται μία επαυξημένη επιφάνεια. Μόλις η επιφάνεια αυτή αποκαλυφθεί, επενεργεί επάνω της ο ατμός και αυξάνεται έτσι η ολική δύναμη και υπερνικάται η αντίσταση του ελατηρίου. Έτσι η βαλβίδα ανοίγει απότομα και τελείως, και παραμένει ανοικτή μέχρις ότου η πίεση μέσα στο λέβητα κατεβεί κάτω από την πίεση στην οποία άνοιξε η βαλβίδα.

Κατά το κλείσιμο πάλι συμβαίνει το αντίθετο και η βαλβίδα κάθετα ισχυρά και στεγανά πάνω στην έδρα της.

Η ρύθμιση του ασφαλιστικού επιστομίου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του κοχλίας συμπίεσεως, ο οποίος ρυθμίζει την ένταση του ελατηρίου.

Η θέση του ρυθμιστικού δακτυλίου καθορίζει τη διατιθέμενη επιφάνεια για την έξοδο του ατμού από το χώρο ο οποίος υπάρχει μεταξύ του χείλους και της κορυφής του δακτυλίου της έδρας και επομένως ρυθμίζει τη διαφορά μεταξύ των πιέσεων ανοίγματος και κλεισίματος.

Αν ο ρυθμιστικός δακτύλιος κοχλιωθεί προς τα επάνω στην ανώτατη θέση του, το άνοιγμα για τη διαφυγή του ατμού μικραίνει, με αποτέλεσμα την εξίσωση σχεδόν των πιέσεων του ατμού κάτω από το χείλος και από το δίσκο της βαλβίδας, δηλαδή του λέβητα. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η βαλβίδα παραμένει ανοικτή μέχρις ότου η πίεση μέσα στο λέβητα κατεβεί αρκετά από την πίεση στην οποία άνοιξε το ασφαλιστικό. Αντίθετα, αν ο ρυθμιστικός δακτύλιος κοχλιωθεί προς τα κάτω στην κατώτατη θέση του, το άνοιγμα μεταξύ δακτυλίου έδρας ρυθμιστικού δακτυλίου και δίσκου βαλβίδας αυξάνεται και η πίεση κάτω από το χείλος του δίσκου μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι η βαλβίδα ξανακάνεται όταν η πίεση μέσα στο λέβητα πέσει λίγο κάτω από την πίεση στην οποία άνοιξε το ασφαλιστικό. Όταν πάνω στο λέβητα είναι τοποθετημένα περισσότερα από ένα ασφαλιστικά επιστόμια, το καθένα πρέπει να ρυθμισθεί σε ιδιαίτερη πίεση ώστε να μην ανοίγουν όλα ταυτόχρονα. Γι' αυτό όταν ρυθμίζεται το ένα ασφαλιστικό, τοποθετούνται στα άλλα διχάλες (φέσια, στην αγγλική gag) (σχ. 10.15ζ).



Σχ. 10.15ζ.
Διχάλα.

Ένας κοχλίας, που βρίσκεται στην κορυφή της ασφαλιστικής διχάλας, κοχλιώνεται πάνω στην κορυφή του βάκτρου, το πιέζει ισχυρά και ακινητεί το όλο συγκρότημα έδρας, βαλβίδας και βάκτρου στην κλειστή θέση. Πάντοτε πρέπει να χρησιμοποιείται για τη σύσφιγξη του κοχλία το ειδικό κλειδί το οποίο συνοδεύει τη συσκευή και να εξασκείται η κανονική και όχι υπερβολική ροπή σύσφιγξεως. Το αντίθετο θα έχει ως αποτέλεσμα την κάμψη του βάκτρου-βελόνας του ασφαλιστικού επιστομίου. Καμπυλωμένη βελόνα έστω και στο ελάχιστο θα έχει ως επακόλουθο διαφυγές και κακή λειτουργία του ασφαλιστικού.

Σε όλα τα ασφαλιστικά ενός λέβητα πρέπει να τοποθετούνται ασφαλιστικές διχάλες κατά την εκτέλεση υδροστατικής δοκιμής.

Το πρώτο βήμα για τη ρύθμιση ενός ασφαλιστικού επιστομίου, είναι η ρύθμιση της συμπίεσεως του ελατηρίου. Το κλείθρο πρέπει να αφαιρεθεί, οπότε αφαιρείται ο μοχλός και στη συνέχεια το πώμα (καπελάκι). Έτσι αποκαλύπτεται ο κοχλίας συμπίεσεως.

Η συμπίεση του ελατηρίου ρυθμίζεται με κοχλίωση του κοχλία συμπίεσεως προς τα πάνω ή κάτω. Μετά από κάθε ρύθμιση, η πίεση του λέβητα ανυψώνεται μέχρι να ανοίξει το ασφαλιστικό. Η πίεση αυτή σημειώνεται πάνω στο θλιβόμετρο του λέβητα. Η ρύθμιση και η δοκιμή συνεχίζεται, μέχρις ότου το ασφαλιστικό ανοίξει στην επιθυμητή πίεση. Τότε το περικόχλιο του κοχλία συμπίεσεως συσφίγγεται, ώστε να ασφαλισθεί στη θέση αυτή ο κοχλίας συμπίεσεως. Το πώμα και ο κοχλίας επανατοποθετούνται όπως και το κλειθρο.

Για να ρυθμισθεί η πίεση επανακαθίσεως της βαλβίδας, πρέπει να αφαιρεθεί ο πείρος του ρυθμιστικού δακτυλίου. Ειδικό κλειδί εισάγεται από την οπή από την οποία αφαιρέθηκε ο πείρος του δακτυλίου και ο ρυθμιστικός δακτύλιος κοχλιώνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω· ο ειδικός δακτύλιος χρησιμοποιείται ως μοχλός. Ο πείρος του δακτυλίου επανατοποθετείται, ασφαρίζοντας το ρυθμιστικό δακτύλιο στη θέση αυτή.

Η πίεση του λέβητα ανυψώνεται στη συνέχεια, μέχρις ότου το ασφαλιστικό επιστόμιο ανοίξει. Η πίεση στην οποία κλείνει το ασφαλιστικό, σημειώνεται πάνω στο θλιβόμετρο του λέβητα. Η ρύθμιση και η δοκιμή συνεχίζονται μέχρις ότου η βαλβίδα καθίσει πάλι πάνω στην έδρα της στην επιθυμητή πίεση. Η διαφορά μεταξύ των πιέσεων ανοίγματος και κλεισίματος του ασφαλιστικού πολλές φορές εκφράζεται επί τοις % της πίεσεως λειτουργίας. Π.χ. αν η πίεση λειτουργίας είναι 27,5 bar και το ασφαλιστικό ανοίγει στα 28,2 bar και στα 27,44 η διαφορά είναι 0,76. Αυτό αν εκφρασθεί επί τοις % θα είναι:

$$\frac{\text{πίεση ανυψώσεως} - \text{πίεση επανακαθίσεως}}{\text{πίεση ανυψώσεως}} \times 100 = 2,7\%$$

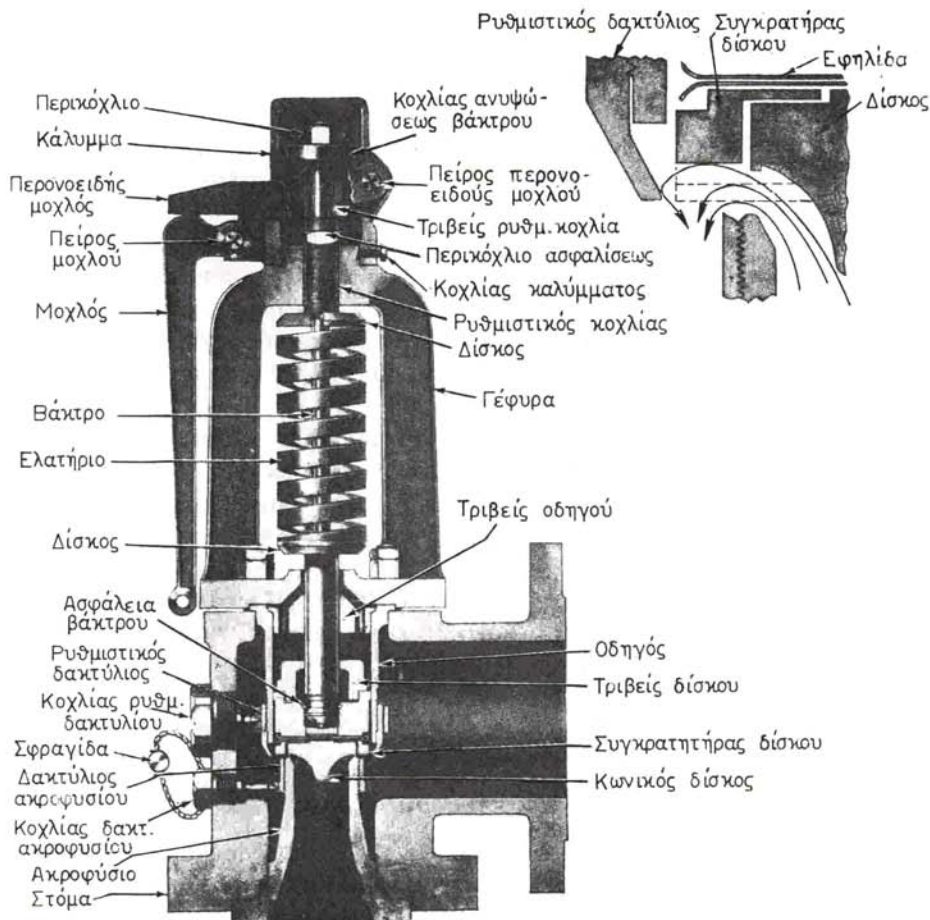
10.15.5 Ασφαλιστικό με ακροφύσιο τύπου Crosby.

Η αρχή λειτουργίας του είναι ότι μία ασφαλιστική βαλβίδα (τύπου ακροφυσίου αντιδράσεως), υπερνικά την αρχική συμπίεση του ελατηρίου και ανυψώνεται, ενώ ο ατμός που διαφεύγει προσκρούει πάνω στο συγκρατητήρα του δίσκου και αλλάζει διεύθυνση προς τα κάτω (σχ. 10.15η). Η από αντίδραση δύναμη του ατμού που διαφεύγει, ωθεί το δίσκο προς τα πάνω και έτσι πραγματοποιείται το κανονικό άνοιγμα του ασφαλιστικού.

Η ανύψωση του δίσκου πραγματοποιείται μέχρις ένα ορισμένο μέσο ύψος το οποίο αντιστοιχεί στο 60% της αποδόσεως του επιστομίου. Η πλήρης απόδοση του επιστομίου πραγματοποιείται με μία δευτερεύουσα προοδευτική ανύψωση.

Αν η πίεση του λέβητα εξακολουθεί να αυξάνει μετά την ανύψωση της βαλβίδας, και ελαφρά μόνο ύψωση της πίεσεως ανυψώνει το δίσκο ψηλότερα. Η κίνηση αυτή βαθμιαία αποκαλύπτει το ρυθμιστικό δακτύλιο, ο οποίος στη συνέχεια αλλάζει προς τα κάτω τη διεύθυνση του ατμού που διαφεύγει. Η αντίδραση του κατευθυνόμενου ατμού ωθεί ακόμα ψηλότερα το δίσκο της βαλβίδας, μέχρις ότου πραγματοποιηθεί η πλήρης ανύψωσή της.

Όταν η πίεση του ατμού ελαττωθεί, η ταχύτητα του ατμού μειώνεται, η δύναμη αντιδράσεως ελαττώνεται και η βαλβίδα ξανακάθεται. Η αρχική πίεση ανοίγματος ρυθμίζεται με χαλάρωση του περικοχλίου ασφαλίσεως του ρυθμιστικού κοχλία και με κοχλίωση του κοχλία αυτού προς τα πάνω ή κάτω, μέχρις ότου η πίεση του ελατηρίου δώσει την επιθυμητή πίεση. Ο δακτύλιος του ακροφυσίου ρυθμίζεται και ασφαρίζεται από το εργοστάσιο.



Σχ. 10.15η.

Ασφαλιστικό με ακροφύσιο τύπου Crosby.

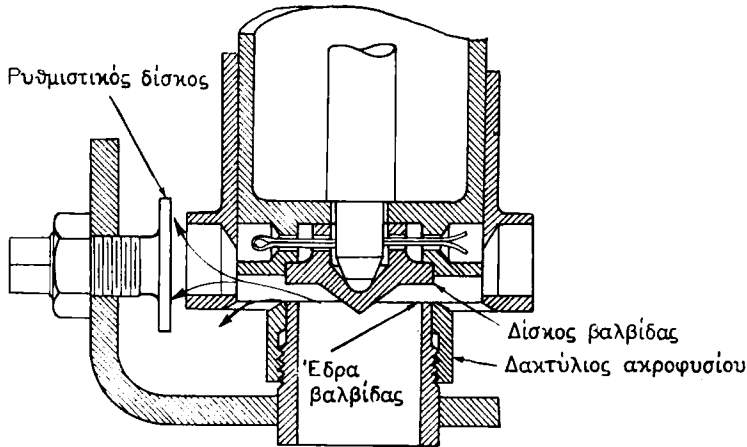
10.15.6 Ασφαλιστικό με αντίδραση.

Αυτό (σχ. 10.15θ) χρησιμοποιεί επίσης κατά τη λειτουργία του την αρχή της αντιδράσεως. Όταν η βαλβίδα (η οποία γύρω από την έδρα της φέρει και αυτή δακτύλιο ακροφυσίου) ανοίξει, ανυψώνεται ελαφρά κάτω από την αντίδραση του ατμού, ο οποίος αλλάζει κατεύθυνση κατά τη δίοδό του από το δίσκο της βαλβίδας.

Όταν η βαλβίδα είναι ελαφρά ανυψωμένη, μέρος από την ποσότητα του ατμού, στην πορεία του προς την έξοδο του ασφαλιστικού, περνάει από τρύπες που βρίσκονται στο συγκρότημα του οδηγού. Η ποσότητα αυτή ελέγχεται από κατάλληλους επίπεδους δίσκους που είναι τοποθετημένοι στην έξοδο της κάθε τρύπας. Οι επίπεδοι δίσκοι κρατούν την πίεση του ατμού ψηλότερη από την πίεση που θα είχε αυτός αν διέφευγε απευθείας προς την έξοδο της βαλβίδας.

Αν η πίεση μέσα στο λέβητα εξακολουθεί να αυξάνει, η βαλβίδα ανυψώνεται στην τελείως ανοικτή θέση της και παραμένει εκεί, μέχρις ότου η πίεση του λέβητα

μειωθεί στο επιθυμητό επίπεδο. Η αρχική πίεση ανυψώσεως της βαλβίδας ρυθμίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στους δύο προηγούμενους, δηλαδή με ρύθμιση της πίεσεως του ελατηρίου.



Σχ. 10.15θ.
Ασφαιριστικό με αντίδραση.

10.15.7 Ασφαιριστικά υπερθερμαντήρα.

Οι τύποι των ασφαιριστικών επιστομίων των υπερθερμαντήρων ανήκουν σέ μία από τής ακόλουθες κατηγορίες:

α) Με ελατήριο. β) Με πίεση. γ) Με θερμικό οδηγό.

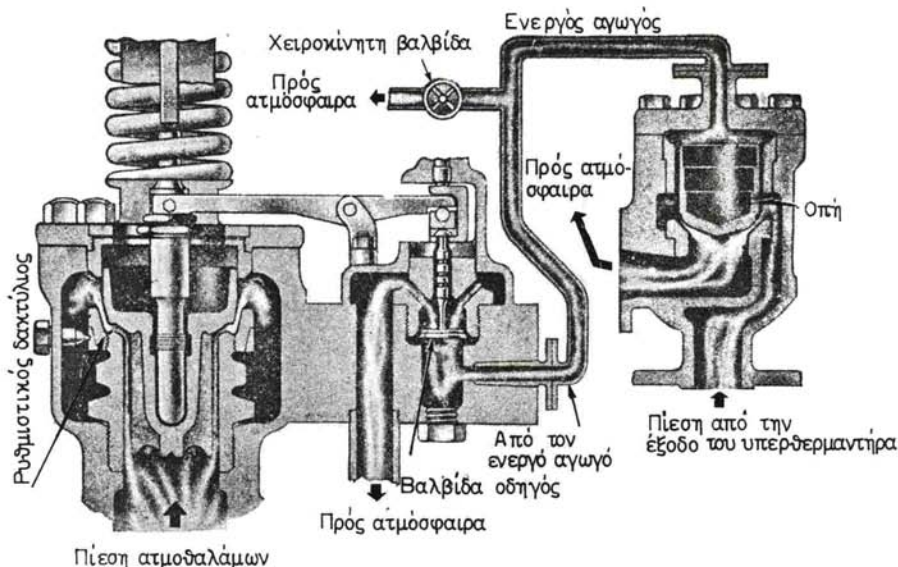
Για λέβητες υπέρθερμου ατμού κοινής εστίας, οι οποίοι λειτουργούν με θερμοκρασίες ατμού κάτω από 370°C, τα ασφαιριστικά του υπερθερμαντήρα είναι ακριβώς ή περίπου όμοια με τα ασφαιριστικά του ατμοϋδροθάλαμου, με μόνη διαφορά ότι κατά την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα κράματα.

Για λέβητες όμως υπέρθερμου ατμού ελεγχόμενης υπερθερμάνσεως χρησιμοποιείται το ασφαιριστικό επιστόμιο με πίεση (σχ. 10.15ι). Αυτό συνήθως αποτελείται από ένα κανονικό ασφαιριστικό μικρού μεγέθους με ελατήριο, το οποίο βρίσκεται πάνω στον ατμοϋδροθάλαμο. Το βάκτρο της βαλβίδας ενώνεται με το βάκτρο μιας βαλβίδας οδηγού, μέσω ενός μοχλού. Η βαλβίδα αυτή συγκοινωνεί με σωλήνωση με τον κλειστό χώρο, ο οποίος βρίσκεται πάνω από το ασφαιριστικό του υπερθερμαντήρα.

Συνήθως υπάρχει μία στατική πίεση στο πάνω μέρος της βαλβίδας αυτής, οφειλόμενη σε διαρροή ατμού από την έξοδο του υπερθερμαντήρα διαμέσου μικρής οπής πάνω στο δίσκο.

Οποτεδήποτε η πίεση μέσα στον ατμοθάλαμο ανεβεί, ανοίγει το ασφαιριστικό του και ελευθερώνεται η βαλβίδα οδηγός, με αποτέλεσμα να έρχεται σε επικοινωνία η σωλήνωση με την ατμόσφαιρα. Αυτό προκαλεί απότομο μηδενισμό της στατικής πίεσεως πάνω από τη βαλβίδα του επιστομίου του υπέρθερμου και επομένως το άνοιγμα της βαλβίδας του ασφαιριστικού του υπέρθερμου.

Ασφαιριστικά επιστόμια που λειτουργούν **θερμικά** χρησιμοποιούνται για τις χωριστές εστίες υπερθερμαντήρα. Το συγκρότημα του επιστομίου αποτελείται τότε



Σχ. 10.15i.
Ασφαλιστικό επιστόμιο με πίεση.

από ένα θερμοστατικό οδηγό, ο οποίος διαμέσου μοχλού ενεργοποιεί μία βαλβίδα. Η βαλβίδα αυτή, όταν ανοίγει, μηδενίζει την πίεση πάνω από την κύρια βαλβίδα του ασφαλιστικού του υπερθερμαντήρα και επιτρέπει έτσι το άνοιγμά της. Το ασφαλιστικό αυτό ενεργοποιείται κυρίως από τη θερμοκρασία που επικρατεί στην έξοδο του ατμού από τον υπερθερμαντήρα αντί από την πίεσή του.

10.16 Υδροδείκτες.

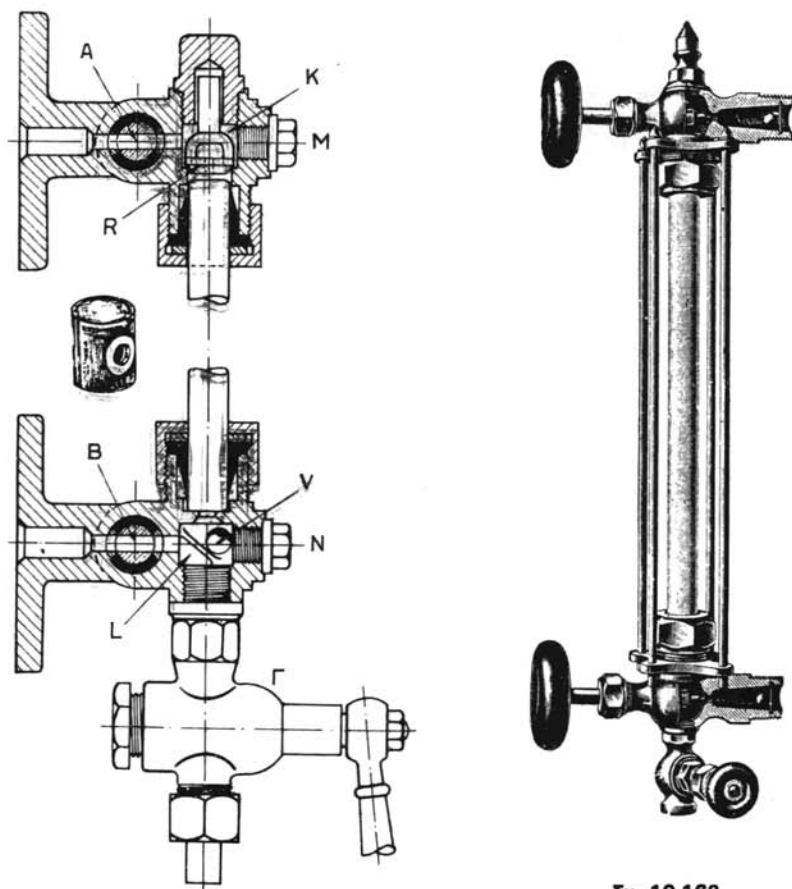
Οι υδροδείκτες δείχνουν τη στάθμη του νερού μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο. Τοποθετούνται συνήθως κατά ζευγάρια για μεγαλύτερη ασφάλεια ενδείξεων.

Η τοποθέτησή τους γίνεται έτσι, ώστε η στάθμη να βρίσκεται συνήθως στο μέσο του ύψους του γυαλιού του υδροδείκτη. Η λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων και διαιρούνται βασικά σε κυλινδρικούς και επίπεδους.

10.16.1 Κυλινδρικοί υδροδείκτες.

Οι κυλινδρικοί υδροδείκτες αποτελούνται από γυάλινο σωλήνα (σχ. 10.16α) που στηρίζεται μέσα σε δύο στορείς. Από αυτούς ο κατώτερος φέρει κοχλιωμένο πάνω του το σώμα του δοκιμαστικού κρουνού Γ (σχ. 10.16β). Οι στορείς συγκοινωνούν μέσω κρουνών με τον ατμό και το νερό του λέβητα. Η διάμετρος του γυάλινου σωλήνα κυμαίνεται από 20 ως 25 mm και το μήκος του από 22 ως 40 cm. Η στεγανότητα των δύο στορέων με το γυάλινο σωλήνα επιτυγχάνεται με καννάβινο παρέμβυσμα, με τη βοήθεια στυπαιοθλίπτη.

Στους στορείς υπάρχουν τα περικόχλια Μ και Ν για τον καθαρισμό των οχετών και την εισαγωγή των βαλβίδων. Γύρω από το γυάλινο σωλήνα τοποθεείται συνήθως συρματοπλέγμα, για να προφυλάσσεται το προσωπικό του λεβητοστασίου



Σχ. 10.16α.
Κυλινδρικός υδροδείκτης.

Σχ. 10.16β.

από ενδεχόμενη θραύση του γυαλιού. Εκτός από τα παραπάνω προβλέπεται ασφαλιστική διάταξη που απομονώνει αυτόματα τον υδροδείκτη όταν σπάσει ο γυάλινος σωλήνας του. Η διάταξη αυτή αποτελείται από δύο ελεύθερες βαλβίδες, μία κωνική R και μία σφαιρική V, οι οποίες κάθονται πάνω στις έδρες τους μέσα στους θαλάμους K και L, από τους οποίους περνούν ο ατμός και το νερό. Εφόσον υπάρχει ισορροπία πιέσεων μέσα στο γυάλινο σωλήνα, οι βαλβίδες αυτές κάθονται με το βάρος τους μόνο πάνω στις έδρες τους και επιτρέπουν, η πάνω την ελεύθερη δίοδο του ατμού και η κάτω την ελεύθερη δίοδο του νερού.

Όταν ο σωλήνας σπάσει, τότε λόγω της δημιουργούμενης διαφοράς πιέσεων η πάνω βαλβίδα θα καθίσει ισχυρά πάνω στην έδρα της, επιτρέποντας σε μικρή μόνο ποσότητα ατμού να διαφεύγει προς το λεβητοστάσιο από τον τριχοειδή οχετό της, και η κάτω θα παρασυρθεί από το εξερχόμενο νερό προς τα πάνω και θα κλείσει τελείως τη δίοδο, απαγορεύοντας την έξοδο σ' αυτό. Έτσι οι κρουνοί A και B μπορούν να κλειστούν από κοντά με το χέρι και στη συνέχεια να τοποθετηθεί νέος γυάλινος σωλήνας.

Για να διαπιστωθεί η ακρίβεια των ενδείξεων του υδροδείκτη, πρέπει αυτός να δοκιμάζεται συχνά με το δοκιμαστικό κρουνό. Μετά από κάθε δοκιμή το νερό πρέπει να επανέρχεται στην κανονική στάθμη του, αν ο υδροδείκτης εργάζεται κανονικά.

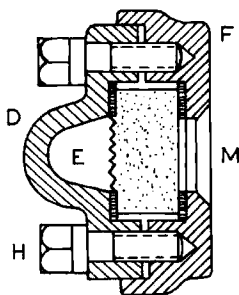
Οι κυλινδρικοί υδροδείκτες χρησιμοποιούνται σε λέβητες πίεσεως ατμού μέχρι 18 bar.

10.16.2 Επίπεδοι υδροδείκτες.

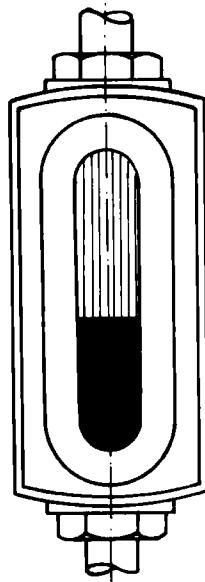
Αυτοί λόγω της μεγαλύτερης ασφάλειας, που παρέχουν, αντικατέστησαν τους κυλινδρικούς σε λέβητες υψηλών πιέσεων. Οι περισσότεροι διαδομένοι τύποι είναι οι τύπου Klingner και Dewrance.

α) Υδροδείκτης Klingner.

Απαρτίζεται (σχήματα 10.16γ και 10.16δ) από γυάλινη πλάκα με ορθογωνική τομή, η οποία πάνω στη μία μόνο πλευρά της (την εσωτερική) φέρει τριγωνικά αυλάκια και από δύο ορειχάλκινα πλαίσια D και F, τα οποία περιβάλλουν τη γυάλινη πλάκα και συγκρατούνται μεταξύ τους ισχυρά με τους κοχλίες H.



Σχ. 10.16γ.



Σχ. 10.16δ.

Υδροδείκτης Klingner σε εγκάρσια τομή.

Το εσωτερικό πλαίσιο φέρει σε όλο το μήκος του κυλινδρική προεξοχή, ώστε να δημιουργείται ο κατακόρυφος οχετός του υδροδείκτη. Η κυλινδρική αυτή προεξοχή στα άκρα καταλήγει σε σωλήνες E, με τους οποίους ο υδροδείκτης συνδέεται με τους στορείς, κρουνούς κλπ., όπως γίνεται και στον κυλινδρικό υδροδείκτη.

Το εξωτερικό πλαίσιο φέρει σε όλο σχεδόν το ύψος άνοιγμα M, μέσω του οποίου φαίνεται η στάθμη του νερού.

Η στεγανότητα μεταξύ της γυάλινης πλάκας και των πλαισίων εξασφαλίζεται με

έτοιμα στις διαστάσεις τους παρεμβύσματα από περμανίτη, τα οποία συσφίγγονται με τους κοχλίες Η.

Το γυαλί στον υδροδείκτη Klinger φέρει εσωτερικά αυλάκια (λούκια), με την ενέργεια των οποίων, λόγω οπτικού φαινομένου ολικής ανακλάσεως στην περιοχή του νερού, η στάθμη διακρίνεται πολύ καθαρά, γιατί κάτω από αυτή η περιοχή του νερού παίρνει σκοτεινόχρωμη απόχρωση και πάνω, στην περιοχή του ατμού, λευκή.

β) Υδροδείκτης Dewrance.

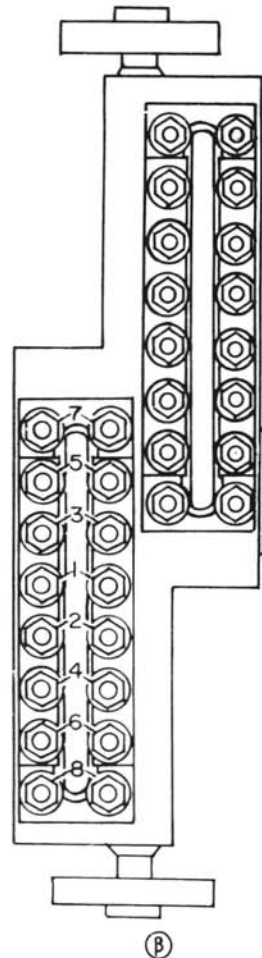
Ο υδροδείκτης αυτός [σχ. 10.16ε(α)] αποτελείται βασικά από τρία ισχυρά χαλύβδινα πλαίσια, τα οποία φέρουν στο μέσο και σε όλο το μήκος εγκοπή με αρκετό πλάτος. Μεταξύ των πλαισίων τοποθετούνται ειδικά γυαλιά και στο εσωτερικό τους παρένθεμα από ειδική και διαφανή μίκα. Η μίκα προφυλάσσει το γυαλί από

Σύνδεσμος με τροφ.
ρυθμιστή



Σύνδεσμος με τροφ.
ρυθμιστή

α)



β)

Σχ. 10.16ε.

α) Υδροδείκτης Dewrance. β) Τοποθέτηση δύο υδροδεικτών με επικάλυψη ενδείξεων.

την ψηλή θερμοκρασία του νερού και χρησιμεύει για το μη θρυμματισμό του σε περίπτωση θραύσεως.

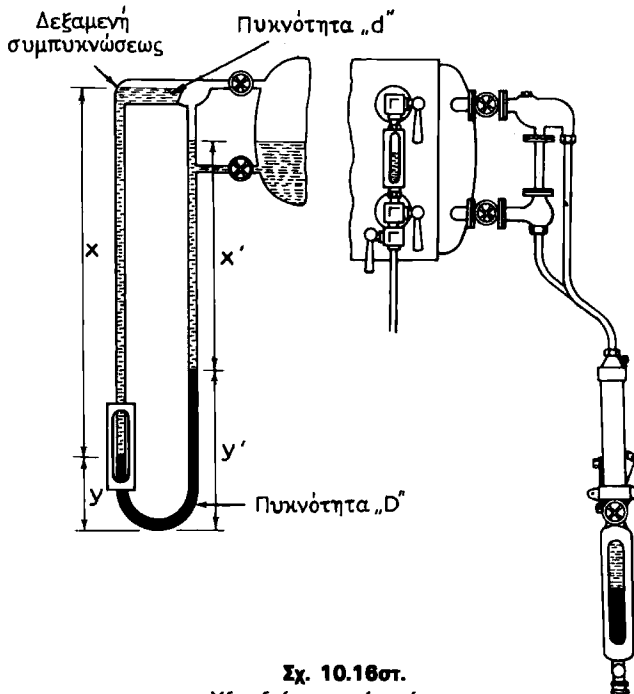
Συνήθως τοποθετείται λαμπτήρας πίσω από το γυαλί, για να φωτίζεται ο υδροδείκτης.

Διάφοροι τύποι γυαλιών χρησιμοποιούνται, μερικά από τα οποία έχουν αυλακώσεις στην εξωτερική πλευρά. Τα γυαλιά αυτά είναι γνωστά ως γυαλιά *ανακλάσεως*, γιατί αντανακλούν το φως κατά τρόπο που το τμήμα νερού του υδροδείκτη να φαίνεται σκοτεινότερο από τον υπόλοιπο υδροδείκτη.

Συνήθης είναι η τοποθέτηση δύο υδροδεικτών με επικάλυψη στις ενδείξεις για μεγαλύτερη ασφάλεια [σχ. 10.16ε(β)].

10.16.3 Υδροδείκτης αποστάσεως.

Για πρόσθετη ασφάλεια χρησιμοποιείται μερικές φορές σε υδραυλωτούς λέβητες ο λεγόμενος *υδροδείκτης αποστάσεως* (σχ. 10.16στ).



Σχ. 10.16στ.
Υδροδείκτης από απόσταση.

Αυτός χρησιμοποιείται σε πολύ ψηλούς λέβητες και κάνει δυνατή την ανάγνωση της στάθμης στο ύψος του οφθαλμού του χειριστή στο λεβητοστάσιο ή σε περιπτώσεις συγκεντρώσεως των ενδεικτικών οργάνων σε ιδιαίτερο θάλαμο.

Το ύψος της στήλης του νερού του ατμοϋδροθάλαμου δείχνεται σ' αυτό τον υδροδείκτη από μία στήλη κόκκινου υγρού που φωτίζεται από πίσω.

Ο ενδείκτης αποτελείται από σωλήνα σχήματος U, στο κάτω μέρος του οποίου υπάρχει μία στήλη του κόκκινου αυτού υγρού, που παριστάνει τη στάθμη του νερού μέσα στον υδροδείκτη.

Το ένα σκέλος του σωλήνα U συνδέεται με τον υδροθάλαμο και η στάθμη μέσα σ' αυτό μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της στάθμης στον ατμοϋδροθάλαμο, ενώ το άλλο σκέλος συνδέεται μέσω μιας δεξαμενής συμπυκνώσεως με τον ατμοθάλαμο και **βρίσκεται έτσι συνεχώς πλήρες.**

Το κόκκινο υγρό είναι αδιάλυτο στο νερό και μεγαλύτερης πυκνότητας από αυτό.

Επειδή το άθροισμα των ατομικών υψών του νερού και του ενδεικτικού υγρού, όταν αυτά πολλαπλασιάζονται με την πυκνότητά τους αντίστοιχα, πρέπει να είναι το ίδιο και στα δύο σκέλη, αντιλαμβανόμαστε ότι η στάθμη της στήλης του ενδεικτικού υγρού θα μεταβάλλεται σύμφωνα με τη μεταβολή της στάθμης στο σκέλος που συνδέεται με τον υδροθάλαμο.

Η μαθηματική έκφραση της λειτουργίας του υδροδείκτη αυτού δίνεται από τη σχέση:

$$x \cdot d + \psi \cdot D = x' \cdot d + \psi' \cdot D$$

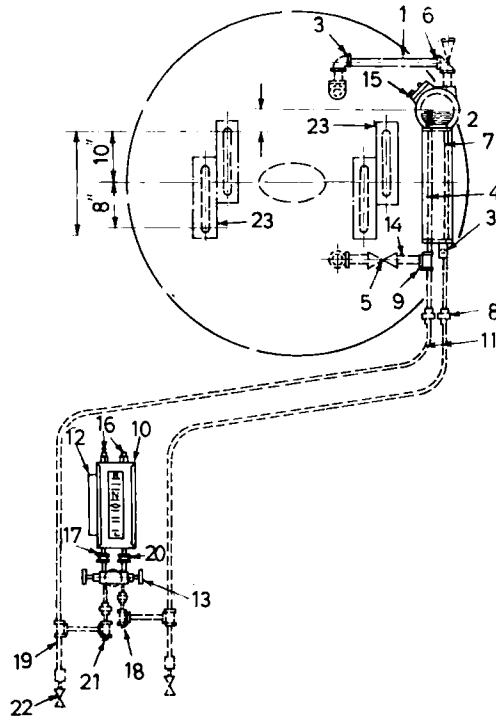
όπου: x , ψ , x' , ψ' οι διαστάσεις των υψών όπως ακριβώς είναι στο σχήμα, ενώ d και D είναι οι αντίστοιχες πυκνότητες του νερού και του ενδεικτικού κόκκινου υγρού.

Το χρωματισμένο υγρό επιτρέπει σ' αυτόν που εκτελεί βάρδια να αντιλαμβάνεται αμέσως αν ο υδροδείκτης είναι άδειος ή γεμάτος.

Υδροδείκτης αποστάσεως τύπου Yarway.

Η λειτουργία του ενδείκτη στάθμης τύπου Yarway (σχήματα 10.16ζ και 10.16η) στηρίζεται στη μέτρηση της διαφοράς πιέσεως μεταξύ μιας στήλης νερού, η οποία μεταβάλλεται με τη στάθμη του λέβητα, και μιας σταθερής στήλης, η οποία είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη στήλη της δημιουργούμενης από την ψηλή όπως λέγεται στάθμη του λέβητα. Στην πράξη αυτή η σύνδεση της μεταβαλλόμενης στήλης γίνεται σε ένα σημείο του ατμοϋδροθάλαμου κάτω από τη χαμηλή στάθμη και η σταθερή στήλη επιτυγχάνεται με σύνδεση, σε σημείο πάνω από την ψηλή στάθμη, ενός θαλαμίσκου, στον οποίο και δημιουργείται σταθερό επίπεδο νερού από συμπύκνωση του ατμού. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την από απόσταση ένδειξη, αφού γι' αυτήν απαιτούνται ουσιαστικά δύο σωληνίσκοι οι οποίοι συνδέονται στα δύο σημεία ελέγχου της στάθμης και στον ενδείκτη.

Στον ενδείκτη, οι δύο στήλες νερού (μεταβαλλόμενη και σταθερή) συνδέονται με τις δύο πλευρές ενός διαφράγματος. Το διάφραγμα εξάλλου συνδέεται, μέσω μικρού αξονίσκου που καταλήγει σε σφαιροειδή αιχμή, προς μία εκτρεπόμενη πλάκα από χαλκό και βηρύλλιο, η οποία εκτρέπεται από τη μέση θέση ανάλογα με τη διαφορά πιέσεως που εφαρμόζεται πάνω στο διάφραγμα. Στο ελεύθερο άκρο της εκτρεπόμενης πλάκας είναι προσαρμοσμένος ειδικός μόνιμος μαγνήτης σχήματος πετάλου, του οποίου οι πόλοι περιβάλλουν ένα λεπτό μάλλον κυλινδρικό τοποθετημένο οριζόντια μέσα σε αεροστεγές κέλυφος. Μέσα στον κυλινδρικό υπάρχει σπειροειδές ελατήριο το οποίο εδράζεται πάνω σε ρουμπίνια και φέρει στο εξωτερικό άκρο ζυγοσταθμισμένο δείκτη. Ελαφρές κινήσεις του μαγνήτη εξωτερικά του κυλινδρικού, οφειλόμενες στις μεταβολές της στάθμης του νερού, προκαλούν πολλαπλά ενισχυμένες περιστροφικές κινήσεις του ελατηρίου και του δείκτη. Ο δείκτης κινείται πάνω σε φωτιζόμενη κάθετη κλίμακα, κλιμακωτά μεταβαλλόμενου χρωματισμού από τη θέση ψηλής στάθμης προς τη χαμηλή.



Σχ. 10.18ζ.

1) Σωλήνας $\frac{1}{2}$ ". 2) Κεφαλή (θάλαμος) σταθερής πίεσεως. 3) Αγκώνες $\frac{1}{2}$ ". 4) Ειδικός Σωληνίσκος $\frac{1}{2}$ " \times 24". 5) Βαλβίδα $\frac{1}{2}$ ". 6) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{2}$ " \times 6". 7) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{2}$ " \times 8". 8) Ρακόρ συνδέσεως. 9) Ταύ $\frac{1}{2}$ ". 10) Μονάδα ενδείκτη. 11) Σωλήνας $\frac{3}{8}$ " O.D. 12) Μονάδα ελέγχου. 13) Βαλβίδα $\frac{1}{4}$ ". 14) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{4}$ " \times 1 $\frac{1}{2}$ ". 15) Πώμα $\frac{1}{2}$ ". 16) Εξασριστικές βαλβίδες. 17) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{8}$ ". 18) Συστολές $\frac{1}{2}$ " \times $\frac{1}{4}$ ". 19) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{4}$ " \times 1 $\frac{1}{2}$ ". 20) Ειδικός σωληνίσκος $\frac{1}{4}$ ". 21) Συλλέκτης καταλοίπων. 22) Βαλβίδα $\frac{1}{4}$ ". 23) Υδροδείκτης.

10.17 Δοκιμαστικοί κρουνοί.

Εκτός από τους υδροδείκτες, σε παλιότερους λέβητες φλογαυλωτούς ή και υδραυλωτούς χαμηλής πίεσεως, χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι **δοκιμαστικοί** ή **επαληθευτικοί κρουνοί**, οι οποίοι έδειχναν τη στάθμη του νερού σε περίπτωση βλάβης των υδροδεικτών.

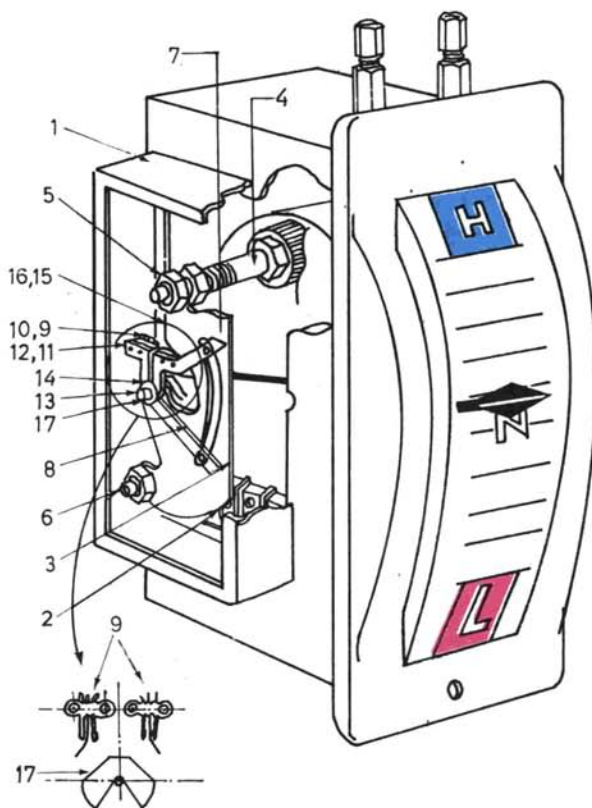
10.18 Θλιβόμετρα.

Είναι όργανα που δείχνουν την πίεση. Τοποθετούνται συνήθως κατά ζευγάρια πάνω στους λέβητες, για την εξασφάλιση της βεβαιότητας ορθής ενδείξεως και τον αμοιβαίο έλεγχό τους.

Στο σχήμα 10.18α εικονίζεται θλιβόμετρο, το οποίο εργάζεται με βάση τη γνωστή από τη Φυσική αρχή του Bourdon.

Αποτελείται:

1) Από χάλκινο σωλήνα Α ελλειπτικής τομής, ο οποίος στο ένα άκρο είναι κλει-



Σχ. 10.16η.

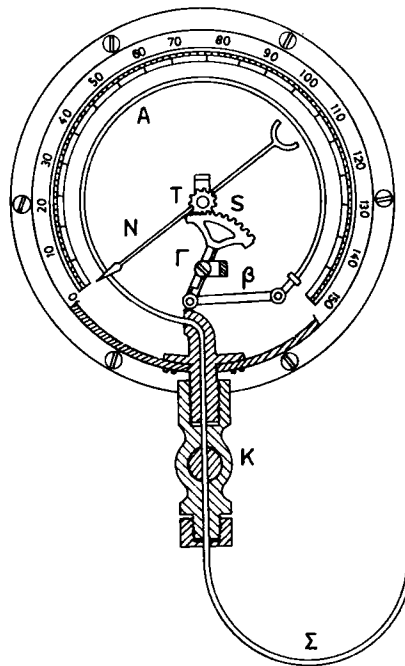
- 1) Εξωτερικό περίβλημα. 2) Πλάκα ηλεκτρικών συνδέσεων. 3) Πλάκα βάσεως. 4) Κοχλίας αρτήσεως. 5) Περικόχλιο ασφάλειας. 6) Κοχλίας συσφίξεως πλάκας βάσεως. 7) Επάνω βραχίονας διακόπτη. 8) Κάτω βραχίονας διακόπτη. 9) Επαφές διακόπτη τύπου Yarway. 10) Ρυθμιστής αποστάσεως επαφών. 11) Περικόχλιο διακόπτη. 12) Κοχλίας συσφίξεως διακόπτη. 13) Άξονας συγκρατήσεως. 14) Εξωτερικός διακόπτης συγκρατήσεως. 15) Περικόχλιο βραχίονα διακόπτη. 16) Κοχλίας. 17) Μαγνήτης.

στός, ενώ με το άλλο συγκοινωνεί με τον ατμό του λέβητα και δέχεται συνεχώς την πίεσή του.

2) Από το στέλεχος β, του οποίου το ένα άκρο αρθρώνεται με το κλειστό άκρο του σωλήνα Α, ενώ το άλλο με το στέλεχος του οδοντωτού τομέα S, ο οποίος εμπλέκεται με τον οδοντωτό τροχό Τ.

Ο οδοντωτός τροχός Τ φέρει στο κέντρο του την ενδεικτική βελόνα Ν του θλιβομέτρου. Η θέση του οδοντωτού τομέα ρυθμίζεται έτσι ώστε, όταν δεν υπάρχει πίεση, η βελόνα να δείχνει πάνω στη βαθμολογημένη πλάκα Ο ή 1, ανάλογα με το αν το θλιβόμετρο μετρά πραγματική ή απόλυτη πίεση αντίστοιχα.

Στο σώμα του θλιβομέτρου προσαρμόζεται με κοχλίωση ο κρουνός Κ, ο οποίος



Σχ. 10.18α.

συνδέεται με το λυγισμένο χάλκινο ατραγωγό σωλήνα Σ. Έτσι, νερό από την εξυδάτωση του ατμού παραμένει διαρκώς στο σωλήνα Σ και η πίεση του ατμού μεταδίδεται μέσω του νερού στο σωλήνα Α. Αυτό είναι απαραίτητο, ώστε να προφυλάσσεται ο όλος μηχανισμός από την επίδραση της ψηλής θερμοκρασίας του ατμού, από την οποία λόγω των μεγάλων διαστολών θα υπέφερε ο μηχανισμός του θλιβομέτρου και οι ενδείξεις του θα ήταν εσφαλμένες. Το από την εξυδάτωση νερό διατηρεί αρκετά χαμηλή και ομοιόμορφη θερμοκρασία.

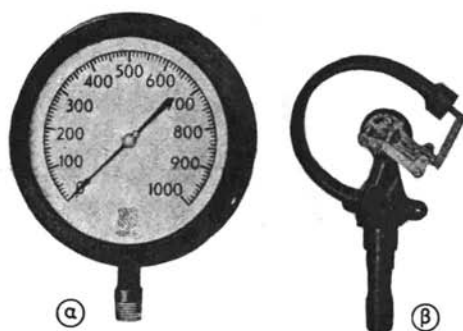
Η λειτουργία του θλιβομέτρου είναι η εξής:

Με την αύξηση της πίεσεως η διατομή του χάλκινου σωλήνα τείνει να πάρει κυκλικό σχήμα και όλος ο σωλήνας να εκτυλιχθεί συμπαρασύροντας με το κλειστό ελεύθερο άκρο του το στέλεχος του οδοντωτού τομέα S, με αποτέλεσμα την ανάλογη μετατόπιση της βελόνας πάνω στο τόξο της βαθμολογημένης πλάκας.

Στο σχήμα 10.18β φαίνεται σε φωτογραφία το όργανο και ο εσωτερικός μηχανισμός του.

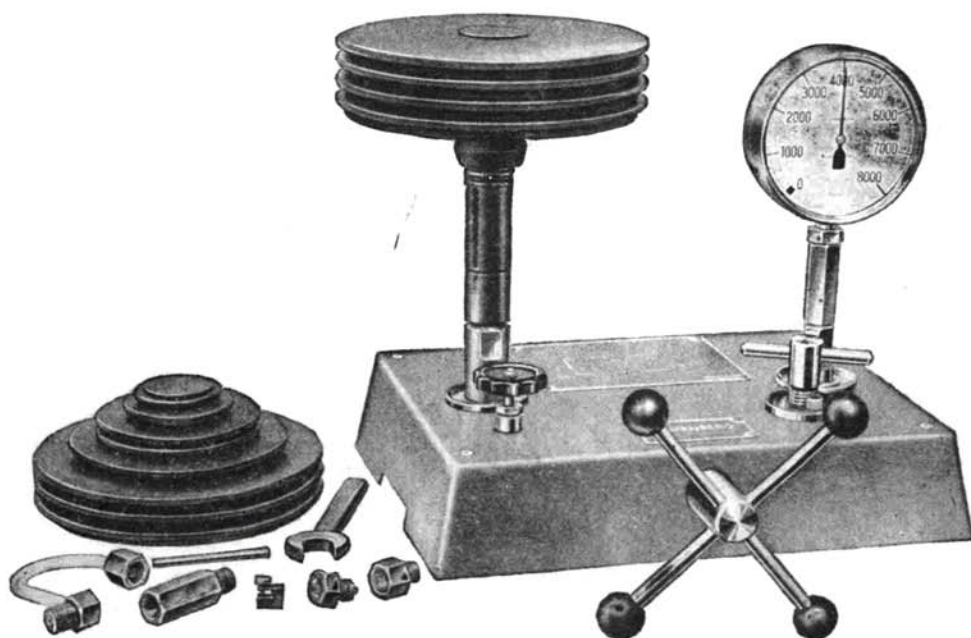
Η βαθμολογία και ο έλεγχος διορθώσεως του θλιβομέτρου γίνεται με σύγκριση προς άλλα πρότυπα θλιβόμετρα ή με ειδική συσκευή ελέγχου, την οποία διαθέτουν τα συνεργεία επισκευών. Μία συσκευή αυτού του είδους εικονίζεται στο σχήμα 10.18γ και αποτελείται από ελαιοκύλινδρο μέσα στον οποίο εισάγεται έμβολο βυθίσεως. Πάνω στον κύλινδρο τοποθετούνται βάρη (ροδέλες) που συμπιέζουν το λάδι.

Το υπό συμπίεση λάδι επικοινωνεί με το υπό βαθμολογία ή δοκιμή θλιβόμετρο και ασκεί πάνω σ' αυτό την πίεσή του. Με υπολογισμό από τα βάρη, τα οποία τοποθετούνται προοδευτικά, και τη διατομή του ελαιοκύλινδρου γίνεται η μέτρηση



Σχ. 10.18β.

α) Θλιβόμετρο. β) Εσωτερικός μηχανισμός θλιβόμετρο.



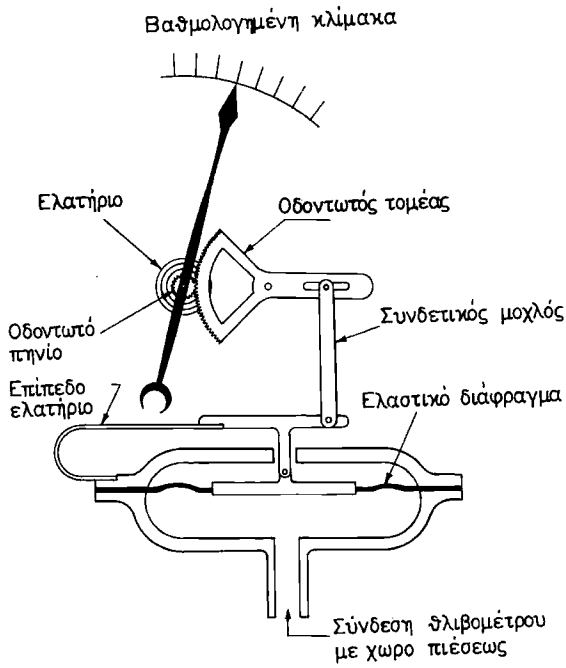
Σχ. 10.18γ.

Συσκευή ελέγχου και βαθμολογίας θλιβόμετρο.

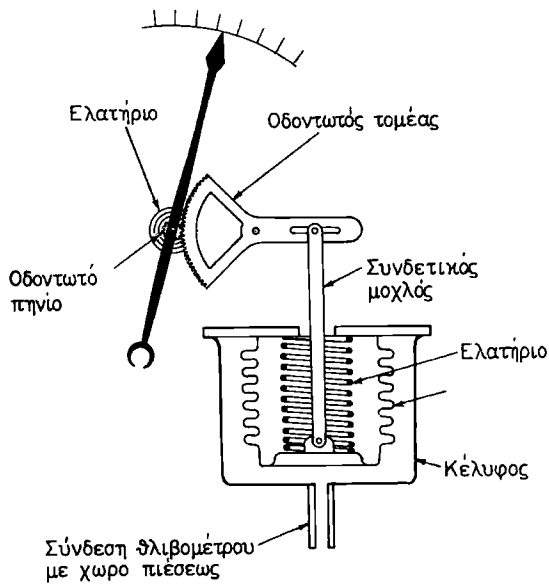
της ασκούμενης πίεσεως και από αυτή η βαθμολογία ή η διόρθωση του θλιβομέτρου.

Η τυχόν αναγκαία διόρθωση γίνεται όπως παρακάτω:

Το στέλεχος του οδοντωτού τομέα αποτελείται από δύο τεμάχια, τα οποία ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο και συγκρατούνται με τον κοχλία Γ (σχ. 10.18α). Με τη διάταξη αυτή μεταβάλλεται το μήκος του μοχλοβραχίονα και συνεπώς το εύρος των διακυμάνσεων του οδοντωτού τομέα, με αποτέλεσμα τη διόρθωση των ανακριβών ενδείξεων της βελόνας.



Σχ. 10.18δ.
Θλιβόμετρο με ελαστική πλάκα.



Σχ. 10.18ε.
Θλιβόμετρο με κυματοειδή ασκό.

Υπάρχουν τύποι θλιβομέτρων με διπλό σωλήνα σε αμερικανικές κατασκευές. Επίσης άλλα με ελαστική πλάκα, η οποία δέχεται την πίεση του ρευστού και τη μεταβιβάζει προς τη βελόνα, η οποία κινείται πάλι μπροστά στη βαθμολογημένη πλάκα (σχ. 10.18δ) ή θλιβόμετρα με κυματοειδή ασκό (σχ. 10.18ε).

Τα τελευταία χρησιμοποιούνται για μικρές μόνο πιέσεις.

10.19 Εξαεριστικός κρουνός.

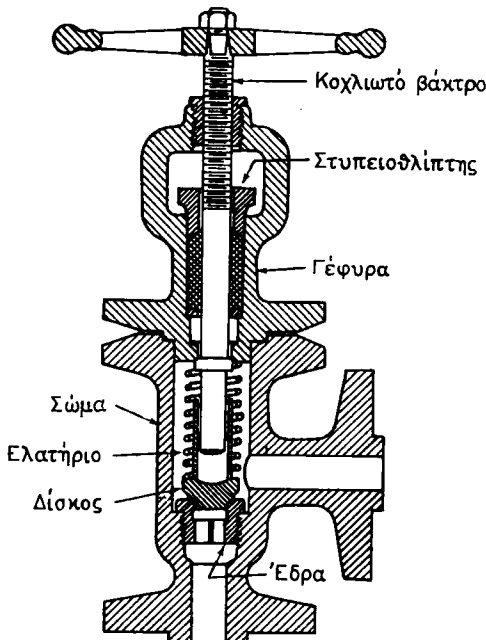
Ο εξαεριστικός κρουνός τοποθετείται συνήθως στο ψηλότερο σημείο του ατμοθάλαμου του λέβητα για να επιτρέψει:

α) Την είσοδο αέρα μέσα σ' αυτό κατά την εκκένωση του λέβητα.

β) Τη διαφυγή του αέρα όταν ο λέβητας γεμίζει με νερό ή ατμοποιεί κατά την αφή πυρών. Ως εξαεριστικοί κρουνοί χρησιμοποιούνται συνήθως επιστόμια με κοινές σφαιροειδείς βαλβίδες.

10.20 Εξαφριστικός κρουνός.

Το επιστόμιο του εξαφριστικού (σχ. 10.20) έχει μία βαλβίδα δισκοειδή που συνδέεται με τον εσωτερικό εξαφριστικό σωλήνα. Η έδρα και ο δίσκος της βαλβίδας έχουν ειδικά κατεργασθεί (stellited), για να αποφευχθεί μηχανική διάβρωση των επιφανειών επικαθίσεως (επαφής).



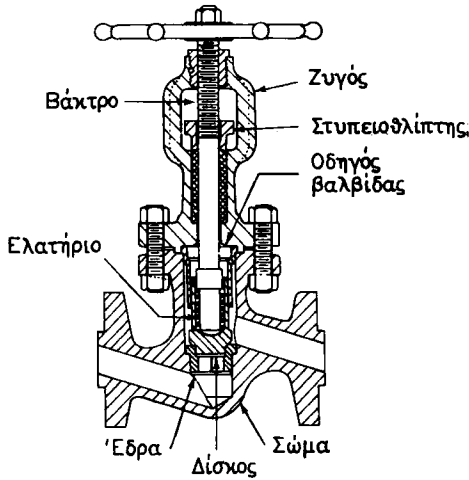
Σχ. 10.20.
Εξαφριστικό επιστόμιο.

10.21 Επιστόμια εξαγωγής-εκκενώσεως.

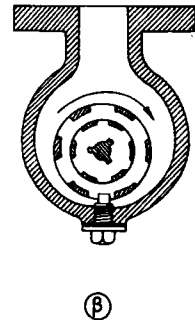
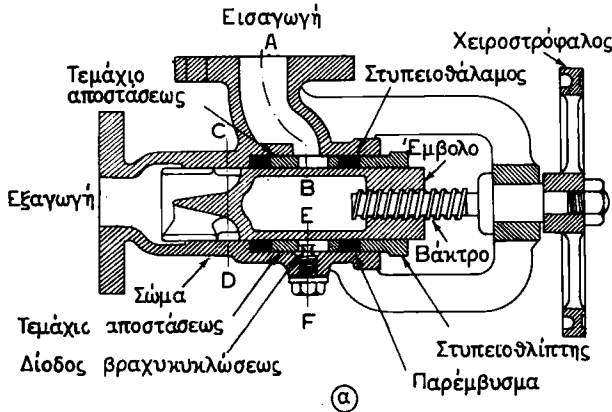
Επιστόμια εξαγωγής τοποθετούνται σε κάθε υδροθάλαμο και κάθε υδροσυλλέκτη.

Ο σκοπός τους είναι να απαλλάσσουν κατά την εξαγωγή το λέβητα από τις καθαλώσεις και τα άλλα στερεά κατάλοιπα, τα οποία μπορεί να βρέθηκαν στο λέβητα μαζί με το τροφοδοτικό νερό και να ελαττώσουν την αλατότητα του λέβητα.

Σε ορισμένα πλοία απαντώνται δύο τύποι επιστομίου εξαγωγής. Ο ένας είναι ο συνηθισμένος τύπος με έδρα και δισκοειδή βαλβίδα (σχ. 10.21α), η οποία έχει ενδυναμωθεί με στελλίτη, και ο άλλος χωρίς έδρα, τύπου εμβόλου (σχ. 10.21β).



Σχ. 10.21α.
Επιστόμιο εξαγωγής με έδρα
και δισκοειδή βαλβίδα.

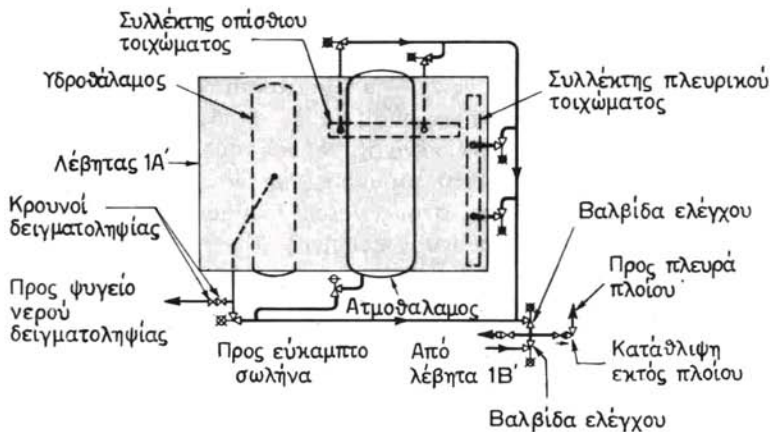


Σχ. 10.21β.
α) Επιστόμιο εξαγωγής τύπου εμβόλου. β) Τομή Α-Β-С-D-E-F.

Στο σχήμα 10.21γ παριστάνεται η διάταξη των σωληνώσεων εξαγωγής σε λέβητα απλής εστίας τύπου «D».

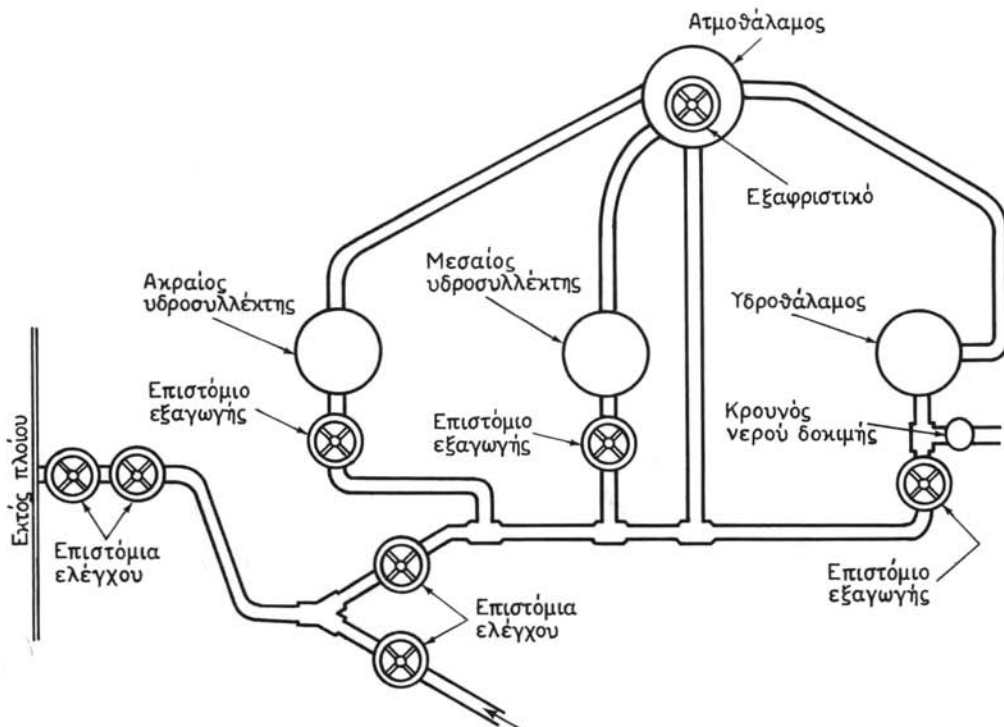
Επειδή η μεγαλύτερη συμπύκνωση των αλάτων παρουσιάζεται στα χαμηλότερα σημεία των υδροθαλάμων και ωρισμένα από τα διαλυμένα στερεά είναι ελαφρότερα από το νερό, συνιστάται η ελάττωση της αλατότητας να εκτελείται με τρεις **εξαγωγές**. Μία εξαγωγή πυθμένα (κάτω), στη συνέχεια μία εξάφριση και τέλος πάλι μία εξαγωγή.

Και οι δύο βαλβίδες εξαγωγής και εξαφρίσεως καταθλίβουν σε ένα σύστημα



Σχ. 10.21γ.

σωληνώσεως, το οποίο καλείται **σωλήνωση εξαγωγής** (σχ. 10.21δ). Αυτή, όπως αυτό παριστάνεται στο σχήμα 10.21δ για λέβητα δύο εστιών, οδηγεί διαμέσου ειδικής βαλβίδας ελέγχου προς την πλευρά του λεβητοστασίου, όπου και υπάρχει άλλη ειδική βαλβίδα (guarding valve), και στη συνέχεια προς το επιστόμιο έξω από το πλοίο, το οποίο σε ξένα Ναυτικά είναι γνωστό και ως **επιστόμιο περιβλήματος**.



Σχ. 10.21δ.

Σωληνώσεις εξαγωγής.

10.22 Κρουνοί υγρών.

Η ύπαρξη κατάλληλης διατάξεως για την εξυδάτωση των τμημάτων ενός λέβητα είναι αναγκαία για την καλή συντήρησή του.

Η εξυδάτωση και γενικότερα η εκκένωση μέρους του νερού του λέβητα γίνεται με τους ειδικούς για το σκοπό αυτό κρουνοί υγρών.

Κρουνοί υγρών τοποθετούνται στους υδροθάλαμους, τους συλλέκτες, τους υπερθερμαντήρες και τους ατμαγωγούς σωλήνες. Με αυτούς το νερό οδηγείται στο δίκτυο υγρών ή στο κύτος του πλοίου.

Η λειτουργία των κρουνών υγρών συνδυάζεται, συνήθως, με τις λεγόμενες ατμοπαγίδες.

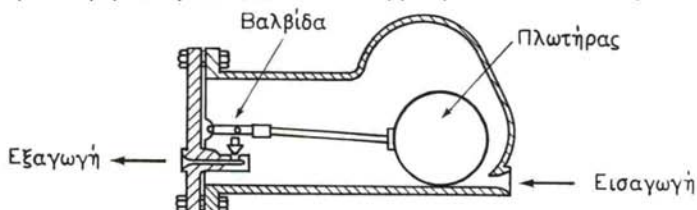
10.23 Ατμοπαγίδες.

Είναι όργανα που τοποθετούνται στο δίκτυο των υγρών και αποσκοπούν στο να επιτρέπουν τη ροή του υγροποιημένου μόνο ατμού στο δίκτυο.

Είναι συνήθως 2 τύπων, υδραυλικής λειτουργίας και θερμοστατικές.

Στο σχήμα 10.23α εικονίζεται ατμοπαγίδα υδραυλικής (ή μηχανικής) λειτουργίας.

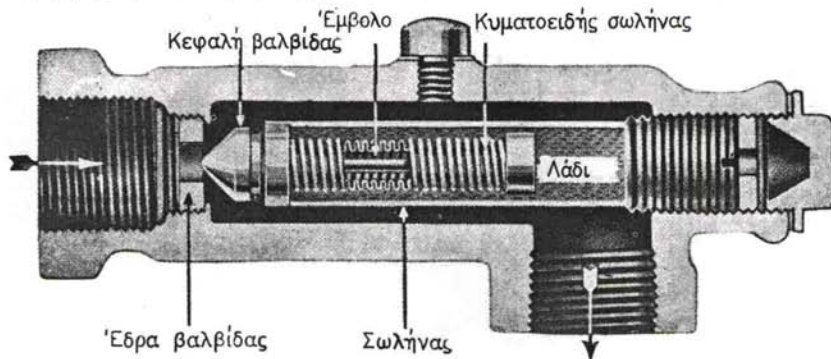
Μέσα στο κιβώτιό της συγκεντρώνεται ο υγροποιημένος ατμός και όταν δημιουργηθεί επαρκής στάθμη ο πλωτήρας ανεβαίνει μαζί με αυτή, και με τη περιστροφική βαλβίδα, με την οποία συνδέεται, επιτρέπει την έξοδο των υγρών. Όταν η στάθμη κατεβεί, τότε κλείνει τη βαλβίδα και δεν επιτρέπει την έξοδο του ατμού.



Σχ. 10.23α.
Ατμοπαγίδα υδραυλικής
λειτουργίας.

Στο σχήμα 10.23β φαίνεται μία θερμοστατική ατμοπαγίδα.

Η ροή του συμπυκνώματος δείχνεται με τα βέλη. Ένα έμβολο, το οποίο φέρει την κεφαλή της βαλβίδας, περιέχεται ερμητικά κλεισμένο μέσα σε σωλήνα, ο οποίος γεμίζει με ένα βαρύ ορυκτό λάδι.



Σχ. 10.23β.
Θερμοστατική ατμοπαγίδα.

Ο ελικοειδής κυματοειδής σωλήνας συνδέεται στο αριστερό άκρο του με το σωλήνα που περιέχει το βαρύ λάδι και στο δεξιό με το έμβολο.

Όταν εισέρχεται ατμός στην ατμοπαγίδα, το λάδι διαστέλλεται και κινεί το έμβολο προς τα αριστερά και κλείνει τη βαλβίδα.

Η διαδρομή του εμβολίσκου ρυθμίζεται με το ρυθμιστικό κοχλία πίσω από το σωλήνα με σκοπό να προσαρμόζεται σε οποιαδήποτε πίεση ατμού.

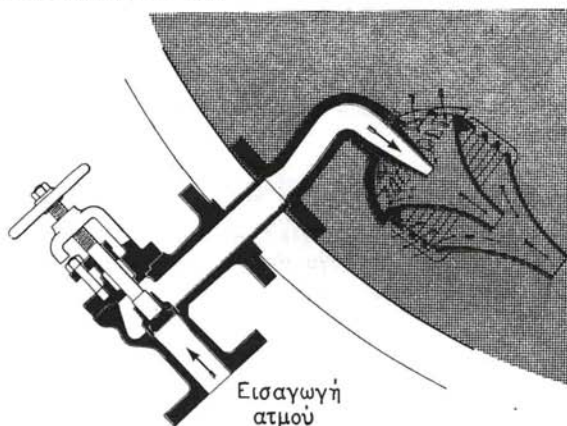
10.24 Κρουνός δειγματοληψίας νερού.

Χρησιμεύει για τη λήψη νερού προς εκτέλεση ελέγχου και δοκιμών του νερού του λέβητα. Συνήθως βρίσκεται ανάμεσα στο στόμιο εξαγωγής και στον υδροθάλαμο.

Επειδή το νερό που λαμβάνεται βρίσκεται κάτω από ψηλή θερμοκρασία και πίεση, θα εξατμίζοταν ακαριαία, αν μετέβαινε κατευθείαν από τη πίεση του λέβητα στην ατμοσφαιρική πίεση, που επικρατεί στο λεβητοστάσιο. Γι' αυτό τοποθετείται μικρός ψυκτήρας στην λήψη του νερού το οποίο νερό περνά από τις σπείρες του ψυκτήρα, ψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία βρασμού που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση.

10.25 Υδροκίνητρο.

Το όργανο αυτό, το οποίο είναι είδος σίφωνα ή εγχυτήρα (σχ. 10.25), προσαρμόζεται συνήθως σε κυλινδρικούς λέβητες και στην κατώτερη θέση του υδροθάλαμου, ώστε να μπορεί να προκαλεί την τεχνητή κυκλοφορία του νερού που βρίσκεται κάτω από τους κλίβανους.



Σχ. 10.25.
Υδροκίνητρο.

Το υδροκίνητρο, με την τεχνητή κυκλοφορία που δημιουργεί, προκαλεί ομοιόμορφη θέρμανση του νερού του υδροθάλαμου.

Η λειτουργία του είναι η εξής: Ατμός από τον ατμοθάλαμο του λέβητα ή από άλλο λέβητα, κύριο ή βοηθητικό, κατά την αρχική αφή εισάγεται στο πρώτο κωνικό ακροφύσιο, από το οποίο εξέρχεται με ταχύτητα. Δημιουργείται έτσι κενό, το οποίο

συμπληρώνεται με νερό στις θυρίδες. Έτσι, μίγμα ατμού και νερού εισέρχεται στο δεύτερο ακροφύσιο, όπου δημιουργείται το ίδιο φαινόμενο και τέλος εξέρχεται από το τελευταίο ακροφύσιο προς τον υδροθάλαμο.

Η τεχνητή αυτή κυκλοφορία σε λέβητες χωρίς υδροκίνητρο επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του βοηθητικού τροφοδοτικού ιππαρίου. Συνδέεται τότε με εύκαμπτο σωλήνα η αναρρόφηση του βοηθητικού ιππαρίου με τον κρουνό εξαγωγής του λέβητα και το ιππάριο αναρροφά από το κάτω μέρος του υδροθάλαμου, και καταθλίβει στο πάνω μέρος του με το βοηθητικό τροφοδοτικό επιστόμιο.

10.26. Ενδείκτες ροής ατμού.

Επειδή η θερμοκρασία του ατμού στην έξοδό του από τον υπερθερμαντήρα δεν δηλώνει και τις συνθήκες που επικρατούν μέσα σ' αυτόν, κυρίως όταν η ροή του ατμού στον υπερθερμαντήρα έχει μειωθεί ή έχει σταματήσει, τοποθετούνται κατάλληλα όργανα, γνωστά ως **ενδείκτες ροής ατμού**, για τον έλεγχο της και προς αποφυγή καταστροφής του υπερθερμαντήρα.

Οποτεδήποτε περνά ατμός από τον υπερθερμαντήρα, η πίεση εξόδου είναι μικρότερη από την πίεση εισόδου και η διαφορά αυτή των πιέσεων είναι ανάλογη με τη ροή του ατμού. Η διαφορά αυτή της πίεσεως μεταδίδεται ηλεκτρικά σ' ένα ενδείκτη. Η κλίμακα ενδείξεως του ενδείκτη μπορεί να είναι σε δάκτυλους στήλης νερού ή σε ποσό ατμού ανά ώρα. Ορισμένες κλίμακες έχουν χρωματισμένη κόκκινη την επικίνδυνη περιοχή.

Ορισμένοι ενδείκτες ροής ατμού είναι κατασκευασμένοι έτσι, ώστε να ενεργούν πάνω σε μία βαλβίδα με την οποία επιτυγχάνεται η γρήγορη κράτηση καταθλίψεως πετρελαίου στους καυστήρες του υπερθερμαντήρα, όταν η ροή ατμού από τον υπερθερμαντήρα έχει κατεβεί κάτω από τα όρια ασφάλειας.

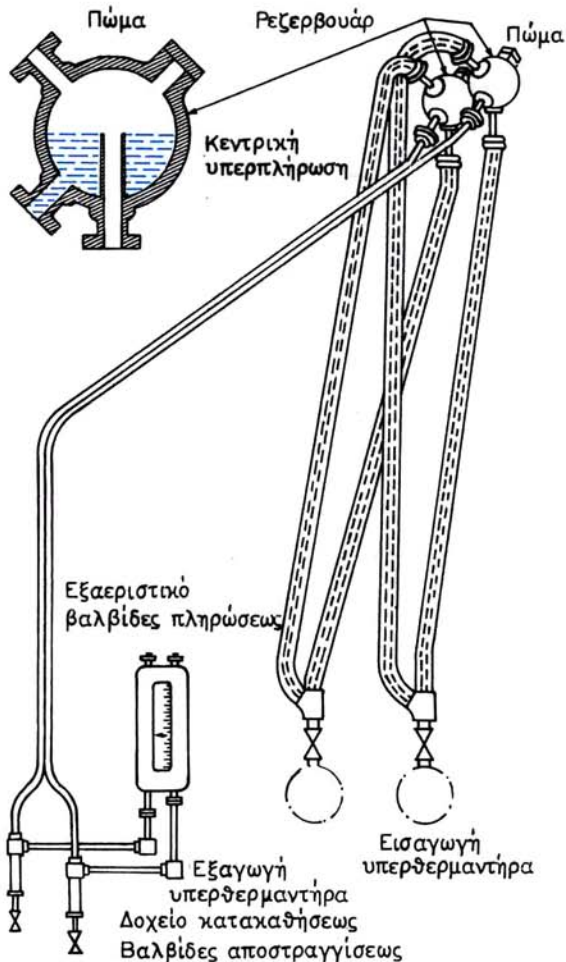
Ενδείκτες ροής ατμού υπερθερμαντήρων Yarway.

Η γενική διάταξη του ενδείκτη ροής ατμού υπερθερμαντήρα Yarway φαίνεται στο σχήμα 10.26α.

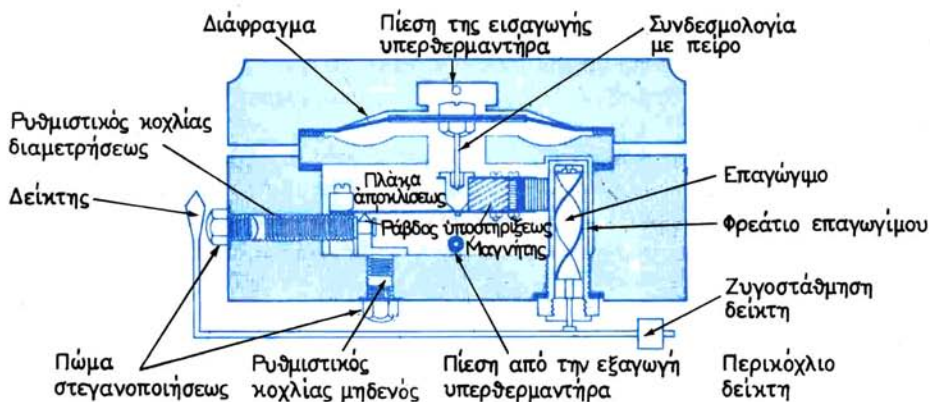
Σταθερή στάθμη νερού διατηρείται στις δύο δεξαμενές, οι οποίες είναι τοποθετημένες η μία ψηλότερα από τη άλλη, σε τρόπο, ώστε να παρέχεται διαφορική σταθερή πίεση. Ατμός από τη εισαγωγή του υπερθερμαντήρα εισέρχεται στην πάνω δεξαμενή και ατμός από την εξαγωγή του υπερθερμαντήρα εισέρχεται στην κάτω δεξαμενή. Εξωτερικές σωληνώσεις συνδέουν τις δεξαμενές με τη μονάδα ενδείξεως.

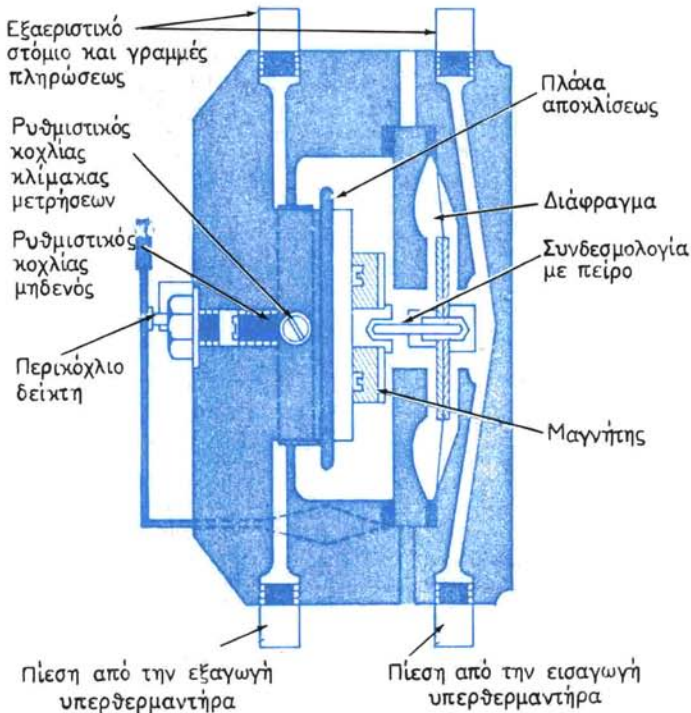
Το εσωτερικό της ενδεικτικής μονάδας φαίνεται σε τομή στα σχήματα 10.26β και 10.26γ. Πρέπει να σημειωθεί ότι το νερό από την πάνω δεξαμενή εισέρχεται στη μονάδα από τη μια πλευρά του διαφράγματος και το νερό από τη κάτω δεξαμενή από τη άλλη πλευρά. Η πίεση από την πάνω δεξαμενή είναι μεγαλύτερη από την πίεση της κάτω δεξαμενής. Γι' αυτό το διάφραγμα κινείται. Το διάφραγμα συνδέεται με πλάκα αποκλίσεως, η οποία ακολουθεί με ευαισθησία κάθε κίνηση του διαφράγματος. Ένας πεταλοειδής μαγνήτης στηρίζεται σταθερά πάνω στην πλευρά της πλάκας αποκλίσεως, η οποία είναι ελεύθερη να κινείται.

Μεταξύ των πόλων του μαγνήτη υπάρχει ένα σωληνωτό φρεάτιο επάνω στο οποίο έχει στηριχθεί σπειροειδές επαγωγίμο πάνω σε ειδικούς τριβείς (από ημιπολύτιμους λίθους). Ένας δείκτης είναι δεμένος στο άκρο του άξονα στηρίξεως του επαγωγίμου. Όταν η πλάκα αποκλίσεως κινείται σε ανταπόκριση των διακυμάν-



Σχ. 10.26α.

Σχ. 10.26β.
Πλευρική τομή.



Σχ. 10.26γ.
Τομή στην πρόσοψη.

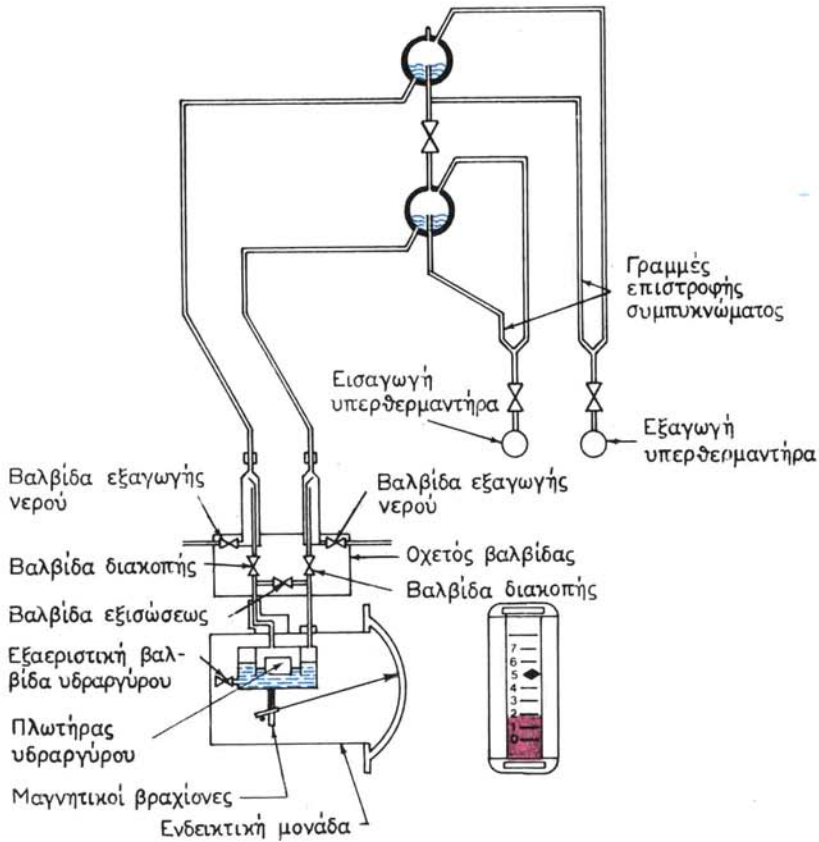
σεων της πίεσης, ο μαγνήτης κινείται κατά μήκος του άξονα του φρεατίου. Καθώς ο μαγνήτης κινείται, το σπειροειδές επαγωγίμο στρέφεται για να τηρήσει ευθυγράμμιση με το μεταξύ των πόλων μαγνητικό πεδίο. Έτσι περιστροφική κίνηση μεταδίδεται στον άξονα στηρίξεως του επαγωγίμου και η περιστροφή του άξονα προκαλεί την κίνηση του δείκτη. Η βελόνα του δείκτη κινείται επάνω από κατακόρυφη πλάκα αναγνώσεως πλήρως φωτισμένη, η οποία χωρίζεται σε πράσινες και κόκκινες ζώνες, προς ένδειξη αντίστοιχα των ασφαλών και μη ασφαλών συνθηκών. Ο ένδεικτης ροής ατμού πρέπει να εξαερωθεί με γέμισμα με νερό, να ελεγχθεί ή βαθμολογηθεί του καί να ρυθμισθεί κατάλληλα ο πίνακας ένδειξεως. Οδηγίες εκτελέσεως των παραπάνω δίνονται στο τεχνικό έγχειρίδιο του κατασκευαστή.

Για να τοποθετηθεί ο ενδείκτης σε λειτουργία όταν ο λέβητας βρίσκεται υπό ατμό, πρώτα ανοίγεται λίγο η βαλβίδα στην εξαγωγή του υπερθερμαντήρα και μετά η βαλβίδα στην εισαγωγή του υπερθερμαντήρα. Επιτρέπεται βαθμιαίος σχηματισμός πίεσης στο σύστημα ενδείξεως και στη συνέχεια ανοίγονται τελείως και οι δύο βαλβίδες.

Ενδείκτης ροής ατμού Ferguson.

Ο ενδείκτης χαμηλής ροής ατμού Ferguson, ο οποίος φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 10.26δ αποτελείται από τρία κυρία εξαρτήματα:

- 1) Συγκρότημα σωλήνα ενδείξεως.
- 2) Οχετός βαλβίδας και



Σχ. 10.266.

3) μονάδα ενδείξεως.

Ο ενδείκτης Ferguson είναι κυρίως ένα θλιβόμετρο γεμάτο με υδράργυρο και με πλωτήρα από ανοξείδωτο χάλυβα στο ένα σκέλος. Καθώς η διαφορική πίεση κυμαίνεται μεταξύ της εισαγωγής και εξαγωγής του υπερθερμαντήρα, η στάθμη του υδραργύρου του οργάνου αλλάζει και κινεί την ενδεικτική βελόνα. Η κίνηση στο θλιβόμετρο μεταβιβάζεται στο δείκτη πάνω στην κλίμακα μέσω ενός μαγνητικού συνδέσμου μεταδόσεως κινήσεως. Ο σύνδεσμος αποτελείται από ένα εσωτερικό μαγνητικό επαγωγίμο πάνω σ' έναν άξονα και ένα εξωτερικό ζυγό με μαγνητικά ενεργοποιούμενους βραχίονες. Ο ζυγός, που αποτελεί μέρος του συστήματος του δείκτη, περιστρέφεται σε τριβείς ακρίβειας για να διατηρεί ευθυγράμμιση με το εσωτερικό επαγωγίμο. Έτσι ο ζυγός περιστρέφεται καθώς το επαγωγίμο κινείται πάνω και κάτω. Ο σωλήνας ενδείξεως συνδέεται με σωλήνωση με τις συνδέσεις εισαγωγής και εξαγωγής του υπερθερμαντήρα. Όπως και προηγουμένως ειπώθηκε, η διαφορά στην πίεση μεταξύ εισαγωγής και εξαγωγής λειτουργεί ως μέτρο του βαθμού ροής ατμού μέσω του υπερθερμαντήρα.

10.27. Σύστημα συναγερμού χαμηλής στάθμης νερού.

Αυτό αποτελείται συνήθως από ένα πλωτήρα που παρακολουθεί τις μεταβολές

της στάθμης του νερού στον υδροθάλαμο και είναι δεμένος αρθρωτά με μία βελονοειδή βαλβίδα που παραμένει κλειστή όταν η στάθμη του νερού είναι η κανονική. Όταν η στάθμη κατεβεί και πλησιάσει τα όρια ασφάλειας, τότε ο πλωτήρας κατεβαίνει και μαζί μ' αυτόν και η βελονοειδής βαλβίδα επιτρέποντας τη δίοδο ατμού ο οποίος ενεργοποιεί μία σειρήνα συναγερμού και επίσης κλείνει την παροχή πετρελαίου στους καυστήρες.

Η όλη συσκευή είναι τοποθετημένη μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο ή είναι εξωτερική. Οπότε το κιβώτιο του πλωτήρα συνδέεται με σωλήνες προς τον ατμοθάλαμο και τον υδροθάλαμο.

10.28. Σύστημα συναγερμού υψηλής θερμοκρασίας ατμού.

Ένα σύστημα του είδους αυτού αποτελείται βασικά από ένα υδραργυρικό θερμόμετρο αποστάσεως, εγκαταστημένο σε υποδοχή η οποία εκτείνεται βαθιά μέσα στην έξοδο του υπερθερμαντήρα.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας ο υδράργυρος διαστέλλεται και ενεργοποιεί έναν ηλεκτρικό διακόπτη, ο οποίος ρυθμίζεται στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Το ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο ελέγχεται από το διακόπτη, χρησιμοποιείται για τη λειτουργία σειρήνας και σε ορισμένες εγκαταστάσεις και ενός κόκκινου λαμπτήρα. Με αυτά τα μέσα παρέχεται ειδοποίηση κινδύνου σε περίπτωση ψηλής θερμοκρασίας του ατμού στην έξοδο του υπερθερμαντήρα.

Σε άλλες εγκαταστάσεις το κύκλωμα επενεργεί και σε μια μαγνητική βαλβίδα άμεσης διακοπής, που βρίσκεται στη σωλήνωση πετρελαίου των καυστήρων της εστίας του υπερθερμαντήρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΚΑΥΣΙΜΑ – ΚΑΥΣΗ – ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

11.1 Γενικά.

Καύσιμα γενικά ονομάζονται τα σώματα που όταν καίγονται παράγουν θερμότητα η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ωφέλιμο έργο.

Είναι συνθέσεις διαφόρων χημικών στοιχείων, κυρίως άνθρακα C, υδρογόνου H, θείου S και διαφόρων άλλων προσμίξεων σε μικρές αναλογίες.

Καύση είναι η γρήγορη εξωθερμική αντίδραση κατά την οποία τα καύσιμα ενώονται χημικά με το οξυγόνο O του αέρα. Το κύριο χαρακτηριστικό της είναι η απελευθέρωση θερμότητας σε υψηλή θερμοκρασία. Όταν η καύση είναι έντονη, παράγονται φλόγες και φώς που αποτελούν τα δευτερογενή φαινόμενα της καύσεως.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, με την καύση η **χημική ενέργεια** ενός καυσίμου μετατρέπεται σε εκμεταλλεύσιμη **θερμική ενέργεια** ή **θερμότητα**.

Η καύση διακρίνεται σε **βραδεία**, όπως π.χ. είναι η οξείδωση των μετάλλων, **συνήθη** ή **κανονική**, όπως είναι η καύση του γαιάνθρακα, του πετρελαίου και **ταχεία** ή **έκρηξη**, όπως θεωρείται η καύση της βενζίνης, των εκρηκτικών υλών κλπ.

Τα καύσιμα στοιχεία των καυσίμων είναι ο άνθρακας C, το υδρογόνο H και το θείο S, ενώ τα άκαυστα το οξυγόνο O, η υγρασία και τέλος διάφορα άλατα ή ακάθαρτες προσμίξεις που αποτελούν την **τέφρα** και τη **σκουριά** που απομένουν μετά την καύση.

Για να πραγματοποιηθεί η καύση είναι απαραίτητο το οξυγόνο του αέρα. Γι' αυτό και ο αέρας λέγεται **καυσιγόνος**.

Όταν η καύση ενός καυσίμου γίνεται έτσι, ώστε μέσα στα προϊόντα της (τα οποία είναι τα καυσάερια και στερεά υπολείμματα), να μην υπάρχουν καθόλου καύσιμα συστατικά, λέγεται **τέλεια καύση**, αλλιώς χαρακτηρίζεται ως **ατελής**.

11.2 Ταξινόμηση των καυσίμων.

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην τεχνική χαρακτηρίζονται πρώτα σε **φυσικά** και **τεχνητά**, ανάλογα με το αν χρησιμοποιούνται όπως προέρχονται από τη φύση, π.χ. **λιθάνθρακες, νάφθα, μεθάνιο** κλπ. ή αν χρησιμοποιούνται μετά από ορισμένη επεξεργασία, π.χ. **κωκ, πετρέλαιο λεβήτων** ή **Diesel, βενζίνη, οινόπνευμα, φωταέριο**.

Άλλη διάκριση χαρακτηρίζει αυτά σε στερεά, υγρά και αέρια, όπως είναι π.χ.:

Στερεά καύσιμα:

Τύρφη, λιγνίτες, λιθάνθρακες, ανθρακίτες, κωκ κλπ.

Υγρά καύσιμα:

Βενζίνη, φωτιστικό πετρέλαιο, κιροζίνη, πετρέλαιο λεβήτων (mazout), οινόπνευμα κλπ.

Αέρια καύσιμα:

Μεθάνιο, υγραέριο, αέριο υψικαμίνων, φωταέριο κλπ.

Για τους λέβητες των πλοίων μας ενδιαφέρουν κυρίως το **πετρέλαιο λεβήτων** και πολύ λίγο οι **γαιάνθρακες**.

11.3 Οι γαιάνθρακες.

Αυτοί χρησιμοποιήθηκαν πολύ στο παρελθόν σε διάφορες μορφές, όπως του ακατέργαστου γαιάνθρακα σε χονδρά τεμάχια ή του κατεργασμένου σε **πλινθίδες** (μπρικέτες), σε κομμάτια κανονικού μεγέθους (**καρυδάτο, γαρμπίλι**) ή σε σκόνη, (**κονιοποιημένος γαιάνθρακας**).

Από το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου οι γαιάνθρακες δε χρησιμοποιούνται πια στα πλοία. Η χρήση του πετρελαίου έχει γενικευθεί. Τα τελευταία χρόνια πάντως, λόγω της παγκόσμιας ελλείψεως πετρελαίου που παρατηρείται, άρχισαν να κατασκευάζονται ξανά πλοία και με γαιανθρακολέβητες, ιδίως σε μεγάλες γαιανθρακοπαραγωγές χώρες.

Εδώ πάντως θα ασχοληθούμε με το πετρέλαιο και την καύση του. Σημειώνεται ότι τα σχετικά με την καύση του πετρελαίου, από χημική άποψη, εφαρμόζονται και για την καύση των γαιανθράκων.

11.4 Το πετρέλαιο λεβήτων.

Το βαρύ πετρέλαιο που χρησιμοποιούν οι λέβητες των πλοίων, είναι το υπόλειμμα της αποστάξεως του αργού πετρελαίου ή μίγματα υπολειμμάτων. Υπάρχουν δύο μέθοδοι αποστάξεως: η κλασματική (straight run) και η θερμική ή καταλυτική (cracking). Η πρώτη μέθοδος εφαρμόζεται στα περισσότερα διυλιστήρια της Ευρώπης και της Ιαπωνίας. Με αυτή τη μέθοδο παράγεται υπόλειμμα αποστάξεως 40-50% λογικής ποιότητας. Η δεύτερη μέθοδος εφαρμόζεται στα διυλιστήρια των Η.Π.Α. Με αυτή παράγεται πολύ μικρότερο ποσοστό υπολείμματος αποστάξεως και αυτό είναι πολύ κακής ποιότητας.

11.5 Χαρακτηριστικά πετρελαίων.

Τα διάφορα πετρέλαια χαρακτηρίζονται με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν ύστερα από ορισμένες φυσικές και χημικές δοκιμές. Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά και οι σπουδαιότερες από αυτές τις δοκιμές είναι:

11.5.1 Το Ιξώδες.

Χαρακτηρίζει το καύσιμο από απόψεως ρευστότητας και διακρίνεται, ανάλογα με τη συσκευή που μετρήθηκε, σε Redwood, Engler, Saybolt. Ειδικά για την τελευταία διακρίνομε ιξώδες SSU (Saybolt Seconds Universal) και SSF (Saybolt Seconds Furol)· (το τελευταίο για πολύ παχύρρευστα υγρά μεταξύ των οποίων και το

πετρέλαιο λεβήτων). Τα παραπάνω ιξώδη είναι τα σχετικά. Υπάρχει όμως και το απόλυτο ιξώδες που μετρείται σε απόλυτες μονάδες C.G.S. (το σύστημα S.I.). Μονάδα του είναι η Poise. Μία Poise αντιστοιχεί σε δύννη-δευτερόλεπτο ανά cm^2 . Συνήθως χρησιμοποιείται ο όρος Centipoise που ισούται με το ιξώδες του νερού στους 68,4°F. Το κινητικό ιξώδες μετρείται με Centistokes και υπάρχει η σχέση:

$$\text{Centipoises} = \text{Centistokes} \times \text{πυκνότητα (στην υπόψη θερμοκρασία)}$$

Από το 1977 η Shell και η Exxon χρησιμοποιούν το Centistoke. Η αναλογία (περίπου) φαίνεται στον πίνακα 11.5.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.5.1
Αντιστοιχία Centistokes και Redwood

Centistokes σε 50°C	Redwood σε 100°F
30	200
40	278
60	439
80	610
100	780
120	950
150	1250
180	1500
240	2100
280	2500
320	2900
380	3550
420	4100
460	4480

11.5.2 Το ανθρακούχο υπόλειμμα ή εξανθράκωμα.

Χαρακτηρίζει την τάση του πετρελαίου για παραγωγή εξανθρακώματος. Η μέτρηση του εξανθρακώματος πραγματοποιείται με τη μέθοδο Conradson, που συνίσταται στη θέρμανση δείγματος πετρελαίου και την καύση των ατμών του σε ανοικτό δοχείο και στη συνέχεια μέτρηση του εξανθρακώματος που απομένει. Η επί τοις % αναλογία του προς το βάρος του δείγματος αποτελεί το εξανθράκωμα κατά Conradson.

11.5.3 Το ειδικό βάρος.

Μετρείται πάντα με βάση τη θερμοκρασία των 60°F. Υπάρχουν δύο τρόποι μετρήσεων. Ο πρώτος είναι με το αραιόμετρο Μπωμέ, οπότε:

$$\text{Ειδικό βάρος} = \frac{140}{130 + \text{βαθμοί Μπωμέ}}$$

Ο άλλος είναι με την κλίμακα API (American Petroleum Institute), οπότε:

$$\text{Βαθμοί API} = \frac{141,5}{\text{ειδικό βάρος}} - 131,5$$

11.5.4 Το Θείο.

Η παρουσία του σε καύσιμο πέρα από ορισμένα όρια είναι ανεπιθύμητη, γιατί από την καύση σχηματίζεται τελικά θειικό οξύ, το οποίο είναι πολύ διαβρωτικό.

11.5.5 Τα ασφαλτένια.

Είναι στερεές καύσιμες ουσίες, αδιάλυτες στο πετρέλαιο και περιέχονται σ' αυτό από την παραλαβή του από τα διυλιστήρια. Η ολική αναλογία των ασφαλτενίων μπορεί να αυξηθεί είτε με την παρέλευση του χρόνου είτε με πολυμερισμό, όταν το πετρέλαιο εναποθηκεύεται κάτω από υψηλή θερμοκρασία ή οξειδώνεται ερχόμενο σ' επαφή με τον αέρα. Τα ασφαλτένια μπορεί να βρίσκονται διασκορπισμένα ομοιόμορφα στη μάζα του πετρελαίου ή συγκεντρωμένα σε τμήμα της. Τυπική ανάλυση ασφαλτενίων φαίνεται στον πίνακα 11.5.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.5.2
Τυπική ανάλυση ασφαλτενίων

Νικέλιο	N	PPM	190
Βανάδιο	V	PPM	695
Θείο	S	% βάρος	10,4
Άζωτο- Οξυγόνο	N O	% βάρος	2,25
Άνθρακας	C	% βάρος	79,6
Υδρογόνο	H	% βάρος	7,65
Υδρογονάνθρακες	C/H	% βάρος	10,4

11.5.6 Η τέφρα ή στάχτη.

Χαρακτηρίζει το επί τοις % βάρος των άκαυστων ουσιών μέσα στο πετρέλαιο και κατά κύριο λόγο αποτελείται από ίχνη μετάλλων.

11.5.7 Το σημείο ροής ή πήξεως.

Είναι η θερμοκρασία στην οποία το πετρέλαιο στερεοποιείται χωρίς ανατάραξη. Έχει μεγάλη σημασία για την άντλησή του. Η περιεκτικότητα σε παραφίνη και άσφαλο αυξάνει το σημείο πήξεως.

11.6 Προδιαγραφή και κατάταξη πετρελαίων καύσεως.

Η προδιαγραφή του βαρέος πετρελαίου δεν καθορίζει μέγιστα όρια για περιεκτικότητα σε νερό, στερεά, θείο ή μέταλλα. Η ποιότητά του έτσι μπορεί να διαφέρει έστω και αν το ιξώδες είναι το ίδιο από λιμάνι σε λιμάνι.

Γενικά το πετρέλαιο κατατάσσεται σε 6 κατηγορίες: τις 1,2, 4, 5 ελαφρό, 5 βαρύ και 6.

Όσο μεγαλώνει ο αριθμός τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της ποιότητας. Τα 5 βαρύ και 6 αναφέρονται ως Μπώνκερ Β και C, ενώ το 5 ελαφρό καλείται πετρέλαιο Ντήζελ ναυτικής χρήσεως (MDO). Οι παραπάνω κατατάξεις και ονομασίες δεν είναι τυποποιημένες, με αποτέλεσμα, σε ορισμένες περιπτώσεις, την αδυναμία προσδιορισμού του πετρελαίου με βάση την ονομασία και μόνο.

Στον πίνακα 11.6.1 δίνονται οι διεθνείς ονομασίες του πετρελαίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.6.1
Διεθνείς ονομασίες βαρέων πετρελαίων για λέβητες

Κατάταξη κατά ASTM	No 5 βαρύ	No 6
Βέλγιο	Heavy fuel oil	Extra fuel oil
Γαλλία	Heavy fuel oil No. 2	
Δυτική Γερμανία	Heavy fuel oil	
Ινδία	MV fuel oil	HV fuel oil
Ιταλία	Heavy fuel oil	
Ιαπωνία	JIS. Grades C1-C4	
Σουηδία	Grade EO 6	
Βρετανία	Heavy fuel oil-class G	Extra heavy fuel oil-class H

Στον πίνακα 11.6.2 δίνονται οι αμερικανικές και ευρωπαϊκές ονομασίες των υπολειμμάτων πετρελαίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.6.2
Ευρωπαϊκές— Αμερικανικές ονομασίες υπολειμμάτων πετρελαίων για λέβητες

Αμερικανικές	Ευρωπαϊκές
Residual fuel	Boiler fuel
No 6 fuel	Boiler fuel oil
No 5 fuel	Furnace fuel
Bunker C	Fuel oil heavy
	Fuel oil extra heavy
	Bunker fuel
	Marine fuel oil
	Bunker C

11.7 Βαρύ πετρέλαιο (Μπώνκερ).

Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου και οι δυσμενείς προοπτικές επάρκειάς του επέφεραν και θα επιφέρουν χειροτέρευση της ποιότητας του Μπώνκερ.

Οι προοπτικές φαίνονται στον πίνακα 11.7.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.7.1
Χαρακτηριστικά βαρέων πετρελαίων

	Σήμερα	Μελλοντικά
Ιξώδες RI/ 100°F μέγιστο	4000	6200
Ειδικό βάρος	0,988	0,995
Σημείο πήξεως °C μέγιστο	24	30
Θείο μέγιστο %	4,3	5
Ίζημα % κατά όγκο	0,3	0,3
Εξανθράκωμα Conradson	20	25

11.8 Προβλήματα κατά την εναποθήκευση (πριν από τη χρήση στους λέβητες).

α) Λάσπη.

Τα προϊόντα της οξειδώσεως και του πολυμερισμού που υπάρχουν μέσα στο

πετρέλαιο, αν περάσει αρκετός χρόνος, μπορεί να δημιουργήσουν μian αδιάλυτη λάσπη. Θεωρείται ότι συστατικά που περιέχουν θείο παίζουν σημαντικό ρόλο στο μηχανισμό δημιουργίας της λάσπης, γιατί σχηματίζουν μοριακές γέφυρες μεταξύ μακρομοριακών πολυμερών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πλέγματος.

β) Διάβρωση.

Πάντα το πετρέλαιο λεβήτων περιέχει ορισμένη ποσότητα νερού, οργανικά οξέα και άλλα διαβρωτικά προϊόντα οξειδώσεως. Αυτά μπορούν να διαβρώσουν τους πυθμένες των δεξαμενών όπως και τις αντλίες και τα άλλα μηχανήματα και συσκευές.

Ειδικά ο πυθμένας της δεξαμενής και η επιφάνεια των πλευρών της, που η στάθμη του πετρελαίου συναντά τον αέρα της δεξαμενής, είναι εκτεθειμένες σε οξειδωτική προσβολή. Επίσης η προσβολή βακτηριδίων παίζει κάποιο ρόλο στη συνολική διάβρωση.

γ) Μικροοργανισμοί.

Βακτηρίδια και μικροοργανισμοί μπορεί να δημιουργήσουν μία ζελατινώδη μάζα που μπορεί εύκολα να φράξει φίλτρα και ακροφύσια. Πιο αναλυτικά, η διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ πετρελαίου και νερού παρέχει καλές βιοτικές συνθήκες για μικροοργανισμούς. Επίσης αυτή η διαχωριστική επιφάνεια είναι πιο οξειδωτική για τα ελάσματα της δεξαμενής, προπαντός όταν είναι απροστάτευτα.

δ) Ασφαλτένια.

Τα ασφαλτένια είναι προϊόντα πολυμερισμού αρωματικών ενώσεων με πλευρικές αλειφατικές ενώσεις. Είναι αδιάλυτα σε ζεστό πεντάνιο και διαλυτά σε βενζόλιο. Επειδή η διαλυτότητα των ασφαλτενίων εξαρτάται βασικά από τη θερμοκρασία, μπορούν να κατακρημνισθούν και να φράξουν φίλτρα, ακροφύσια και αντλίες.

ε) Παραφίνες.

Οι παραφίνες είναι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες *ευθείας αλύσου* με περισσότερα από 31 άτομα άνθρακα στην αλυσό. Επειδή η περιεκτικότητα σε παραφίνες εξασκεί ισχυρή επίδραση στο ιξώδες, παρουσιάζουν πρωταρχικό ενδιαφέρον.

στ) Σταθερότητα.

Πετρέλαιο που περιέχει κυρίως αρωματικά κλάσματα μπορεί να μην αναμιγνύεται καλά με πετρέλαιο αλειφατικών κλασμάτων. Σύμφωνα με τα δεδομένα των εταιριών πετρελαίου, το πρόβλημα αυτό, που προέρχεται από τη διαφορετική προέλευση των προς ανάμιξη πετρελαίων, έχει λυθεί τώρα με την προσθήκη διασκορπιστικών διαλυτών στο πετρέλαιο. Το πρόβλημα όμως έγκειται στο ότι μόνο το 50% του βαρέος πετρελαίου που καταναλώνεται από τα πλοία, προέρχεται από μεγάλες και ονομαστές εταιρίες πετρελαίων. Το άλλο μισό προέρχεται από μικρές ανεξάρτητες εταιρίες που καμιά φορά αγνοούν και την πηγή προελεύσεως του πετρελαίου που χορηγούν.

ζ) Νερό.

Το βαρύ πετρέλαιο περιέχει ορισμένους φυσικούς γαλακτοματοποιούς, με αποτέλεσμα η συγκρατούμενη μέσα στη μάζα του πετρελαίου ποσότητα νερού να είναι υπολογίσιμη. Ποσοστά 1-3% είναι συνήθη, αλλά έχουν αναφερθεί και ποσοστά 28%.

11.9 Προδιαγραφή πετρελαίου λεβήτων.

Δεν υπάρχει προδιαγραφή διεθνώς παραδεκτή για το πετρέλαιο λεβήτων.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 11.9.1, όπου συγκρίνονται πετρέλαιο Ντήζελ και βαρύ πετρέλαιο καύσεως (λεβήτων), τα μέγιστα όρια για πολλά σημαντικά στοιχεία δεν καθορίζονται. Αυτά μπορούν να διαφέρουν πάρα πολύ όπως φαίνεται και στον πίνακα 11.9.2, όπου συγκρίνονται πετρέλαια 5 διαφορετικών προελεύσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.9.1.

	Diesel fuel Class B	Marine fuel oil Bunker C
1. Σημείο αναφλέξεως P.M. c.c. °F	min. 150	min. 150
2. Ιξώδες κινηματικό 100°F C.S	max. 14	—
3. Ιξώδες Saybolt Furol σε 122°F sec Redwood 1 σε 100°F sec	—	max. 300
4. Κατάλοιπα % wt.	max. 65	max. 6.500
5. Νερό και κατάλοιπα, %, όγκος	max. 0,05	max. 0,25
6. Νερό, % όγκος	max 0,25	max. 0,20
7. Τέφρα, %	max. 0,02	
8. Εξανθράκωμα κατά Conradson, % wt.	max. 1,5	Δεν καθορίζονται
9. Θείο, % wt.	max. 1,8	

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.9.2

	Αρούμπα	Καλιφόρνια	Αραβικός Κόλπος		Κίνα
			Βαρύ	Ελαφρό	
Ειδικό Βάρος g/rm ³ 15°C	0,976	0,979	0,969	0,950	
Σημείο αναφλέξεως °C	78	109	95	178	
Σημείο ροής °C	3	15	4	12	
Νερό % βάρους	0,3	ίχνη	0,1	0,8	
Κατάλοιπα % βάρους	0,01	0,03	0,02	0,09	
Εξανθράκωμα % βάρους	12,9	10,5	8,0	7,8	
Τέφρα % βάρους	0,085	0,01	0,036	0,024	
Θείο % βάρους	2,30	0,70	3,55	2,62	0,15
Νάτριο ppm	60	15	33	101	0,5
Νικέλιο ppm	51	13	22	11	0,7
Βανάδιο ppm	336	300	67	47	1,0
Μόλυβδος ppm		44	43		
Ιξώδες sec R. 1/38°C	2,933	3,960	5,580	1,400	
Ιξώδες κινηματικό	722	354(50°C)	1373	344	

11.10 Η σημασία των διαφόρων στοιχείων της αναλύσεως του πετρελαίου για το λέβητα.

Σε προηγούμενη παράγραφο θίξαμε τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου. Σε μια προσπάθεια υπεραπλουστεύσεως του θέματος, δίνουμε για κάθε χαρακτηριστικό την επίδρασή του για την κατανόηση της ποιότητας του βαρέος πετρελαίου που παραδίδουν για bunker στα πλοία.

α) Ειδικό βάρος.

Είναι ένδειξη ευκολίας αποχωρισμού του νερού από το πετρέλαιο με φυγοκεντρισμό.

Όσο πιο μεγάλο το ειδικό βάρος τόσο πιο δύσκολος ο αποχωρισμός.

β) Εξανθράκωμα.

Είναι ένδειξη της εναποθέσεως *καπνιάς* και *επικαθίσεων*. Όσο πιο μεγάλο τόσο πιο *βρώμικος* θα είναι ο λέβητας.

γ) Θείο.

Είναι ένδειξη της δημιουργίας θειικού οξέος. Όσο πιο μεγάλο το ποσοστό τόσο μεγαλύτερη η οξειδωση.

δ) Βανάδιο.

Είναι ένδειξη διαβρώσεως. Μεγάλος αριθμός μερών ανά εκατομμύριο (ppm) σημαίνει οπωσδήποτε ανωμαλίες στους καπναγωγούς και γενικά όπου τα καυσαέρια έχουν θερμοκρασία 590°-650°C.

ε) Νικέλιο.

Δημιουργεί διαβρωτικά θειικά άλατα νικελιοβαναδίου.

στ) Σίδηρος.

Δημιουργεί σε χαμηλή θερμοκρασία διαβρωτικά άλατα και είναι καταλύτης της οξειδώσεως του θείου.

ζ) Παραφινικός κηρός.

Περιλαμβάνεται κυρίως στα πετρέλαια της Ινδονησίας, Λιβύης και Κίνας. Κατακρημνίζεται και κατακαθίζει στις δεξαμενές, σωληνώσεις και φίλτρα και τα βουλώνει. Επίσης αποχωρίζεται με την ψέκαση από το υπόλοιπο πετρέλαιο.

η) Σημείο ροής.

Είναι ένδειξη της στερεοποίησεως του πετρελαίου και αδυναμίας ροής του.

θ) Ιξώδες.

Όταν είναι χαμηλό είναι ένδειξη ρευστότητας και ικανότητας διακινήσεως του πετρελαίου από τις αντλίες.

11.11 Διαβρώσεις τμημάτων λεβήτων που οφείλονται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Η διάβρωση τμημάτων των λεβήτων που οφείλονται σε υψηλές θερμοκρασίες οφείλονται πρώτα απ' όλα στο νάτριο και το βανάδιο που περιέχονται στο πετρέλαιο.

α) Νάτριο.

Το νάτριο είναι ή φυσικό συστατικό του πετρελαίου ή οφείλεται στο γαλακτοποιημένο θαλασσινό νερό που περιέχει το πετρέλαιο. Μαζί με το θείο και σίδηρο, που μπορεί να προέρχονται και από οξειδωση, σχηματίζουν θειικά άλατα νατρίου - σιδήρου. Αυτά μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικές διαβρώσεις, όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι 590°-650°C. Το μεγαλύτερο πρόβλημα όμως και τις μεγαλύτερες διαβρώσεις τις δημιουργεί το βανάδιο.

β) Βανάδιο.

Η περιεκτικότητα του πετρελαίου σε βανάδιο διαφέρει ανάλογα με την προέ-

λευσή του και δεν δίνεται συνήθως με το δελτίο που συνοδεύει το πετρέλαιο. Κατά την καύση το βανάδιο αντιδρά χημικά με το νάτριο και σχηματίζει βαναδυλικό βαναδιονάτριο. Μια από τις ιδιότητές του είναι η ικανότητα να διαλύει οξειδία του σιδήρου, όταν βρίσκονται σε θερμοκρασίες πάνω από το σημείο τήξεως. Αυτό το σημείο τήξεως εξαρτάται απόλυτα από τη σύνθεση του βαναδυλικού βαναδιονατρίου και συνήθως εκφράζεται ως λόγος του νατρίου προς το βανάδιο. Από τη χημεία της διαβρώσεως γνωρίζουμε ότι ο σίδηρος και τα σιδηροκράματα προστατεύονται από τη διάβρωση από ένα στρώμα οξειδίων. Αν αυτό το στρώμα διαλυθεί τότε επιταχύνεται εξαιρετικά η διάβρωση του σιδήρου. Έτσι το βαναδυλικό βανάδιο-νάτριο είναι η αιτία των σοβαρών διαβρώσεων των τμημάτων των λεβήτων κατά την πορεία των καυσαερίων. Ακόμα χειρότερα είναι τα πράγματα με την πρόσφυση της αιθάλης στις μεταλλικές επιφάνειες. Σε μια θερμοκρασία που είναι κοντά (λίγο πιο χαμηλά) στη θερμοκρασία τήξεως των ενώσεων βαναδίου και που ονομάζεται θερμοκρασία προσφύσεως, η αιθάλη γίνεται γλοιώδης και κολλά στους χώρους των καυσαερίων. Πάνω στην αιθάλη προσκολλούνται οι ενώσεις του βαναδίου, με αποτέλεσμα να ρυπαίνονται και να μπουκύνουν οι χώροι αυτών αλλά και να σχηματίζεται ισχυρό διαβρωτικό στρώμα πάνω στις μεταλλικές επιφάνειες.

11.12 Διαβρώσεις τμημάτων λεβήτων οφειλόμενες σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ο σημαντικότερος παράγοντας στη φθορά του οικονομητήρα, προθερμαντήρα αέρα καπναγωγών και καπνοδόχου ενός λέβητα είναι η διάβρωση που οφείλεται στη δημιουργία θειικού οξέος. Το τελευταίο προέρχεται από τη συμπύκνωση τριοξειδίου του θείου και υδρατμών. Όταν ένα καύσιμο που περιέχει θείο καίγεται σε ένα λέβητα, το θείο αντιδρά χημικά και σχηματίζει ξηρό ή άνυδρο διοξείδιο του θείου (SO_2). Το υδρογόνο του καυσίμου καίγεται και σχηματίζει ξηρό υδρατμό (H_2O). Για κάθε ένα κιλό καιομένου καυσίμου χονδρικά σχηματίζεται ένα κιλό υδρατμού. Τα σημερινά βαρέα πετρέλαια καύσεως περιέχουν βανάδιο, σίδηρο, νικέλιο και άλλα μέταλλα τα οποία κατά τη διάρκεια της καύσεως οξειδώνονται. Είναι βεβαιωμένο ότι τουλάχιστο δύο από αυτά τα οξειδία είναι πολύ ενεργοί καταλύτες*, το πεντοξείδιο το βαναδίου (V_2O_5) και το τριοξείδιο του σιδήρου (Fe_2O_3), που επιταχύνουν τη μετατροπή του διοξειδίου του θείου (SO_2) σε τριοξείδιο του θείου (SO_3). Από το περιεχόμενο στο πετρέλαιο θείο μόνο ένα μικρό ποσοστό (μέχρι 15%) μετατρέπεται σε τριοξείδιο (SO_3), ενώ το υπόλοιπο παραμένει σταθερά ως διοξείδιο του θείου (SO_2).

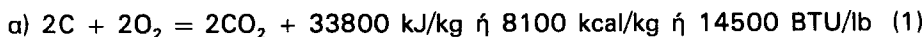
Αν τα οξειδία του θείου παραμένουν σε αεριώδη μορφή σε όλη τη διαδρομή των καυσαερίων και βγουν από την καπνοδόχο μαζί με τα καυσαέρια, τότε δε θα έχουμε διάβρωση μέσα στο λέβητα. Γι' αυτό λαμβάνουμε μέριμνα κατά τη σχεδίαση του λέβητα ώστε η θερμοκρασία των καυσαερίων να μην πλησιάσει το σημείο δρόσου (παράγρ. 11.28).

11.13 Εξισώσεις καύσεως άνθρακα, υδρογόνου και θείου.

Η καύση των στοιχείων C, H, S του καυσίμου με το οξυγόνο παριστάνεται με τις ακόλουθες χημικές εξισώσεις, στην καθεμιά από τις οποίες αναγράφεται και το πο-

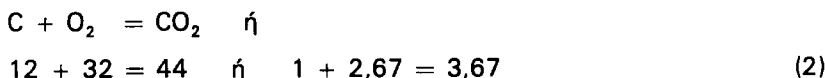
* Καταλύτης λέγεται η ουσία που επιταχύνει μια χημική αντίδραση χωρίς η ίδια να αλλάξει.

σό της θερμότητας που αποδίδεται ανά μονάδα μάζας του καιομένου στοιχείου ως:



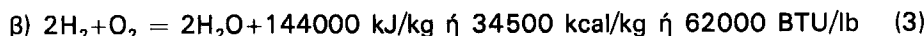
Η εξίσωση αυτή παριστάνει την τέλεια καύση του C προς CO₂, όταν δηλαδή ο άνθρακας δεσμεύει ακριβώς και ενώνεται με την απαιτούμενη χημική ποσότητα οξυγόνου για να καεί τελείως.

Η σχέση είναι σχέση μαζών και αν σ' αυτή τοποθετηθούν οι ατομικές μάζες των στοιχείων C = 12 και O = 16 θα γραφεί ως εξής:

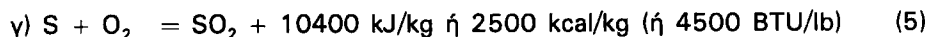


Από τις σχέσεις (1) και (2) συνάγομε ότι 1 kg άνθρακα ενώνεται ακριβώς με 2,67 kg οξυγόνου και παράγει 3,67 kg διοξειδίου του άνθρακα. Κατά την καύση του αυτή αποδίδει περίπου 33800 kJ ή 8100 kcal (ή στο αγγλικό σύστημα 1 lb C ενώνεται με 2,67 lb O, παράγει 3,67 lb CO₂ και ελευθερώνει 14500 BTU).

Ανάλογη σημασία έχουν και οι επόμενες εξισώσεις καύσεως του υδρογόνου H με ατομική μάζα 1 και του θείου S με ατομική μάζα 32.

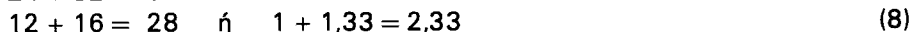
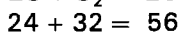


Δηλαδή 1 kg H₂ απαιτεί για να καεί 8 kg O₂ και δίνει 9 kg H₂O υπό μορφή υδρατμών και αποδίδει 144000 kJ ή 34500 kcal (ή 1 lb H₂ και 8 lb O₂ παράγουν 9 lb υδρατμού και ελευθερώνουν 62000 BTU).



Δηλαδή 1 kg S καίγεται με 1 kg O₂ και δίνει 2 kg SO₂ και 10400 kJ ή 2500 kcal (ή 1 lb S και 1 lb O₂ δίνουν 2 lb SO₂ και 4500 BTU).

δ) Στην περίπτωση τώρα που το χορηγούμενο O δεν επαρκεί για την τέλεια καύση των στοιχείων ενός καυσίμου, τότε το H λόγω μεγάλης χημικής συγγένειας με το O δεσμεύει το απαραίτητο O και έτσι ένα μέρος του C καίγεται ατελώς προς μονοξείδιο του άνθρακα CO κατά τη σχέση:

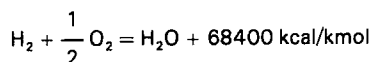


Δηλαδή 1 kg (ή 1 lb) C καίγεται ατελώς με 1,33 kg (ή 1,33 lb) O₂ και δίνει 2,33 kg (ή lb) CO ελευθερώνοντας περίπου 10150 kJ ή 2420 kcal (ή 4350 BTU).

Σημείωση:

Στη θερμοχημεία οι πιο πάνω εξισώσεις αναγράφουν την αποδιδόμενη θερμότητα σε kJ/kmol ή σε kcal/kmol ή σε B.T.U./lb.mol, δηλαδή σε θερμότητα ανά χιλιογραμμομόριο ή λιμπρομόριο αντιστοίχως.

Αν την αναγραφόμενη έτσι θερμότητα τη διαιρέσουμε με τη μοριακή μάζα του καυσίμου θα την μετατρέψουμε προφανώς σε kJ/kg ή kcal/kg ή σε B.T.U./lb αντιστοίχως, όπως δηλαδή αυτή αναγράφεται και στις εξισώσεις (α), (β), (γ), (δ). Π.χ. για το υδρογόνο η εξίσωση (β) με μονάδα θερμότητας την kcal γράφεται ως εξής:



Διαιρούμε τις 68400 kcal/kmol με τη μοριακή μάζα του υδρογόνου (ίση με 2) και έχουμε την αποδιδόμενη θερμότητα ως εξής:

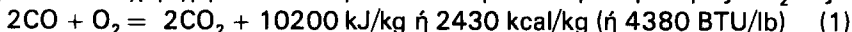
$$68400 : 2 = 34200 \text{ kcal/kg}$$

δηλαδή τις 34500 kcal/kg που γράφονται πιο χοντρικά στον τύπο της εξισώσεως (β).

Στην πράξη τώρα προτιμάται η γραφή με τις μονάδες των εξισώσεων (α), (β), (γ), (δ) για την αποδιδόμενη θερμότητα (και γενικότερα για τη θερμαντική ικανότητα των διαφόρων καυσίμων), γιατί μας δίνει απευθείας τη θερμότητα που ελευθερώνεται από τη μονάδα μάζας ενός καυσίμου, ώστε να απλουστεύονται έτσι σημαντικά οι ανάλογοι τεχνικοί υπολογισμοί.

11.14 Εξίσωση καύσεως του μονοξειδίου του άνθρακα.

Το CO που παράγεται από την ατελή καύση του C είναι και αυτό καύσιμο και εφόσον του χορηγηθεί το αναγκαίο O καίγεται παραπέρα προς CO₂ ως:



$$56 + 32 = 88$$

$$1 + 0,57 = 1,57 \quad (2)$$

Δηλαδή 1 kg (ή 1 lb) CO κατά την ατελή καύση του ενώνεται με 0,57 kg (ή 0,57 lb) O₂ και δίνει 1,57 kg (ή 1,57 lb) CO₂ και 10200 kJ ή 2430 kcal (ή 4380 BTU) περίπου.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι, αν κάψουμε 1 kg C προς CO₂, θα πάρουμε 34000 kJ ή 8100 kcal. Αν το κάψουμε προς CO, θα πάρουμε 2,33 kJ CO και 10150 kJ ή 2420 kcal. Αν τώρα ολοκληρωθεί η καύση και τα 2,33 kg CO καούν προς CO₂, θα πάρουμε περίπου 2,33 × 10200 = 23700 kJ ή 2,33 × 2430 = 5660 kcal, ώστε το άθροισμά τους να μας δώσει αντίστοιχα 10150 + 23640 = 33910 kJ ή 2420 + 5660 = 8080 kcal. Δηλαδή τη θερμότητα της τέλει καύσεως του C (33800 kJ ή 8100 kcal).

Από τα προηγούμενα καταλαβαίνουμε τη μεγάλη σημασία που έχει η τέλεια καύση του πετρελαίου μέσα στη εστία του λέβητα.

Οι εξισώσεις της παραγράφου 11.13 χρησιμεύουν για τον υπολογισμό της θερμαντικής ικανότητας (που λέγεται και θερμογόνος δύναμη) των διαφόρων καυσίμων, τον υπολογισμό του καυσιγόνου αέρα που απαιτείται για την καύση τους και των καυσαερίων που παράγονται από αυτή.

11.15 Θερμαντική ικανότητα.

Θερμαντική ικανότητα ενός καυσίμου λέγεται το ποσό της θερμότητας, που παράγεται από την τέλεια καύση 1 kg ή 1 lb του. Παριστάνεται με το γράμμα H και διακρίνεται σε ανώτατη (H_α) και κατώτατη (H_κ).

Η θερμαντική ικανότητα μετρείται σε kJ/kg (στο σύστημα SI) σε kcal/kg (στο μετρικό σύστημα) και σε BTU/lb (στο Αγγλικό σύστημα).

Ο χαρακτηρισμός της θερμαντικής ικανότητας σε ανώτατη και κατώτατη οφείλεται στην παρουσία υγρασίας μέσα στο καύσιμο και στην παρουσία νερού, το οποίο παράγεται κατά την καύση του υδρογόνου του καυσίμου. Και τα δύο στη θερμοκρασία των καυσαερίων της καπνοδόχου βγαίνουν προς την ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών. Αφαιρούν δηλαδή από την εστία ποσό θερμότητας ίσο με την **ενθαλπία** του ατμού ή αλλιώς **λανθάνουσα** θερμότητα ατμοποίησης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση, η οποία στην πράξη λαμβάνεται κατά προσέγγιση ίση με 2500 kJ/kg ή 600 kcal/kg ή 1000 BTU/lb.

Έτσι **ανώτατη** θερμαντική ικανότητα λέγεται αυτή που παρέχεται από το καύσι-

μο, όταν μετά την καύση τα καυσαέρια ψυχθούν μέχρι 0°C ή 32°F οπότε οι ατμοί συμπυκνώνονται σε νερό. Αυτή ενδιαφέρει κυρίως τις εργαστηριακές συγκρίσεις. **Κατώτατη** ονομάζεται εκείνη που προκύπτει μετά την αφαίρεση της λανθάνουσας θερμότητας εξατμίσεως. Αυτή ενδιαφέρει περισσότερο τις τεχνικές εφαρμογές.

Για τη μετατροπή μεταξύ ανώτατης και κατώτατης θερμαντικής ικανότητας ισχύουν οι τύποι:

$$H_K = H_G - 2500 (9H + Y) \text{ για το διεθνές σύστημα SI} \quad \text{ή} \quad (1)$$

$$H_K = H_G - 600 (9H + Y) \text{ για το μετρικό σύστημα} \quad \text{ή} \quad (2)$$

$$H_K = H_G - 1000 (9H + Y) \text{ για το αγγλικό σύστημα.} \quad (3)$$

Έτσι αν η ανώτατη θερμαντική ικανότητα του υδρογόνου είναι

$$H_G = 144000 \text{ kJ/kg ή } 34400 \text{ kcal/kg ή } 62000 \text{ BTU/lb, η κατώτατη θα είναι:}$$

$$H_K = 144000 - 2500 \times 9 = 121500 \text{ kJ/kg περίπου} \quad \text{ή}$$

$$H_K = 34400 - 600 \times 9 = 29000 \text{ kcal/kg περίπου} \quad \text{ή}$$

$$H_K = 62000 - 1000 \times 9 = 53000 \text{ BTU/lb περίπου.}$$

Οι θερμαντικές ικανότητες των διαφόρων στοιχείων των καυσίμων είναι

	kJ/kg	kcal/kg	BTU/lb
Υδρογόνο (H) (ανώτατη)	144000	34400	62000
Υδρογόνο (H) (κατώτατη)	121500	29000	53000
Άνθρακας (C)	33800	8100	14500
Θείο (S)	10400	2500	3950

και χρησιμεύουν για τον υπολογισμό της θερμαντικής ικανότητας διαφόρων καυσίμων διαφορετικής συνθέσεως.

Αν η επί τοις εκατό σύνθεση κατά βάρος ενός καυσίμου είναι C σε άνθρακα, H σε υδρογόνο, S σε θείο, O σε οξυγόνο και Y σε υγρασία, θα έχουμε για την κατώτατη θερμαντική ικανότητα τον τύπο:

$$H_K = 33800 C + 121500 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 10400 S - 2500 Y \text{ σε kJ/kg} \quad (4)$$

για το σύστημα SI

$$H_K = 8100 + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500 - 600 Y \text{ σε kcal/kg} \quad (5)$$

για το μετρικό σύστημα.

Απλούστερα ο τύπος με αρκετή προσέγγιση μπορεί να πάρει την εξής μορφή:

$$H_K = 33800 C + 121500 H + 10400 S \text{ σε kJ/kg} \quad (6)$$

$$H_K = 8100 C + 29000 H + 2500 S \text{ σε kcal/kg} \quad (7)$$

Η θερμαντική ικανότητα στο αγγλικό σύστημα μονάδων υπολογίζεται με τον τύπο:

$$H_K = 14500 C + 62000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 4000 S \text{ σε BTU/lb} \quad (8)$$

Ο παράγοντας $\left(H - \frac{O}{8} \right)$ οφείλεται στο ότι από την περιεκτικότητα H του καυσί-

μου αφαιρείται ποσό $\frac{O}{8}$ γιατί το O που περιέχεται στο καύσιμο ενώνεται με ένα ποσό H κατά τη σχέση 1:8 της εξισώσεως (4) της παραγράφου 11.13, ώστε το ελεύθερο H που απομένει για την καύση να είναι $H - \frac{O}{8}$. Στην πράξη, επειδή η περιεκτικότητα του καυσίμου σε O είναι πολύ μικρή η πιό πάνω μείωση είναι ασήμαντη.

H θερμαντική ικανότητα του πετρελαίου λεβήτων προσδιορίζεται εργαστηριακά με ειδικά όργανα, τα θερμιδόμετρα, όπως το θερμιδόμετρο Junker, και κυμαίνεται περίπου από 41000 ως 43000 kJ/kg ή 9800 ως 10300 kcal/kg η 17600 ως 18500 BTU/lb.

Για τη μετατροπή της θερμαντικής ικανότητας από ένα σύστημα μετρήσεως στο άλλο χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις:

α) Επειδή $1 \text{ kcal} = 4,186 \text{ kJ}$ θα είναι:

$$1 \text{ kcal/kg} = 4,186 \text{ kJ/kg} \quad (9)$$

β) Επειδή $1 \text{ kcal} = 3,967 \text{ BTU}$ και $1 \text{ kg} = 2,240 \text{ lb}$ θα είναι:

$$1 \text{ kcal/kg} = 1,8 \text{ BTU/lb} \quad (10)$$

και

$$\gamma) \quad 1 \text{ kJ/kg} = 0,43 \text{ BTU/lb} \quad (11)$$

Εφαρμογή.

Να βρεθεί η κατώτερη θερμαντική ικανότητα πετρελαίου λεβήτων της ακόλουθης συνθέσεως: C = 88%, H = 10%, S = 0,5%, O = 0,3% και Y = 0,8%.

Λύσεις.

Για το σύστημα SI θα είναι:

$$H_k = 33800 \frac{88}{100} + 121500 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,3}{100 \times 8} \right) + 10400 \frac{0,5}{100} - 2500 \frac{0,8}{100}$$

$$\text{ή} \quad H_k = 41880 \text{ kJ/kg}$$

Για το μετρικό σύστημα θα είναι:

$$H_k = 8100 \times \frac{88}{100} + 29000 \times \left(\frac{10}{100} - \frac{0,3}{100 \times 8} \right) + 2500 \times \frac{0,5}{100} - 600 \times \frac{0,8}{100}$$

$$\text{ή} \quad H_k = 10025 \text{ kcal/kg}$$

ενώ για το αγγλικό:

$$H_k = 14500 \times \frac{88}{100} + 62000 \times \left(\frac{10}{100} - \frac{0,3}{10 \times 8} \right) + 4000 \times \frac{0,5}{100}$$

$$\text{ή} \quad H_k = 19136 \text{ BTU/lb}$$

11.16 Εξατμιστική ικανότητα.

Αυτή είναι συναφής προς τη θερμαντική ικανότητα και παριστάνει τη μάζα του νερού που μπορεί να εξατμισθεί με τη θερμότητα της τέλει καύσεως της μονάδας μάζας ενός καυσίμου. Μετρείται σε kg παραγόμενου ατμού ανά kg καυσίμου ή σε lb παραγόμενου ατμού ανά lb καιομένου καυσίμου.

H εξατμιστική ικανότητα είναι επομένως κατευθείαν ανάλογη προς τη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου και έχει ιδιαίτερη σημασία για τους λέβητες. Διακρίνεται σε θεωρητική και πρακτική, επειδή η θερμότητα που παράγεται στην εστία, δε

χρησιμοποιείται όλη προς ατμοπαραγωγή λόγω των απωλειών που παρουσιάζει ο λέβητας κατά τη λειτουργία του.

Θεωρητική εξατμιστική ικανότητα E_{θ} ονομάζεται εκείνη στην οποία δε λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες του λέβητα και η οποία μετρά πόσα kg ατμού μπορούν κατά μέγιστο να παραχθούν με τις θερμίδες της τέλει καύσεως 1 kg καυσίμου θερμαντικής ικανότητας H_k . Για τον υπολογισμό της πρέπει οπωσδήποτε να είναι γνωστή η απαιτούμενη θερμότητα παραγωγής του 1 kg ατμού, δηλαδή η **ολική θερμότητα ατμοπαραγωγής**, ή αλλιώς **ενθαλπία** του ατμού.

Ονομάζομε h την ολική ενθαλπία ατμοπαραγωγής σε kcal/kg που βρίσκομε από τους πίνακες ατμού ή από το διάγραμμα Mollier με βάση τα στοιχεία του παραγόμενου ατμού. Θεωρούμε ότι, όταν το νερό καταθλίβεται στο λέβητα, έχει ήδη μία θερμοκρασία t_1 , δηλαδή περιέχει t_1 kcal/kg, όπως προκύπτει από τον ορισμό της 1 kcal. Τότε συμπεραίνομε ότι απαιτείται θερμότητα $(h - t_1)$ kcal προς ατμοποίηση 1 kg νερού, οπότε η θεωρητική εξατμιστική ικανότητα θα είναι στο μετρικό σύστημα:

$$E_{\theta} = \frac{H_k}{h - t_1} \text{ kg ατμού/kg καυσίμου} \quad (1)$$

Ο τύπος αυτός στο σύστημα SI γράφεται ως:

$$E_{\theta} = \frac{H_k}{h - h_u} \text{ kg ατμού/kg καυσίμου} \quad (2)$$

όπου: H_k , h και h_u μετρούνται σε kJ/kg και όπου h_u η **ενθαλπία του νερού** ή αλλιώς **αισθητή** θερμότητα ή θερμότητα του υγρού σε kJ/kg που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία των $t_1^{\circ}\text{C}$.

Αυτή βρίσκεται πάλι από τους πίνακες νερού και ατμού ή υπολογίζεται με αρκετή προσέγγιση με τη σχέση:

$$h_u = 4,186 \cdot t_1 \quad \text{σε kJ/kg}$$

Η θεωρητική εξατμιστική ικανότητα στο αγγλικό σύστημα μονάδων υπολογίζεται και από τη σύνθεση του καυσίμου με τον τύπο:

$$E_{\theta} = 15 \left[C + 4,28 \left(H - \frac{O}{8} \right) \right] \text{ lb ατμού/lb καυσίμου} \quad (3)$$

Πρακτική εξατμιστική ικανότητα E_{π} ονομάζεται εκείνη που μετρά πόσα kg ατμού παράγονται πραγματικά στο λέβητα με την καύση 1 kg καυσίμου. Αυτή δηλαδή συνυπολογίζει τις απώλειες του λέβητα και βρίσκεται αν πολλαπλασιάσομε τη θεωρητική εξατμιστική ικανότητα με το λεγόμενο βαθμό αποδόσεως του λέβητα η_{λ} . Είναι δηλαδή γενικά:

$$E_{\pi} = E_{\theta} \cdot \eta_{\lambda} \quad (4)$$

$$\text{ή} \quad E_{\pi} = \frac{H_k}{h - t_1} \cdot \eta_{\lambda} \text{ kg ατμού/kg καυσίμου στο μετρικό σύστημα} \quad (5)$$

$$\text{ή} \quad E_{\pi} = \frac{H_k}{(h - h_u)} \cdot \eta_{\lambda} \text{ στο σύστημα SI} \quad (6)$$

Ο υπολογισμός της θεωρητικής εξατμιστικής ικανότητας γίνεται με βάση τα στοιχεία του ατμού και τη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου, ενώ ο προσδιορι-

σμός της πρακτικής γίνεται με βάση τις μετρήσεις της δοκιμής ατμοπαραγωγής. Μετρείται δηλαδή η ανά ώρα κατανάλωση του καυσίμου K και η αντίστοιχη ωριαία παραγωγή ατμού A , οπότε με διαίρεση βρίσκεται η E_{π} από τον τύπο:

$$E_{\pi} = \frac{A}{K} \quad \text{σε kg ατμού/kg καυσίμου} \quad \text{ή} \quad \text{lb ατμού/lb καυσίμου} \quad (7)$$

Από τα παρακάτω είναι επίσης προφανές ότι αν από τις μετρήσεις κατα τη δοκιμή ατμοποίησης βρούμε την πρακτική ικανότητα E_{π} και με υπολογισμό τη θεωρητική E_{θ} , βρίσκουμε, με τη διαίρεση μεταξύ τους, το βαθμό αποδόσεως του λέβητα ως:

$$\eta_{\lambda} = \frac{E_{\pi}}{E_{\theta}} \quad (8)$$

ή και

$$\eta_{\lambda} = \frac{A (h - h_{\nu})}{K \cdot H_{\kappa}} \quad (9)$$

Εφαρμογή.

Ένας λέβητας χρησιμοποιεί πετρέλαιο θερμαντικής ικανότητας $H_{\kappa} = 41400$ kJ/kg και παράγει ατμό πίεσεως 10 bar. Στην πίεση αυτή, όπως βρίσκουμε από τους πίνακες ατμού, αντιστοιχεί ολική θερμότητα ατμοποίησης $h = 2776$ kJ/kg. Το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται στο λέβητα με θερμοκρασία 60°C όπου αντιστοιχεί $h_{\nu} = 251,5$ kJ/kg. Να υπολογισθούν οι εξεταστικές ικανότητες του λέβητα, όταν είναι γνωστός ο βαθμός αποδόσεώς του ίσος με $\eta_{\lambda} = 0,70$.

Λύση.

Εφαρμόζοντας τον παραπάνω τύπο (2) θα έχουμε:

$$E_{\theta} = \frac{41400}{2776 - 251,5} = 16,4 \text{ kg ατμού/kg καυσίμου}$$

Με τον παραπάνω τύπο (4) θα έχουμε:

$$E_{\pi} = 16,4 \times 0,70 = 11,48 \text{ Kg ατμού/kg καυσίμου}$$

11.17 Καυσιγόνος αέρας.

Καυσιγόνος αέρας ονομάζεται ο ατμοσφαιρικός αέρας, που παρέχει το οξυγόνο του για την καύση. Αυτός αποτελείται από οξυγόνο (O_2) και άζωτο (N_2):

α) Κατά μάζα 23% οξυγόνο, 77% άζωτο (1)

β) Κατ' όγκο 21% οξυγόνο, 79% άζωτο (2)

Με τους συντελεστές των εξισώσεων καύσεως της παραγράφου 11.13 και λαμβάνοντας υπόψη τις πυκνότητες, όπως του O_2 ίση με $1,429$ kg/m³, του αέρα ίση με $1,293$ kg/m³, του CO_2 ίση με $1,97$ kg/m³, των υδρατμών $0,8$ kg/m³, του SO_2 ίση με $2,85$ kg/m³, του N_2 ίση με $1,25$ kg/m³ και τέλος την αναλογία του στον αέρα περιεχόμενου οξυγόνου που αναφέραμε στην αρχή της παραγράφου καταρτίζουμε τον πίνακα 11.17.1 με τους απαραίτητους συντελεστές μετατροπής για τον υπολογισμό του απαιτούμενου οξυγόνου και αέρα για την καύση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.17.1.

Για την καύση 1 kg	Απαιτούνται			
	kg (O_2)	m ³ (O_2)	kg αέρα	m ³ αέρα
C	2,67	1,86	11,6	8,98
H	8	5,6	34,8	26,88
S	1	0,7	4,35	3,35

Παίρνοντας υπόψη τους συντελεστές αυτούς, συμπεραίνομε ότι για την καύση 1 kg καυσίμου του οποίου η χημική σύνθεση σε ποσοστά επί τοις εκατό είναι C σε άνθρακα, H σε υδρογόνο, S σε θείο, O σε οξυγόνο, απαιτείται κατά μάζα οξυγόνο O_{μ} ίσο με:

$$O_{\mu} = 2,67C + 8 \left(H - \frac{O}{8} \right) + S \text{ σε kg} \quad (3)$$

Η μάζα του αέρα A_{μ} που θα δώσει την παραπάνω ποσότητα οξυγόνου, θα είναι ίση με:

$$A_{\mu} = 11,6 C + 34,8 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 4,35 S \text{ το ίδιο σε kg} \quad (4)$$

Αυτή υπολογίζεται και απευθείας από τη σχέση (1) της παραγράφου 11.17, που μας λέγει ότι ο αέρας είναι $100/23 = 4,35$ φορές βαρύτερος από το οξυγόνο που περιέχεται σ' αυτόν, έτσι, ώστε να έχουμε:

$$A_{\mu} = 4,35 O_{\mu} \quad (5)$$

Ο όγκος του αέρα A_o που απαιτείται για την καύση 1 kg του καυσίμου θα είναι αντίστοιχα:

$$A_o = 8,98 C + 26,8 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 3,35 S \text{ σε m}^3 \quad (6)$$

για αέρα βαρομετρικής πίεσεως 760 mm υδραργύρου και θερμοκρασίας 0°C .

Αν η βαρομετρική πίεση είναι διαφορετική, πχ. β σε mmHg και η θερμοκρασία $t^{\circ}\text{C}$, τότε η παραπάνω ποσότητα A_o πρέπει να πολλαπλασιασθεί με τον παράγοντα

$$\frac{273 + t}{273} \times \frac{760}{\beta}$$

$$\text{Ευνόητο είναι ότι και } A_o = \frac{A_{\mu}}{1,293}$$

Η με τον παραπάνω τρόπο υπολογιζόμενη ποσότητα αέρα ονομάζεται **θεωρητικός καυσιγόνος αέρας**.

Ο θεωρητικός καυσιγόνος αέρας θα ήταν επαρκής για την τέλεια καύση, αν θα ήταν δυνατή η τέλεια ανάμιξη των μορίων του καυσίμου με τα μόρια του αέρα κατά την ορθή αναλογία. Αυτό πρακτικά δεν είναι δυνατό και γι' αυτό χορηγείται στην εστία μία συμπληρωματική ποσότητα αέρα α , δηλαδή κατά μάζα a_{μ} σε kg/kg καυσίμου και κατά όγκο a_o σε m^3/kg καυσίμου η οποία και καλείται περίσσεια αέρα. Είναι δε:

$$a_o = \frac{a_{\mu}}{1,293} \quad (7)$$

Έτσι ο πραγματικός καυσιγόνος αέρας σε μάζα $A_{\mu\pi}$ θα είναι:

$$A_{\mu\pi} = A_{\mu} + a_{\mu} \quad (8)$$

και κατά όγκο

$$A_{\text{οπ}} = A_o + a_o \quad (9)$$

Η σχέση $\lambda = \frac{A_{\mu\pi}}{A_{\mu}}$ και $\lambda = \frac{A_{\text{οπ}}}{A_o}$ καλείται συντελεστής περίσσειας αέρα.

Όστε $A_{\mu\pi} = A_{\mu} \cdot \lambda$ σε kg (10)

και $A_{\text{οπ}} = A_o \cdot \lambda$ σε m³ (11)

Ο συντελεστής αυτός λ έχει τις παρακάτω τιμές για τα διάφορα καύσιμα:

Για λιθάνθρακες $\lambda = 1,6 \sim 1,9$

Για κονιοποιημένο γαιάνθρακα $\lambda = 1,2$

Για πετρέλαιο λεβήτων $\lambda = 1,05 \sim 1,2$

Η περίσσεια του αέρα συντελεί στην τέλεια καύση του καυσίμου και αυτό αποτελεί το κυριότερο πλεονέκτημά της. Αντίθετα όμως προκαλεί την πτώση της θερμοκρασίας του κλιβάνου και αυξάνει τις απώλειες του λέβητα, λόγω του γεγονότος, ότι η επί πλέον εισαγόμενη ποσότητα αέρα στην εστία δεν μετέχει πραγματικά στην καύση, εισέρχεται ψυχρή, ενώ εξέρχεται από την καπνοδόχο με τη θερμοκρασία των καυσαερίων 350°C ή 700°F περίπου, αφαιρώντας μεγάλο ποσό θερμότητας.

Εκτός από τον τύπο (6) για να βρούμε τον όγκο του θεωρητικού καυσιγόνου αέρα A_o σε συνθήκες περιβάλλοντος, διαιρούμε τη μάζα του A_{μ} με την πυκνότητά του $d = 1,293 \text{ kg/m}^3$ ή $d = 0,081 \text{ lb/ft}^3$, ώστε να έχουμε:

$$A_o = \frac{A_{\mu}}{d} \quad \text{σε m}^3 \text{ ή ft}^3 \text{ ανάλογα} \quad (12)$$

Ο πραγματικός τώρα όγκος του αέρα $A_{\text{οπ}}$ μαζί με το βάρος του ανά ώρα καιομένου καυσίμου στο λέβητα, χρησιμεύουν για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου αέρα ο οποίος πρέπει να χορηγηθεί ωριαίως στο λέβητα. Από αυτόν υπολογίζονται συνέχεια οι διατομές εισόδου του στην εστία σε περίπτωση φυσικού ελκυσμού ή και οι διαστάσεις, παροχή, ισχύς κλπ. του καταθλιπτικού ανεμιστήρα του λέβητα σε περίπτωση τεχνητού ελκυσμού.

Όταν χρησιμοποιείται και προθερμαντήρας αέρα ανάγεται ο όγκος αυτός $A_{\text{οπ}}$ στη θερμοκρασία τ^ο προθερμάνσεως του αέρα με εφαρμογή του νόμου του Gay Lussac, ώστε οι υπολογισμοί να γίνουν με βάση τον όγκο $A_{\text{οπ}(t)}$ του καυσιγόνου αέρα στη θερμοκρασία προθερμάνσεώς του.

Εφαρμογή.

Λέβητας καίει πετρέλαιο λεβήτων με χημική σύνθεση $C = 88\%$, $H = 10\%$, $S = 0,5\%$ και $O = 0,5\%$. Να υπολογισθούν η μάζα αέρα ανά kg καυσίμου, που απαιτείται για την καύση ο όγκος του και η περίσσεια αέρα a , όταν ο συντελεστής περίσσειας αέρα είναι $\lambda = 1,05$.

Λύση.

Από τα δεδομένα του προβλήματος θα έχουμε:

$$A_{\mu} = 11,6 \times \frac{88}{100} + 34,8 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,5}{100 \times 8} \right) + 4,32 \times \frac{0,5}{100}$$

$$\begin{aligned} \eta \quad A_{\mu} &= 13,69 \text{ kg} \quad \text{και} \\ A_{\mu\pi} &= \gamma \cdot 13,69 \times 1,05 = 14,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Εξάλλου παίρνοντας υπόψη μας ότι η πυκνότητα του αέρα είναι $d = 1,293 \text{ kg/m}^3$ θα έχουμε:

$$A_o = 13,69 : 1,293 = 10,59 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{και} \quad A_{o\pi} = 10,58 \times 1,05 = 11,10 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Από τα παρακάτω βρίσκουμε τη χορηγούμενη περίσσεια αέρα ως:

$$\alpha_{\mu} = 14,37 - 13,69 = 0,68 \text{ kg αέρα/kg πετρελαίου και}$$

$$\alpha_o = 11,10 - 10,58 = 0,52 \text{ m}^3 \text{ αέρα/kg πετρελαίου}$$

Είναι δε πράγματι κατά τον τύπο (7) $0,52 \times 1,293 = 0,68$

11.18 Λόγος ή σχέση αέρα-καυσίμου.

Συναφής προς την ποσότητα καυσιγόνου αέρα και την περίσσειά του είναι ο λεγόμενος **λόγος** ή **σχέση** αέρα-καυσίμου r που αποτελεί ένα σημαντικό μέγεθος της διαδικασίας της καύσεως. Αυτός διακρίνεται σε **θεωρητικό** λόγο r_{θ} και **πραγματικό** r_{π} .

Ο λόγος αέρα-καυσίμου παριστάνει γενικά το πηλίκο του καυσιγόνου αέρα που χρησιμοποιείται για την καύση της μονάδας μάζας του καυσίμου και εκφράζεται σε **kg αέρα ανά kg καυσίμου**.

Έτσι θα είναι:

$$r = \frac{\text{kg } (O_2) + \text{kg } (N_2)}{\text{kg καυσίμου}} \quad (1)$$

Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται και για το θεωρητικό r_{θ} και για τον πραγματικό r_{π} λόγο ανάλογα αν τα $\text{kg } (O_2)$ και $\text{kg } (N_2)$ είναι του θεωρητικού αέρα της καύσεως ή αυτά του πραγματικού, που είναι και περισσότερα λόγω της χορηγούμενης περίσσειας αέρα. Με γνωστούς τους λόγους r_{θ} και r_{π} είναι προφανές ότι η σχέση

$$\frac{r_{\pi} - r_{\theta}}{r_{\pi}}$$

μας δίνει τη χορηγούμενη περίσσεια αέρα σε εκατοστιαία ποσοστά του θεωρητικού αέρα.

Οι τιμές του r_{θ} για το πετρέλαιο κυμαίνονται από 13,5 ως 14,5 ανάλογα με τη σύνθεσή του και του r_{π} από 15 ως 17 ανάλογα με το ποσοστό περίσσειας αέρα.

Έτσι αν π.χ. είναι:

$$r_{\theta} = 14, \quad r_{\pi} = 15,4$$

θα είναι η περίσσεια αέρα:

$$\frac{r_{\pi} - r_{\theta}}{r_{\theta}} = \frac{15,4 - 14}{14} = \frac{1,4}{14} = 10\%$$

του θεωρητικού αέρα και ο συντελεστής περίσσειας λ θα είναι προφανώς:

$$\lambda = 1,1$$

11.19 Τα προϊόντα της καύσεως.

Τα προϊόντα της καύσεως του πετρελαίου χαρακτηρίζονται σε **αεριώδη** και **στερεά**. Τα αεριώδη καυσαέρια ή καπναέρια αποτελούνται από CO, CO₂, SO₂ υδρατμούς, O και N, ενώ τα στερεά είναι βασικά η αιθάλη, που προέρχεται από τα ασφαλτικά συστατικά του πετρελαίου, αναμιγμένα με μόρια άκαυστου άνθρακα. Ο σχηματισμός της αιθάλης οφείλεται κυρίως στην έλλειψη επαρκούς αέρα ή στην κακή ανάμιξη του με τα μόρια του καυσίμου. Εξάλλου και η υπερβολική ποσότητα αέρα συντελεί στη δημιουργία αιθάλης, γιατί λόγω της ψύξεως, που προκαλεί αυτός στα καυσαέρια, κατεβάζει τη θερμοκρασία των πυρακτωμένων μορίων του άνθρακα κάτω από τη θερμοκρασία εναύσεώς τους, οπότε τα μόρια αυτά σβήνουν και παραμένουν στις θερμαινόμενες επιφάνειες του λέβητα.

Το φαινόμενο παρατηρείται επίσης και κατά την επαφή των καυσαερίων με τα ψυχρά τοιχώματα της εστίας του θερμαντήρα, όταν γίνεται η αρχική αφή πυρών στο λέβητα.

11.20 Καυσαέρια.

Τα **καυσαέρια** που παράγονται από την καύση, τα οποία για την περίπτωση τέλει καύσεως του C προς CO₂ αποτελούνται από διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς, διοξείδιο του θείου, οξυγόνο και άζωτο, έχουν μάζα ίση με αυτή που προκύπτει από τη μάζα του αέρα και του ίδιου του καυσίμου μαζί, αν από αυτά αφαιρεθεί η μάζα των στερεών καταλοίπων του καυσίμου. Ο όγκος υπολογίζεται με ανάλογες μεθόδους της θερμοχημείας και για συνθήκες περιβάλλοντος: θερμοκρασία 0°C και πίεση 1 Atm (ή 32°F και 14,7 p.s.i.).

Έτσι με την τέλεια καύση 1 kg καυσίμου θα έχουμε τη μάζα K_μ των καυσαερίων σε kg:

$$K_{\mu} = 1 + A_{\mu} - \tau \quad \text{kg/kg καυσίμου} \quad (1)$$

όπου τ το βάρος των στερεών προϊόντων, τέφρας, σκουριάς, αιθάλης κλπ., που για το πετρέλαιο είναι αμελητέο.

Συνέχεια από τις χημικές εξισώσεις καύσεως και από τον πίνακα 11.17.1 και λαμβάνοντας πάλι υπόψη τις πυκνότητες του κάθε αερίου που αναφέραμε στην παράγραφο 11.17 καταρτίζομε τον ακόλουθο πίνακα 11.20.1 συντελεστών για τα προϊόντα της καύσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.20.1

Από την καύση	Παράγονται									
	CO ₂		H ₂ O (ατμός)		SO ₂		N ₂		Σύνολο καυσαερίων	
1 kg	kg	m ³	kg	m ³	kg	m ³	kg	m ³	Kg	m ³
C	3,67	1,86					8,93	7,12	12,6	8,98
H			9	11,25			26,78	21,25	35,78	32,50
S					2	0,7	3,35	2,65	5,35	3,35

Από τον πίνακα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Από την καύση π.χ. του 1 kg C προκύπτουν 3,67 kg ή 1,86 m³ CO₂ και 8,93 kg ή 7,12 m³ N₂, δηλαδή καυσαέρια 3,67 + 8,93 = 12,6 kg ή 1,86 + 7,12 = 8,98 m³. Ανάλογη είναι η ερμηνεία του πίνακα και για τα υπόλοιπα στοιχεία H και S, ενώ για την υγρασία Y του καυσίμου παίρνομε κατά προσέγγιση 1,25 m³ παραγομένων υδρατμών κατά kg. Από τη χημική σύνθεση του καυσίμου τώρα και μέ βάση τον προηγούμενο πίνακα θα έχομε ότι η μάζα K_μ των καυσαερίων ανά kg καυσίμου θα είναι:

$$K_{\mu} = 12,6 C + 35,78 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 5,35 S + Y \quad \text{kg/kg καυσίμου} \quad (2)$$

ο δε όγκος τους K_ο σε 0°C και 760 mm Hg (με την παραδοχή ότι η υγρασία του καυσίμου και το από την καύση του H παραγόμενο H₂O παραμένουν σε κατάσταση υδρατμών) θα είναι:

$$K_o = 8,98 C + 32,5 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 3,35 S + 1,25 Y \quad \text{m}^3/\text{kg καυσίμου} \quad (3)$$

όπου Y το ποσοστό της υγρασίας που περιέχει το καύσιμο.

Με τους παραπάνω τύπους (2) και (3) έχομε την ποσότητα των καυσαερίων για τέλεια καύση με τη θεωρητική ποσότητα αέρα A_μ. Επειδή όμως, όπως έχομε αναφέρει, χορηγούμε και μία περίσσεια αέρα α_μ σε kg τα πραγματικά καυσαέρια που χαρακτηρίζομε με το δείκτη (π) θα είναι:

$$K_{\mu\pi} = K_{\mu} + \alpha_{\mu} \quad \text{σε kg} \quad (4)$$

$$\text{ή} \quad K_{o\pi} = K_o + \alpha_o \quad \text{σε m}^3 \quad (5)$$

Αν τώρα από τα καυσαέρια αφαιρέσομε τους υδρατμούς από την εξάτμιση της υγρασίας και την καύση του υδρογόνου του καυσίμου που δεν έχει δεσμευθεί με το οξυγόνο του, τότε προκύπτουν τα λεγόμενα **στεγνά** ή **ξηρά** καυσαέρια, στους 0°C, που χαρακτηρίζομε με το δείκτη (ξ).

Η μάζα τους K_{μξ} θα είναι:

$$K_{\mu\xi} = 12,6C + 26,78 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 5,35 S \quad \text{σε kg/kg καυσίμου} \quad (6)$$

Ο όγκος τους K_{οξ} θα είναι:

$$K_{o\xi} = 8,98 C + 21,25 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 3,35 S \quad \text{σε m}^3/\text{kg καυσίμου} \quad (7)$$

Οι όροι $26,78 \left(H - \frac{O}{8} \right)$ και $21,25 \left(H - \frac{O}{8} \right)$ στους τύπους (6) και (7) αντίστοιχα παριστάνουν το άζωτο N₂ από την ποσότητα του αέρα που χρησιμοποιήθηκε για την καύση του υδρογόνου (πίνακας 11.20.1). Για τα πραγματικά ξηρά καυσαέρια θα είναι επιπλέον:

$$K_{\mu\xi\pi} = K_{\mu\xi} + \alpha_{\mu} \quad \text{σε kg/kg καυσίμου} \quad (8)$$

$$K_{\omicron\xi\pi} = K_{\omicron\xi} + \alpha_{\omicron} \quad \text{σε m}^3/\text{Kg καυσίμου} \quad (9)$$

Ο όγκος των καυσαερίων γενικά ενδιαφέρει στη θερμοκρασία t° εξαγωγής τους από το λέβητα και αν $K_{\omicron\pi}$ είναι ο όγκος σε θερμοκρασία 0°C τότε σε θερμοκρασία $t^\circ\text{C}$ ο όγκος τους $K_{\omicron\pi(t)}$ θα είναι:

$$K_{\omicron\pi(t)} = K_{\omicron\pi} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \quad (10)$$

$$\text{και} \quad K_{\omicron\xi\pi(t)} = K_{\omicron\xi\pi} \left(1 + \frac{t}{273} \right) \quad (11)$$

Εφαρμογή.

Για πετρέλαιο λεβήτων συνθέσεως: C = 88%, H = 10%, S = 0,5% και O = 0,5% να βρεθούν: 1) Τα παραγόμενα καυσαέρια, όταν η χορηγούμενη περίσσεια αέρα είναι $\alpha = 0,68$ kg αέρα ανά kg καυσίμου ή $\alpha = 0,52$ m³ ανά kg καυσίμου, αντιστοιχούσα σε συντελεστή $\lambda = 1,05$ (όπως υπολογίστηκε στην εφαρμογή παραγράφου 11.17). 2) Ο όγκος των ξηρών καυσαερίων σε θερμοκρασία $t = 285^\circ\text{C}$.

Λύση.

$$1) \text{ α) } K_{\mu} = 12,6 \frac{88}{100} + 35,78 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,5}{100 \times 8} \right) + 5,35 \frac{0,5}{100}$$

$$\text{ή } K_{\mu} = 14,67 \text{ kg καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$K_{\mu\pi} = 14,67 + 0,68 = 15,35 \text{ kg καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$\beta) K_{\omicron} = 8,98 \frac{88}{100} + 32,5 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,5}{100 \times 8} \right) + 3,35 \frac{0,5}{100}$$

$$K_{\omicron} = 11,2 \text{ m}^3 \text{ καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$K_{\omicron\pi} = 11,32 + 0,52 = 11,84 \text{ m}^3 \text{ καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$\gamma) K_{\mu\xi} = 12,6 \frac{88}{100} + 26,78 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,5}{100 \times 8} \right) + 5,35 \frac{0,5}{100}$$

$$K_{\mu\xi} = 13,78 \text{ kg καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$\delta) K_{\omicron\xi} = 8,98 \frac{88}{100} + 21,25 \left(\frac{10}{100} - \frac{0,5}{100 \times 8} \right) + 3,35 \frac{0,5}{100}$$

$$K_{\omicron\xi} = 10,03 \text{ m}^3 \text{ καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$2) \text{ α) } K_{\omicron\xi\pi} = 10,03 + 0,52 = 10,55 \text{ m}^3 \text{ καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

$$\beta) K_{\omicron\xi\pi(t)} = K_{\omicron\xi\pi} \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

$$\text{ή } K_{\omicron\xi\pi(t)} = 10,55 \left(1 + \frac{285}{273} \right)$$

$$\text{ή } K_{\omicron\xi\pi(t)} = 21,56 \text{ m}^3 \text{ καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

11.21 Συσκευές αναλύσεως των καυσαερίων.

Τα προϊόντα της καύσεως (προϋποθέτοντας ότι αυτή γίνεται τέλεια με την απολύτως αναγκαία ποσότητα αέρα) είναι, σύμφωνα με όσα είπαμε στην παράγραφο 11.19, N_2 , C, O_2 και υδρατμοί. Θεωρητικά, αν πάρουμε δείγμα των καυσαερίων και διαπιστώσουμε μόνο την παρουσία των παραπάνω, αυτό αποτελεί απόδειξη τέλει καύσεως.

Στην πράξη, όπως είναι γνωστό, για την επίτευξη της τέλει καύσεως απαιτείται η περίσσεια αέρα, που μπορεί να είναι μικρή ή μεγάλη. Επομένως θα περιέχεται μέσα στα καυσαέρια αναγκαστικά αρκετή ποσότητα οξυγόνου και ίσως μικρή ποσότητα CO.

Η πραγματική ποσότητα CO_2 , που προέρχεται από την τέλεια καύση ενός ορισμένου καυσίμου είναι σταθερή, ανεξάρτητα από την περίσσεια αέρα, αλλά η εκατοστιαία κατ' όγκο αναλογία του ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η περίσσεια του αέρα. Μπορούμε επομένως να πάρουμε την εκατοστιαία αναλογία CO_2 ως μια καλή ένδειξη της περισσειας αέρα, όταν επιτυγχάνεται η τέλεια καύση.

Όταν η καύση είναι ατελής, τότε το CO_2 δεν είναι ακριβής ένδειξη της περισσειας, εκτός αν η φύση και η ποσότητα των ακαύστων συστατικών του καυσίμου είναι γνωστές. Το ποσοστό όμως αυτών είναι σχεδόν αμελητέο, ώστε το CO_2 να μπορεί να θεωρηθεί ως το μέτρο κρίσεως της ποιότητας της καύσεως για όλες τις συνθήκες.

Στους ναυτικούς λέβητες απαιτείται να λειτουργούν αυτοί με άχρωα καυσαέρια, αυτό δε να επιτυγχάνεται με τη λιγότερη δυνατή περίσσεια.

Άχρωα καυσαέρια επιτυγχάνονται όμως και με περίσσεια αέρα μεγαλύτερη από την κανονική, με συνέπεια επιζήμια απώλεια θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Γι' αυτό στην πράξη τα καυσαέρια πρέπει να βγαίνουν από την καπνοδόχο ελαφρότατα σκοτεινά, πράγμα που σημαίνει ότι η καύση γίνεται τότε κανονική με ελάχιστα μόνο μικρότερη περίσσεια απ' ό,τι κανονικά απαιτείται. Έτσι εξασφαλίζεται ότι δε χορηγείται μεγάλη περίσσεια αέρα και δε χάνεται άσκοπα θερμότητα προς την ατμόσφαιρα.

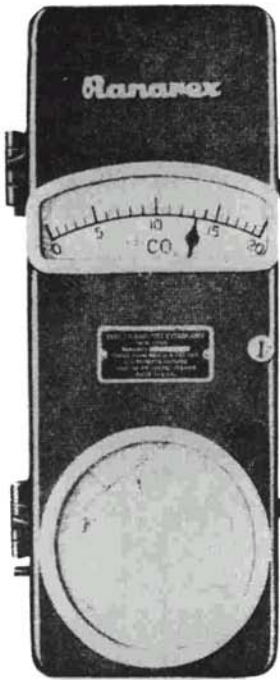
Για τον έλεγχο της καύσεως σχεδιάσθηκαν επιτυχή όργανα, τα οποία βοηθούν το προσωπικό που χειρίζεται τους λέβητες. Ο ενδείκτης CO_2 τύπου Ranarex είναι σχεδιασμένος, ώστε να δίνει εικόνα των στιγμιαίων συνθηκών καύσεως, ενώ εξάλλου συσκευές αναλύσεως των καυσαερίων, όπως είναι οι τύπου Hays ή Orsat χρησιμεύουν για μια επιστημονική ανάλυση των προϊόντων της καύσεως.

11.22 Ενδείκτης CO_2 Ranarex (σχ. 11.22α).

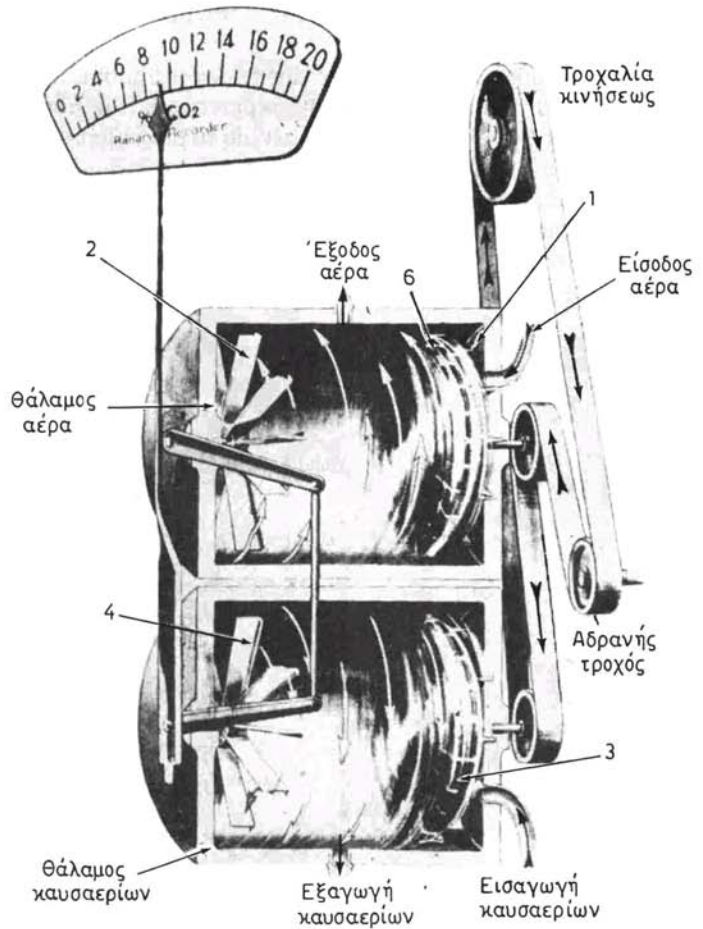
Αυτός είναι όργανο που προσδιορίζει, δείχνει και καταγράφει το ποσό CO_2 στα προϊόντα της καύσεως. Διαβάζεται εύκολα, είναι ευαίσθητο στις αλλαγές των συνθηκών καύσεως και χρησιμεύει ως ένας έτοιμος και κατάλληλος οδηγός για το προσωπικό του λεβητοστάσιου.

Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι η πυκνότητα των καυσαερίων μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητα σε CO_2 , το οποίο και είναι αισθητά πυκνότερο από τα υπόλοιπα συστατικά των καυσαερίων.

Στο σχήμα 11.22β φαίνεται πώς εφαρμόζεται η αρχή λειτουργίας του ενδείκτη.



Σχ. 11.22α.
Ενδείκτης CO₂ Ranarex.



Σχ. 11.22β.

1) Αυτά τα πτερύγια αναρροφούν συνεχώς αέρα. 2) Στροβιλιζόμενος αέρας κτυπά αυτά τα πτερύγια και μεταδίδει ροπή στρέψεως στον άξονα. 3) Αυτός ο τροχός περιστρέφεται σε αντίθετη διεύθυνση προς τον τροχό αέρα. 4) Στροβιλιζόμενα καυσαέρια κτυπούν αυτά τα πτερύγια με σταθερή δύναμη κατ' αντίθετη φορά από την περιστροφή του αέρα. 5) Η υπερβάλλουσα ροπή στρέψεως των αερίων ως προς αυτήν του αέρα κινεί τον ενδείκτη που παρέχει την περιεκτικότητα του CO₂. 6) Αυτά τα πτερύγια μεταδίδουν μία στροβιλώδη κίνηση στον αέρα.

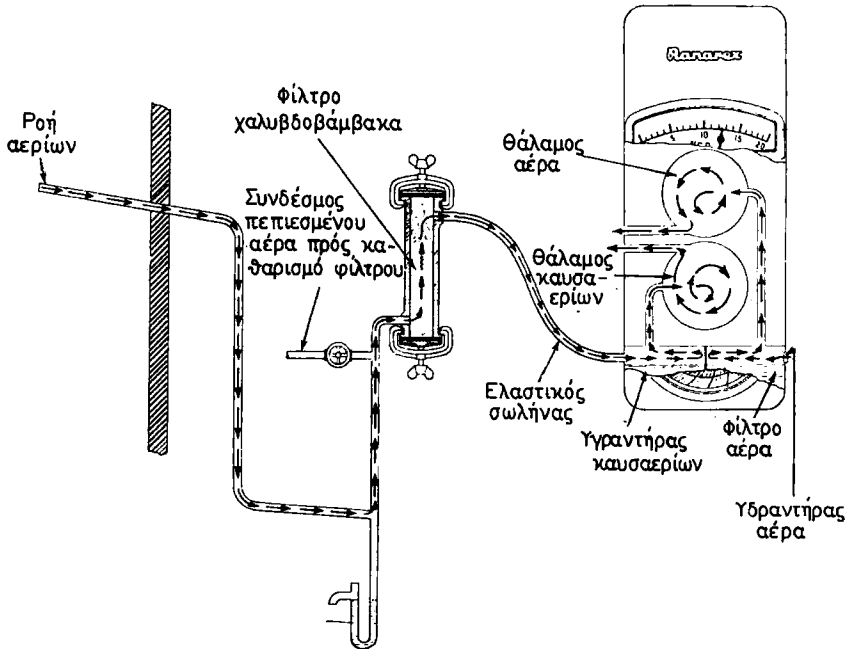
Με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα που στρέφεται μέσα σ' ένα κυλινδρικό κέλυφος μεταδίδεται στα καυσαέρια περιστροφική κίνηση. Έτσι τα καυσαέρια οδηγούνται προς τα πτερύγια ενός τροχού δράσεως που είναι τοποθετημένος απέναντι από τον ανεμιστήρα μέσα στον ίδιο θάλαμο, και παράγουν μία ροπή στρέψεως του άξονα αυτού, η οποία είναι κατευθείαν ανάλογη με το CO₂.

Για να εξουδετερωθεί η επίρεια των αλλαγών ταχύτητας του ανεμιστήρα, της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ατμοσφαιρικής πίεσεως μια σχετική ροπή στρέψεως παράγεται προς σύγκριση στον άλλο τροχό δράσεως με αέρα που προέρχεται από άλλο ανεμιστήρα και στρέφεται αντίθετα από τον ίδιο κινητήρα. Οι

άξονες των δύο τροχών δράσεως συνδέονται με τη βοήθεια δύο μοχλών και συνδετικής ράβδου.

Το σύστημα συνδέσεως πρέπει να ισορροπείται και να ρυθμίζεται με μέγιστη ακρίβεια. Εμποδίζει αυτό την περιστροφή των δύο τροχών, αλλά η διαφορά των δύο αντιθέτων ροπών επιτρέπει μία περιορισμένη κίνηση στο σύστημα, που μεταφέρεται σε ενδεικτική βελόνα σε πλάκα βαθμολογημένη σε ποσοστό περιεχομένου CO_2 . Η ωρολογιακή πλάκα καταγραφής που περιστρέφεται με ένα σύγχρονο ηλεκτρικό κινητήρα, διατηρεί μια καθαρή, συνεχή καταγραφή αναγνώσεων πάνω σε κυκλικό χάρτη που παριστάνει το 24ωρο.

Στο σχήμα 11.22γ φαίνεται η λειτουργία του ενδείκτη σε διαγραμματική διάταξη.



Σχ. 11.22γ.

Διαγραμματική διάταξη λειτουργίας του ενδείκτη CO_2 τύπου Ranarex.

Τα αέρια περνούν από ένα πορώδες φίλτρο στην καπνοδόχο, όπου τα ελεύθερα σωματίδια κατακρατούνται, προτού εισέλθουν στο σωλήνα. Μόνιμος σωλήνας πεπιεσμένου αέρα προβλέπεται για την εκδίωξή τους από το φίλτρο. Η υγρασία των αερίων που προέρχεται από τη συμπύκνωση, συλλέγεται από κάτω με σωλήνα U και απάγεται αυτόματα.

Στη συνέχεια τα αέρια εισέρχονται σε φίλτρο κατασκευασμένο από χαλυβδόμαλλο, το οποίο επενεργεί διπτά, δηλαδή κατακρατεί τυχόν υπάρχοντα ακόμη σωματίδια και εξουδετερώνει τις διαβρωτικές συνθέσεις του θείου με χημική αντίδραση με το χαλυβδόμαλλο και προστατεύει έτσι το όργανο από τη διάβρωση.

Από το φίλτρο αυτό τα αέρια ρέουν διαμέσου του ενός διαμερίσματος του διπλού υγραντήρα, όπου φέρονται στην ίδια θερμοκρασία και στον ίδιο βαθμό υγρό-

τητας του αέρα. Ο αέρας περνά ταυτόχρονα με τα αέρια από το άλλο διαμέρισμα του υγραντήρα.

Ο υγραντήρας είναι απλό δοχείο νερού με διάφραγμα και αεροστεγανό διαχωριστικό τοίχωμα. Αέρια και αέρας περνούν πάνω από τις επιφάνειες του νερού. Ο αέρας φιλτράρεται (διηθείται) από μικρό πορώδη δίσκο προσαρμοσμένο στον υγραντήρα.

Εκτός από τον παραπάνω υπάρχουν και ηλεκτρικοί αναλυτές καυσαερίων, όπως είναι των εργοστασίων Siemens που βασίζονται στη θερμική αγωγιμότητα των καυσαερίων, η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε CO_2 . Η χρήση τους όμως είναι μάλλον περιορισμένη στις ναυτικές εγκαταστάσεις.

11.23 Η συσκευή Orsat.

Η ανάλυση των καυσαερίων με τη συσκευή Orsat συμπληρώνει τις πληροφορίες, που αποκτώνται από τις παρατηρήσεις με τους ενδείκτες CO_2 , και παρέχει στοιχεία χρήσιμα για το λεγόμενο θερμικό ισολογισμό του λέβητα και σχετιζόμενα με τις κατά τη λειτουργία του απώλειες.

Η ανάλυση που πραγματοποιείται με τη συσκευή Orsat είναι ογκομετρική με την παραδοχή ότι στα καυσαέρια δεν υπάρχουν υδρατμοί, είναι δηλαδή αυτά ξηρά ή στεγνά καυσαέρια. Το σφάλμα από την παραδοχή αυτή είναι μικρό και ευχερώς αμελητέο. Με τη συσκευή του Orsat το μίγμα καυσαερίων αναλύεται για τον προσδιορισμό των περιεκτικότητων σε CO_2 , O_2 και CO χωρίς να ληφθεί υπόψη η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε SO_2 που και αυτή είναι αμελητέα.

Για την εκτέλεση αυτής της εργασίας μία γνωστή από 100 cm^3 ποσότητα καυσαερίων εισάγεται πρώτα σε βαθμολογημένο σωλήνα.

Το μίγμα εκτίθεται κατόπιν σε ένα αντιδραστήριο, το οποίο απορροφά το CO_2 και στη συνέχεια καταμετρείται ο όγκος καυσαερίων που απομένει. Η διαφορά παριστάνει τον όγκο CO_2 που υπήρχε στο αρχικό δείγμα καυσαερίων.

Τα καυσαέρια που απομένουν μετά την απορρόφηση του CO_2 εκτίθενται διαδοχικά σε αντιδραστήρια απορροφήσεως του O_2 και του CO . Ο όγκος των αερίων, τα οποία παραμένουν μετά την απορρόφηση του καθενός από αυτά τα αέρια καταμετρείται.

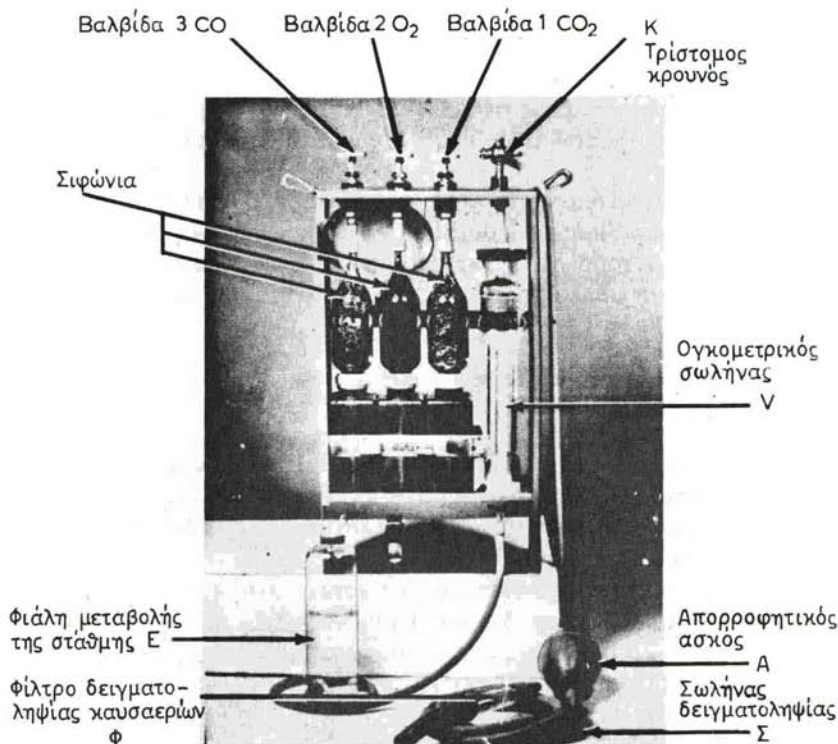
Η τυπικής μορφής συσκευή του Orsat φαίνεται στο σχήμα 11.23.

Δύο σιφώνια (φιαλίδια) περιέχουν τα αντιδραστήρια του O_2 και του CO_2 και γεμίζουν με χαλύβδινο πλέγμα (χαλυβδόμαλλο ή χαλυβδοβάμβακα, στ' αγγλικά steel wool). Το τρίτο περιέχει το αντιδραστήριο του CO και γεμίζει με ψήγματα χαλκού.

Ένας ελαστικός απορροφητικός ασκός Α συνδέεται με τα δοχεία CO και O_2 για να επιτρέπει την ανύψωση ή καταβίβαση των αντιδραστηρίων, χωρίς να γίνεται εξερισμός των δοχείων προς την ατμόσφαιρα.

Ο βαθμολογημένος ογκομετρικός σωλήνας V είναι γυάλινο δοχείο βαθμολογημένο σε 20 διαιρέσεις του 1 cm^3 η καθεμιά και περιβάλλεται από θάλαμο νερού για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αναλύσεως. Ο πυθμένας του συνδέεται μέσω μακρού ελαστικού σωλήνα με τη φιάλη E, ώστε να είναι εύκολος ο χειρισμός της.

Ο τρίστομος κρουνός K στη θέση 1 συνδέει το συλλέκτη και τον ογκομετρικό σωλήνα με το σωλήνα δειγματοληψίας, στη θέση 2 συνδέει αυτούς προς την



Σχ. 11.23.
Τυπική μορφή συσκευής Orsat.

ατμόσφαιρα και στη θέση 3 τους απομονώνει από αέρα και καυσαέρια.

Ο δειγματοληπτικός σωλήνας συνδέεται με ευρύτερο πλαστικό σωλήνα και φίλτρο με υαλοβάμβακα συνήθως ή μαλλί.

Ως αντιδραστήριο για το CO_2 χρησιμοποιείται KOH (**καυστική ποτάσα**) σε διάλυση 1:2. Άλλο κατάλληλο αντιδραστήριο είναι η καυστική σόδα (NaOH) σε διάλυση 1:3 μέσα σε αποσταγμένο νερό (1 cm^3 των διαλύσεων αυτών απορροφούν $40\text{-}44 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$).

Για το O_2 χρησιμοποιείται το **πυρογαλλικό οξύ** σε διάλυση 20 gr σε 45 cm^3 αποσταγμένο νερό. Η διάλυση αυτή απορροφά αμέσως οξυγόνο του αέρα, πρέπει επομένως να γίνεται πάρα πολύ γρήγορα. Επηρεάζεται επίσης από το φως. Γι' αυτό προστίθεται επαρκής καυστική ποτάσα στη διάλυση, ώστε να σχηματισθεί επαρκές αντιδραστήριο, το οποίο γεμίζει το σιφώνιο, όταν αυτό εισάγεται μέσα στο μαύρο χημικό δοχείο του σχήματος. Αν η διάλυση πρέπει να προπαρασκευασθεί και να είναι έτοιμη, πρέπει να φυλάγεται σε φιάλη σκοτεινού χρώματος από την επίρεια του φωτός (1 cm^3 αυτής απορροφά $3 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$).

Για το CO χρησιμοποιείται αλκαλικό διάλυμα **χλωριούχου χαλκού** ή όξινη διάλυση του ίδιου άλατος.

Για την παρασκευή της αλκαλικής διαλύσεως ενεργούμε ως εξής:

Διαλύομε 250 gr χλωριούχου αμμωνίας σε 750 cm³ αποσταγμένου νερού, και μετά την πλήρη διάλυση προσθέτομε 200 gr χλωριούχου χαλκού. Τη στιγμή του γεμίσματος του σιφωνιού προστίθεται στο έτοιμο αντιδραστήριο 1:3 της διαλύσεως υδροξειδίου της αμμωνίας.

Για την παρασκευή εξάλλου της όξινης διαλύσεως, διαλύομε 83 gr χλωριούχου χαλκού σε 166 cm³ νερού αποσταγμένου. Μετά την πλήρη διάλυση προσθέτομε 333 cm³ καθαρού υδροχλωρικού οξέος. Προσθέτομε 43 gr σύρμα χαλκού. Αφού το σύρμα χαλκού διαλυθεί η διάλυση είναι έτοιμη προς χρήση.

Και οι δύο διαλύσεις επηρεάζονται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και πρέπει να φυλάγονται γι' αυτό μέσα σε φιάλες ερμητικά πωματισμένες και μακριά από το φως (1 cm³ αλκαλικής διαλύσεως απορροφά 6 cm³ CO . 1 cm³ όξινης διαλύσεως απορροφά 16 cm³ CO).

Προσοχή μεγάλη απαιτείται γιατί **όλες οι διαλύσεις προσβάλλουν το δέρμα και τους οφθαλμούς.**

Η εκτέλεση της δοκιμής.

Η συσκευή συνδέεται μέσω του σωλήνα Σ με τη βάση της καπνοδόχου και με τον κρουνό Κ ανοικτό προς την ατμόσφαιρα, και τις βαλβίδες 1, 2, 3 κλειστές.

Κλείνεται ο κρουνός Κ και ανοίγονται διαδοχικά οι κρουνοί 1,2, 3, ενώ συγχρόνως καταβιβάζεται η φιάλη Ε, ώστε τα απορροφητικά υγρά να ανεβούν μέχρι τη στάθμη του συνδετικού ελαστικού σωλήνα κάθε φιάλης, οπότε κλείνονται οι κρουνοί 1,2,3 και ανεβάζεται η φιάλη Ε.

Ανοίγεται ξανά ο κρουνός Κ ώστε με τον ασκό Α να απορροφηθούν καυσαέρια μέσα στον οριζόντιο συλλέκτη, οπότε κλείνεται ο κρουνός Κ και χαμηλώνεται η φιάλη Ε, μέχρις ότου εισέλθουν καυσαέρια στον ογκομετρικό σωλήνα V μέχρι την ένδειξη μηδέν, δηλαδή 100 cm³, οπότε κλείνεται και ο κρουνός Κ. Ανοίγεται στη συνέχεια ο κρουνός 1 και υψώνεται ξανά η φιάλη Ε, μέχρις ότου η στάθμη στο σωλήνα ανεβεί στην ένδειξη 100, πράγμα που σημαίνει ότι καυσαέρια 100 cm³ εισήλθαν στη φιάλη 1, όπου θα λάβει χώρα η απορρόφηση του CO₂.

Στη συνέχεια με κατέβασμα της φιάλης Ε αναρροφούνται τα καυσαέρια προς το σωλήνα V, κλείνεται ο κρουνός 1 και με τη φιάλη Ε η στάθμη στο σωλήνα V και τη φιάλη Ε εξισώνεται. Τη φορά όμως αυτή η στάθμη στο σωλήνα V δε θα βρίσκεται στο μηδέν, αλλά πάνω από αυτό λόγω της απορροφήσεως του CO₂.

Η ένδειξη στο σωλήνα V δίνει την ποσότητα CO₂ που απορροφήθηκε επί τοις εκατό.

Το ίδιο επαναλαμβάνεται με τις άλλες δύο φιάλες για τον προσδιορισμό του CO και O, και τα αποτελέσματα της αναλύσεως συγκρίνονται με τα θεωρητικά δεδομένα, ώστε να σχηματίζεται εικόνα της ποιότητας της καύσεως και να παίρνονται κατάλληλα μέτρα για τη βελτίωσή της.

11.24 Μετατροπή της ογκομετρικής αναλύσεως σε ανάλυση μάζας.

Η ογκομετρική ανάλυση ενός καυσαερίου που παρέχεται από την συσκευή του Orsat μετατρέπεται σε ανάλυση βάρους με τη χρήση ως μονάδας όγκου του Mol, γνωστού από τη χημεία.

Από τον ορισμό του Mol, έχουμε ότι 1 Mol αερίου σε φυσική θερμοκρασία και

πίεση αντιστοιχεί σε τόσα kg όσα ο αριθμός που εκφράζει τη μοριακή του μάζα.

Έτσι, αν πολλαπλασιάσουμε την σε όγκο αναλογία του κάθε συστατικού που περιέχονται σε 1 Μολ καυσαερίου, με τη μοριακή του μάζα μετατρέπουμε την κατ' όγκο ανάλυση σε ανάλυση κατά μάζα.

Παράδειγμα.

Έστω καυσαέριο με ογκομετρική ανάλυση $\text{CO}_2 = 10\%$, $\text{O}_2 = 8\%$, $\text{CO} = 3\%$ και N_2 , 79%. Αφού το 1 Μολ CO_2 έχει 44 kg μάζα τα $\frac{10}{100}$ αυτού θα έχουν μάζα $44 : 10 = 4,40$ kg. Όμοια σκεπτόμαστε και για τα άλλα συστατικά και καταρτίζουμε, για ευκολία, τον πίνακα 11.24.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.24.1

Συστατικό (α)	Αναλογία κατ' όγκο σε 1 Μολ καυσαερίου (β)	Μοριακή μάζα (γ)	Μάζα συστατικού ανά Μολ καυσαερίου σε kg (β×γ)	Μάζα συστατικών ανά kg καυσαερίου β×γ ($\frac{\quad}{M}$)
CO_2	0,10	44	4,40	0,1470
O_2	0,08	32	2,56	0,0856
CO	0,02	28	0,84	0,0281
N_2	0,79	28	22,12	0,7393
Σύνολα	1,00		M=29,92	1,0000

Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει η κατά μάζα ανάλυση των καυσαερίων ως:
 $\text{CO}_2 = 14,7\%$ $\text{O}_2 = 8,5\%$ $\text{CO} = 2,8\%$ $\text{N}_2 = 74\%$ περίπου.

11.25 Υπολογισμός της μάζας καυσαερίων που αντιστοιχεί σε κάθε μονάδα μάζας καιομένου καυσίμου από την ανάλυση της συσκευής του Orsat για τα ξηρά καυσαέρια.

Αυτός γίνεται ως εξής:

Μετατρέπουμε κατά τη γνωστή μέθοδο την ογκομετρική ανάλυση σε ανάλυση μάζας και υπολογίζουμε τη μάζα του C που υπάρχει μέσα στη **μονάδα μάζας** καυσαερίων, ο οποίος προφανώς περιέχεται μέσα στο CO_2 και στο CO.

Από τις εξισώσεις καύσεως (2) και (8) της παραγράφου 11.3 έχουμε ότι

$$1 \text{ kg CO}_2 \text{ περιέχει } \frac{12}{44} \text{ kg C και } 1 \text{ kg CO περιέχει } \frac{12}{28} \text{ kg C}$$

Συνεπώς η μάζα του άνθρακα που περιέχεται στη μονάδα μάζας καυσαερίων θα είναι:

$$\frac{12}{44} \text{ CO}_2 + \frac{12}{28} \text{ CO}$$

Γνωρίζοντας τώρα την σε άνθρακα περιεκτικότητα του καυσίμου C και διαιρώντας αυτή με τη μάζα άνθρακα που περιέχεται στη μονάδα μάζας καυσαερίων, θα έχουμε τη μάζα των ξηρών καυσαερίων στη μονάδα μάζας καίόμενου καυσίμου. Δηλαδή:

$$K = \frac{C}{\frac{12}{44} \text{CO}_2 + \frac{12}{28} \text{CO}}$$

$$K = \frac{C}{0,273 \text{CO}_2 + 0,429 \text{CO}}$$

Με τον τύπο αυτό βρίσκομε τη μάζα, των πραγματικών ξηρών καυσαερίων ανα kg καυσίμου από τα δεδομένα της ανάλυσεως με τη συσκευή του Orsat. Αυτός αντιστοιχεί στον τύπο (8) της παραγράφου 11.20 ο οποίος μας δίνει τα πραγματικά ξηρά καυσαέρια με βάση τη χημική σύνθεση του καυσίμου και γνωστή την περίσσεια του αέρα. Έτσι π.χ. με τα στοιχεία ανάλυσεως του παραδείγματος της παραγράφου 11.24 καί έχοντας δεδομένη περιεκτικότητα του πετρελαίου σε C ίση με 0,83 θα έχουμε:

$$K = \frac{0,83}{0,273 \cdot 0,147 + 0,429 \cdot 0,028}$$

$$\text{ή } K = 15,9 \text{ kg καυσαερίων/kg καυσίμου}$$

11.26 Υπολογισμός της θερμότητας που αποβάλλεται με τα καυσαέρια.

Αυτός αφορά τη θερμότητα $Q_{\xi u}$ που αποβάλλεται με τα ξηρά καυσαέρια ή θερμότητα Q_u που απάγεται από τους υδρατμούς των καυσαερίων και τη θερμότητα Q_a που απάγεται με την περίσσεια του αέρα.

Καλούμε:

$K_{\mu\xi}$ τη μάζα των ξηρών καυσαερίων σε kg ανά kg καυσίμου.

C_{pu} την ειδική θερμότητα των καυσαερίων υπό σταθερή πίεση σε kcal/kg°C ή kJ/kg°C ανάλογα με τις μονάδες μετρήσεως που χρησιμοποιούμε. Η C_{pu} ισούται περίπου με 0,26 kcal/kg°C ή 1,1 kJ/kg°C με αρκετή προσέγγιση.

t_1 τη θερμοκρασία του καυσιγόνου αέρα σε βαθμούς °C.

t_2 τη θερμοκρασία των καυσαερίων σε °C.

Με τα στοιχεία αυτά θα έχουμε ότι:

$$Q_{\xi u} = K_{\mu\xi} \cdot C_{pu} (t_2 - t_1) \quad (1)$$

Καλούμε επίσης:

Y_u τη μάζα των υδρατμών σε kg ανά kg καυσίμου.

h' την ενθαλπία ή ολική θερμότητα σε kcal/kg ή kJ/kg του υπέρθερμου ατμου θερμοκρασίας t_2 (όση δηλαδή και των καυσαερίων) και επίσης 0 07 bar (όση δηλαδή είναι η μερική πίεση των υδρατμών στο μίγμα των καυσαερίων, σύμφωνα με το νόμου του Dalton).

h_u την ενθαλπία του νερού ή αισθητή θερμότητα σε kcal/kg ή J/kg που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία t_u του καυσίμου όπως αυτό καταθλίβεται από τους καυστήρες.

Με τα στοιχεία αυτά θα έχουμε:

$$Q_u = Y_\mu (h - h_u) \quad (2)$$

Οι τιμές των h και h_u βρίσκονται από τους πίνακες ατμού και νερού της θερμοδυναμικής.

Ειδικά η h_u βρίσκεται με αρκετή προσέγγιση ως:

$$h_u = t_k \text{ σε kcal/kg}$$

$$\text{ή } h_u = 4,186 t_u \text{ σε kJ/kg}$$

Η συνολική απαγόμενη θερμότητα Q_u με τα καυσαέρια θα είναι επομένως:

$$Q_u = Q_{\xi u} + Q_u \quad (3)$$

Αν τέλος θέλομε και τη θερμότητα Q_a που απάγεται από την περίσσεια του αέρα καλούμε a_μ την περίσσεια σε kg αέρα ανά kg καυσίμου και C_{pa} την ειδική θερμότητα του αέρα σε kcal/kg°C ή kJ/kg°C η οποία είναι περίπου:

$$C_{pa} = 0,24 \text{ kcal/kg°C} \quad \text{ή} \quad C_{pa} = 1,005 \text{ kJ/kg°C}$$

οπότε θα έχουμε:

$$Q_a = a \cdot C_{pa} (t_2 - t_1) \quad (4)$$

Από τα παραπάνω θα έχουμε τη συνολική απαγόμενη θερμότητα Q από τα προϊόντα της καύσεως, που είναι:

$$Q = Q_{\xi u} + Q_u + Q_a \text{ σε kcal ή kJ ανά kg καυσίμου} \quad (5)$$

ανάλογα με τις μονάδες μετρήσεως.

11.27 Θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την καύση. Μεταβολές της κατά μήκος του θερμαντήρα.

Η θερμοκρασία, που αναπτύσσεται κατά την καύση υπολογίζεται με τη βοήθεια εμπειρικών κυρίως τύπων. Βασικά εξαρτάται από το είδος του καυσίμου, τη θερμαντική ικανότητά του, τη θερμοκρασία εισόδου αέρα και καυσίμου, το συντελεστή περίσσειας αέρα και άλλους παράγοντες, που υπεισέρχονται με τη μορφή εμπειρικών συντελεστών.

Έτσι, αν:

t_a είναι η αρχική θερμοκρασία του καυσίμου και του αέρα για την περίπτωση μη προθερμάνσεως,

η_u ο βαθμός αποδόσεως της εστίας λόγω μη τέλει καύσεως ο οποίος κυμαίνεται από 0,90-0,95,

σ ο συντελεστής ακτινοβόλου ισχύος του καυσίμου που κυμαίνεται από 0,25-0,30 για εσωτερικές εστίες και από 0,20-0,25 για εξωτερικές,

H_{kh} κατώτατη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου σε kcal/kg,

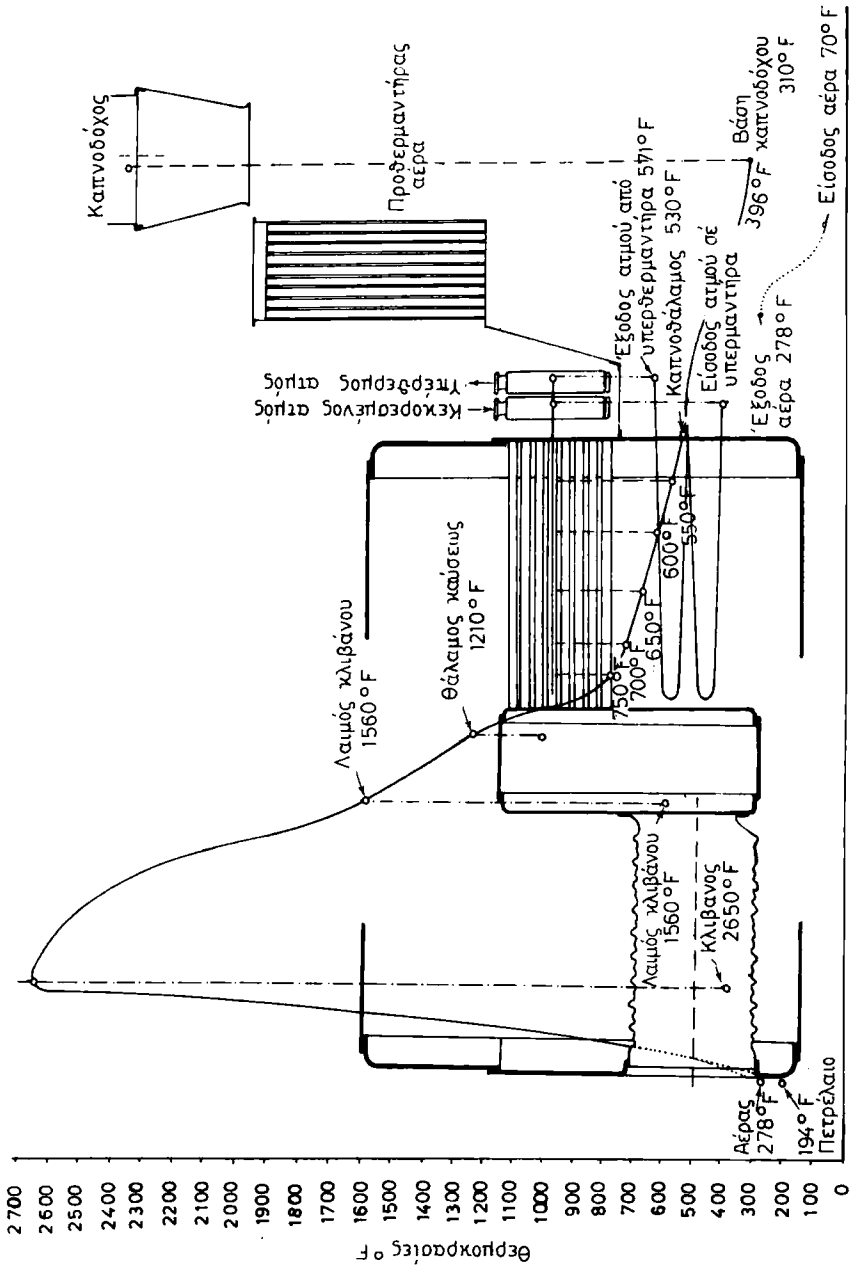
A_μ ο θεωρητικός καυσιγόνος αέρας,

λ ο συντελεστής περίσσειας αέρα,

τ το ποσοστό στερεών υπολειμμάτων της καύσεως,

C_{pu} η ειδική θερμότητα των καυσαερίων υπό σταθερή πίεση, ίση περίπου με 0,26 kcal/kg°C.

Η θερμοκρασία t που αναπτύσσεται θα είναι:



Σχ. 11.27α.

$$t = t_a + \frac{\eta_u (1 - \sigma) H_k}{(1 + \lambda A_\mu - \tau) C_{pu}} \text{ σε } ^\circ\text{C}$$

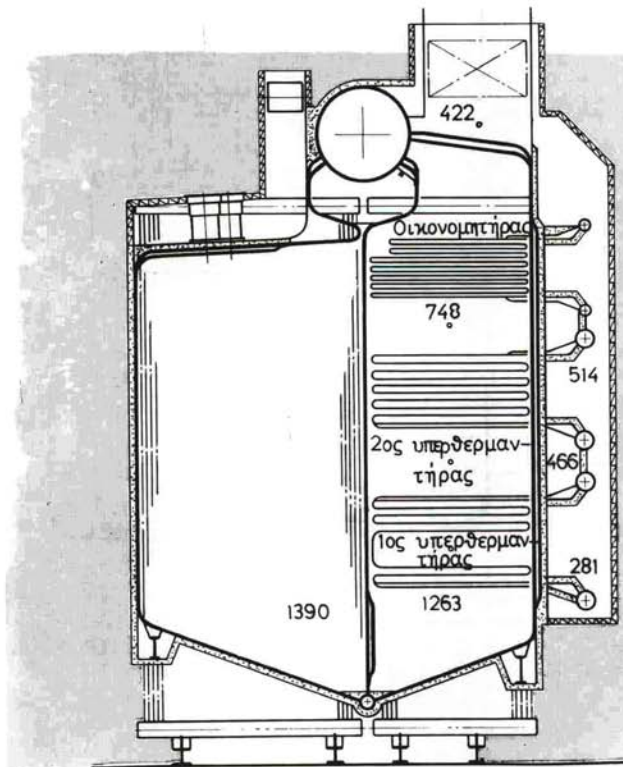
Γενικά οι μέγιστες θερμοκρασίες κατά την καύση κυμαίνονται στους 1200°C για γαιανθρακολέβητες και 1450°C για πετρελαιολέβητες. Μεγαλύτερες θερμοκρασίες δεν επιδιώκονται, γιατί σε θερμοκρασίες πάνω από 1760°C οι υδρατμοί και το διοξείδιο του άνθρακα διασπώνται ή αφητεροιώνονται και η καύση αποβαίνει ατελής.

Η θερμοκρασία αυτή ελαττώνεται προοδευτικά μέχρις ότου τα καυσαέρια εξέλθουν στην ατμόσφαιρα.

Στο σχήμα 11.27α (Αγγλικής προελεύσεως) παριστάνεται γραφικά η μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας μέσα σε ένα πετρελαιολέβητα από τον κλίβανο, όπου έχει τη μέγιστη τιμή της των 2650°F, μέχρι τη βάση της καπνοδόχου, όπου έχει κατεβεί στην τιμή των 310°F. Παριστάνονται επίσης και οι ενδιάμεσες τιμές της στις χαρακτηριστικές θέσεις του θερμαντήρα όπου και γίνεται η μετάδοση θερμότητας προς το νερό, τον καυσιγόνο αέρα και τον ατμό, ο οποίος υπερθερμαίνεται.

Στο ίδιο διάγραμμα παριστάνονται, γραφικά επίσης, οι μεταβολές θερμοκρασίας του καυσίμου, του αέρα και του ατμού κατά την αντίστοιχη πορεία τους.

Στο σχήμα 11.27β φαίνονται αντίστοιχα οι θερμοκρασίες σε ένα λέβητα MR της Babcock σε βαθμούς C.



Σχ. 11.27β.

11.28 Σημείο δρόσου των υδρατμών των καυσαερίων.

Σύμφωνα με το γνωστό από τη φυσική Νόμο του Dalton η πίεση που ασκείται μέσα σε ένα δοχείο από δεδομένη ποσότητα ανεμιγμένων αερίων, είναι ίση με το άθροισμα των πιέσεων, που θα ασκούσε καθένα από τα αέρια αυτά αν βρισκόταν μόνο του μέσα στο δοχείο με την ίδια θερμοκρασία.

Ο νόμος αυτός βρίσκει εφαρμογή στα καυσαέρια, τα οποία είναι μίγμα αερίων και αφορά ιδιαίτερα τους υδρατμούς τους. Οι υδρατμοί των καυσαερίων, όταν βρεθούν σε μια δεδομένη θερμοκρασία, που ονομάζεται **σημείο δρόσου** (dew point) αρχίζουν να συμπυκνώνονται. Καλούμε σύμφωνα με τα παραπάνω σημείο δρόσου ενός ρευστού τη θερμοκρασία εκείνη, στην οποία οι ατμοί αρχίζουν να εναποτίθενται υπό μορφή υγρού. Η θερμοκρασία αυτή καλείται επίσης και **σημείο κορεσμού** ή **σημείο υγρότητας 100%**, όπου υγρότητα είναι το μέτρο της σχετικής κάθε φορά υγρασίας του αέρα. Κάτω από τη θερμοκρασία αυτή ο αέρας περιλαμβάνει νερό υπό μορφή αόρατου ατμού.

Όταν τα καυσαέρια φθάσουν στο σημείο δρόσου του νερού, οι υδρατμοί αρχίζουν να συμπυκνώνονται σε μόρια νερού. Τα μόρια αυτά εναποτίθενται πάνω στις επιφάνειες, με τις οποίες βρίσκονται σε επαφή.

Το σημείο δρόσου μεταβάλλεται με την πίεση και αν θεωρήσουμε ότι ο όγκος των υδρατμών μέσα στα καυσαέρια είναι 12,8% περίπου και ότι η πίεση των καυσαερίων στην καπνοδόχο είναι 1,015 bar, τότε η επιμέρους πίεση των υδρατμών θα είναι $0,12 \times 1,015 = 0,122$ bar.

Στην πίεση αυτή, όπως βρίσκουμε από τους πίνακες ατμού, αντιστοιχεί σημείο δρόσου περίπου 51°C.

Βέβαια η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι κατά κανόνα υψηλότερη από 51°C και δεν υπάρχει περίπτωση συμπυκνώσεως των υδρατμών των καυσαερίων. Όμως, όταν η θερμότητα των καυσαερίων αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό με τις συσκευές ανακτησεώς της, π.χ. οικονομητήρες, προθερμαντήρες αέρα κλπ. πρέπει να υπάρχει φροντίδα, ώστε η θερμοκρασία αυτή να μην πέφτει τόσο, ώστε να αγγίξει το **σημείο δρόσου**, γιατί οι υδρατμοί θα συμπυκνωθούν σε μόρια νερού πάνω στις μεταλλικές επιφάνειες.

Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία και είναι ανεπιθύμητο επειδή το πετρέλαιο περιέχει θείο (S) οπότε σχηματίζονται οξείδια του S κυρίως που γενικά διαβρώνουν τις μεταλλικές επιφάνειες των προθερμαντήρων και του θερμαντήρα του λέβητα.

11.29 Ποιότητα της καύσεως και παράγοντες που την επηρεάζουν.

11.29.1 Γενικά.

Η καλή καύση αποτελεί τον κυριότερο συντελεστή οικονομικής λειτουργίας του λέβητα και επομένως μία από τις σοβαρότερες φροντίδες του προσωπικού του εντεταλμένου με τη λειτουργία του.

Η καλή καύση χαρακτηρίζεται κυρίως από τη σύνθεση των εξερχομένων προς την καπνοδόχο καυσαερίων, τα οποία βασικά δεν πρέπει να περιέχουν συστατικά που μπορούν να καούν παραπέρα.

Παράδειγμα καλής καύσεως έχουμε την τέλεια καύση του C προς CO₂. Αντίθετα η καύση C προς CO είναι ατελής και αντιοικονομική, γιατί το CO είναι καύσιμο αέ-

ριο, το οποίο βγαίνει προς την ατμόσφαιρα, χωρίς να έχει αφήσει μέσα στην εστία τις θερμίδες που περικλείει.

Στους πετρελαιολέβητες η καλή καύση εξαρτάται βασικά από την πίεση και τη θερμοκρασία προθερμάνσεως του πετρελαίου, την καλή ψέκασή του, τη μη ύπαρξη νερού στο πετρέλαιο, τη θερμοκρασία της εστίας, η οποία πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα, την κανονική παροχή του καυσιγόνου αέρα και την καθαριότητα του καυστήρα.

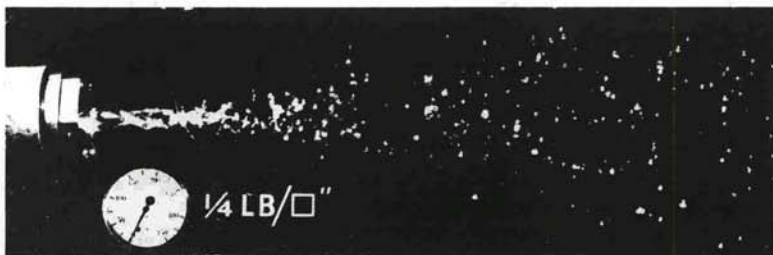
11.29.2 Η ψέκαση του πετρελαίου και τα στοιχεία καύσεώς του.

Με τον όρο **ψέκαση** χαρακτηρίζουμε τη διάσπαση της συνοχής των μορίων του πετρελαίου και το διαχωρισμό του σε λεπτότατα σταγονίδια, τα οποία με αυτό τον τρόπο παρουσιάζουν μεγάλη επιφάνεια επαφής με τα αντίστοιχα μόρια του καυσιγόνου αέρα.

Η ψέκαση πραγματοποιείται κατά κανόνα με τη βοήθεια υδραυλικής πίεσεως, ή, όπως λέμε, με **μηχανική έγχυση**. Την υδραυλική αυτή πίεση δημιουργεί η αντλία καταθλίψεως του πετρελαίου.

Η διάσπαση του πετρελαίου πραγματοποιείται με τον καυστήρα, μέσα στον οποίο το πετρέλαιο παίρνει περιστροφική κίνηση. Από τον καυστήρα στη συνέχεια το πετρέλαιο εκτοξεύεται προς το χώρο της εστίας με μορφή κώνου, ο οποίος λέγεται **κώνος ραντίσεως**. Ο κώνος ραντίσεως έχει άνοιγμα 35°-70°. Αντίστοιχα ο αέρας κάτω από την πίεση ελκυσμού αναγκάζεται να περάσει από τον **κώνο αέρα**, ο οποίος περιβάλλει τον καυστήρα. Εκεί με τη βοήθεια κατάλληλων μεταλλικών πτερυγίων παίρνει περιστροφική κίνηση αντίθετη από την περιστροφική κίνηση του πετρελαίου. Με αυτό τον τρόπο σε ελάχιστη απόσταση από το στόμιο του καυστήρα συναντώνται ο αέρας και τα σταγονίδια του πετρελαίου, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται η τέλεια ανάμιξή τους.

Απαραίτητα στοιχεία για την καλή ψέκαση είναι η **πίεση** και η **θερμοκρασία** του πετρελαίου. Η πίεση χρειάζεται για να δώσει στο πετρέλαιο την απαιτούμενη ταχύτητα ροής και κυμαίνεται ανάλογα από 4-25 bar ή 60 psi ως 300 psi περίπου. (Με τη βοήθεια των σχημάτων 11,29α ως και 11.29ε αντιλαμβανόμαστε σαφώς την επήρεια της πίεσεως στην τελειότητα της ψεκάσεως του πετρελαίου).



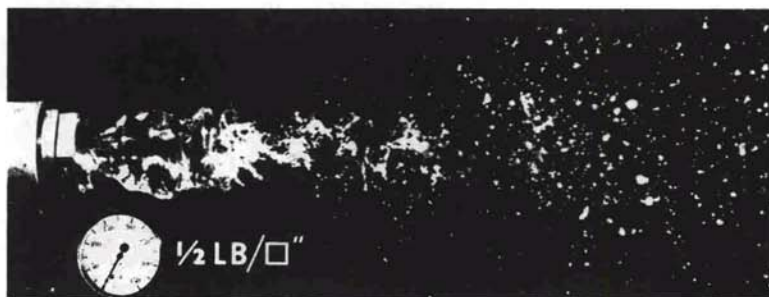
Σχ. 11.29α.

Η θερμοκρασία είναι αναγκαία για να διευκολύνει την έναυση του πετρελαίου και για να ελαττώσει το ιξώδες του, ώστε η διάσπαση της συνοχής των μορίων του να γίνει ευκολότερα. Όταν η θερμοκρασία του πετρελαίου είναι χαμηλή, το ιξώδες του θα είναι υψηλό. Το υψηλό ιξώδες αντιτίθεται στο διαχωρισμό του πετρελαίου

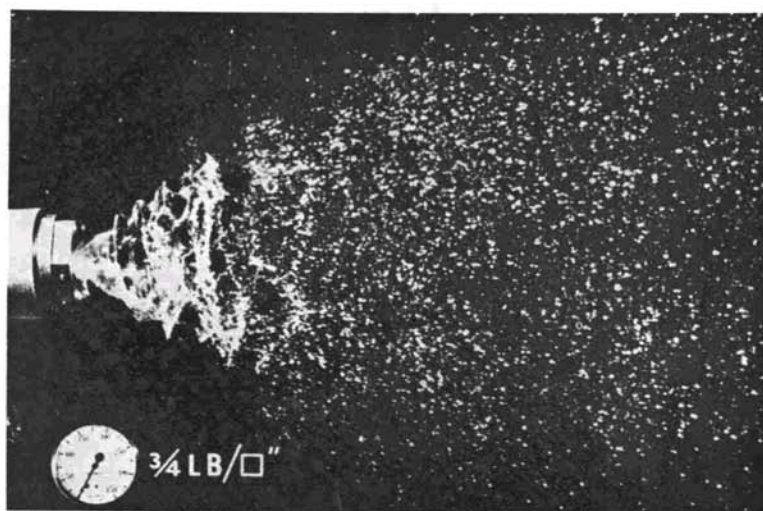
σε σταγονίδια, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την αντικανονική ανάμιξη του πετρελαίου με τον αέρα και επομένως την κακή καύση. Αντίθετα η υπερθέρμανση του πετρελαίου έχει ως αποτέλεσμα την απανθράκωσή του και τη μερική ή ολική, εξαιτίας της απανθρακώσεως, έμφραξη των καυστήρων και του προθερμαντήρα πετρελαίου. Εφραγμένοι δίσκοι διασκορπισμού δίνουν ανεπαρκή ψέκαση και ατελή καύση.

Η κανονική θερμοκρασία προθερμάνσεως του πετρελαίου αναγράφεται πάντοτε ως στοιχείο στο δελτίο παραλαβής του.

Πρωτεύοντα επίσης ρόλο στην καλή ψέκαση παίζει, όπως είπαμε ήδη, η καθαριότητα του διασκορπιστήρα.



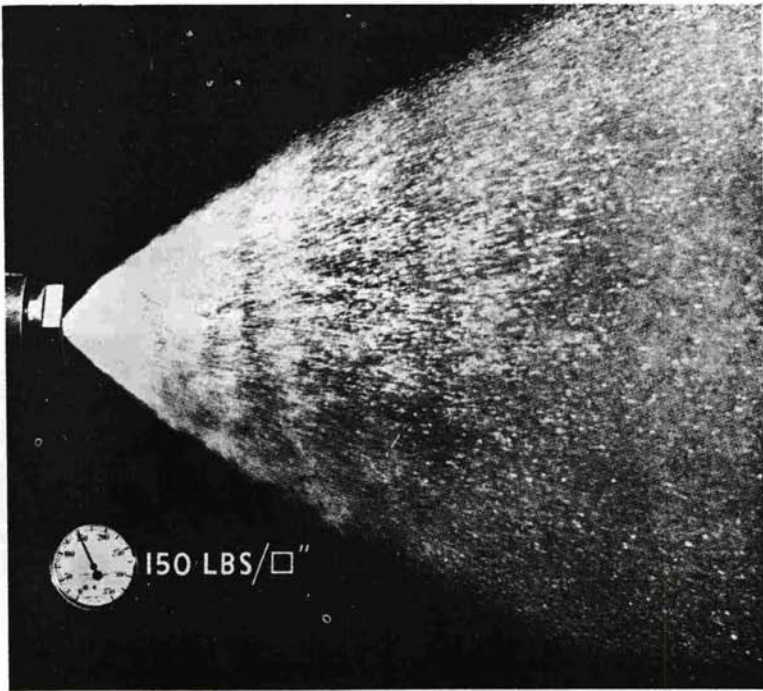
Σχ. 11.29β.



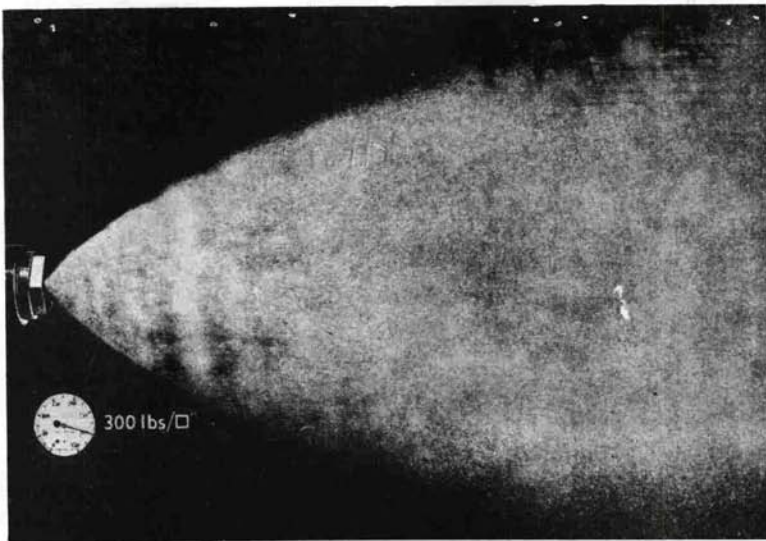
Σχ. 11.29γ.

11.29.3 Η παροχή του καυσιγόνου αέρα. Επήρεια της περίσσειάς του στην ποιότητα καύσεως.

Για να είναι η καύση οικονομική, πρέπει να παρέχεται στην εστία η κανονική μό-



Σχ. 11.296.



Σχ. 11.29ε.

νο περίσσεια αέρα, γιατί η έλλειψη αέρα συντελεί σε ατελή καύση του πετρελαίου, ενώ η υπερβολική περίσσεια στην απαγωγή από την εστία μεγάλου ποσοστού θερμίδων προς την ατμόσφαιρα (παράγρ. 11.26).

Η ύπαρξη περισσειας αέρα στην εστία γίνεται αντιληπτή από το χρώμα της φλόγας, που γίνεται υπόλευκο ως έντονο λευκό, και από το ότι δεν βγαίνει καπνός από την καπνοδόχο. Αντίθετα έλλειψη αέρα έχει ως αποτέλεσμα την έξοδο μαύρου καπνού από την καπνοδόχο.

Η λειτουργία όμως ενός λέβητα, χωρίς να βγαίνει καπνός από την καπνοδόχο του μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε ευρέα όρια περισσειας αέρα από 200% ως 300% του απαιτούμενου θεωρητικού για την τέλεια καύση. Έτσι μειώνεται σημαντικά η ωφέλιμη θερμότητα χωρίς αυτό να γίνεται αντιληπτό (παράγρ. 11.21).

Προς αντιμετώπιση της παραπάνω καταστάσεως επιβάλλεται η μείωση της ταχύτητας των ανεμιστήρων σε σημείο, ώστε ο αέρας που παρέχεται στην εστία να είναι αρκετός για να εμποδίζει μόνο την έξοδο μαύρου καπνού από την καπνοδόχο. Τα καυσαέρια που βγαίνουν από την καπνοδόχο θα πρέπει να έχουν ελαφρό καστανόχροο χρώμα, οπότε και εξασφαλίζεται ότι ο παρεχόμενος προς την εστία αέρας είναι 105% ως 110% του απαιτούμενου θεωρητικού για μία χημικά τέλεια καύση.

Όταν εκφεύγει λευκός καπνός, σημαίνει ότι ο αέρας περνά μέσω του κώνου του καυστήρα με πολύ υψηλή ταχύτητα, ώστε να παρασύρει άκαυστα ή αδιάσπαστα μόρια πετρελαίου με επακόλουθο μεγάλη απώλεια θερμίδων της εστίας. Τα αδιάσπαστα αυτά μόρια είναι γενικά αλδεΐδες, που βγαίνουν από την καπνοδόχο και δίνουν στα καυσαέρια το λευκό χρώμα.

11.29.4 Η παρουσία νερού στο πετρέλαιο.

Αυτή οφείλεται σε τρεις αιτίες: Σε ανάμιξη νερού με το πετρέλαιο, σε υγρασία του αέρα που περιέχεται στην εστία και στο σχηματισμό νερού κατά την καύση (έκλυση υδρογόνου με το οξυγόνο).

Το νερό όταν εισέρχεται στην εστία μεταβάλλεται σε ατμό της ίδιας με τα καυσαέρια θερμοκρασίας. Έφόσον αυτή είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του κορεσμένου ατμού σε ατμοσφαιρική πίεση (100°C), η παραπάνω εξατμιζόμενη ποσότητα του νερού υπερθερμαίνεται. Το αποτέλεσμα είναι η απορρόφηση μέρους της παραγόμενης κατά την καύση θερμότητας και επομένως μείωση της παραμένουσας ωφέλιμης προς μετάδοση στο νερό (παράγρ. 11.26).

Κατά τη διέλευση του πετρελαίου από τον καυστήρα, το περιεχόμενο νερό εξατμιζόμενο προκαλεί συριγμούς. Όταν η ποσότητά του είναι μεγάλη, μπορεί να προκαλέσει πτυελισμό και διακοπή της φλόγας ή και τη σβέση του καυστήρα.

11.29.5 Παρακολούθηση και έλεγχος της ποιότητας καύσεως. Εύρεση της περισσειας αέρα από την ένδειξη του ποσοστού CO₂ των καυσαερίων.

Η σημασία της επιτεύξεως άριστης καύσεως μέσα στην εστία είναι προφανώς, από όσα προηγουμένως έχουμε αναφέρει, ιδιαίτερα βασική. Επαναλαμβάνομε και εδώ ότι ατελής καύση θα έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες θερμότητας. Αυτό σημαίνει υψηλό κόστος λειτουργίας ενός πλοίου και μειωμένη ακτίνα ενέργειας.

Για την επίτευξη των κανονικών συνθηκών καύσεως, πρέπει να είναι αμέριστη η προσοχή των μηχανικών της εγκαταστάσεως.

Ένας πρακτικός τρόπος ελέγχου της ποιότητας της καύσεως είναι να παρακολουθούμε το χρώμα των φλογών της καύσεως, το οποίο πρέπει να έχει κίτρινη ως κιτρινόλευκη χροιά. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία της εστίας είναι πράγματι υψηλή, γύρω στους 1370°C. Άλλος τρόπος μετρήσεως της θερμοκρασίας, είναι η χρήση πυρομέτρων αποστάσεως. Το χρώμα επίσης των καυσαερίων, που βγαίνουν από την καπνοδόχο, είναι όπως αναφέρθηκε, ενδεικτικό της καλής ή κακής καύσεως. Μαύρα καυσαέρια σημαίνουν έλλειψη αέρα, λευκά μεγάλη περίσσειά του, ενώ ελαφρά καστανόχρωα ότι στην εστία χορηγείται η κανονική περίσσεια αέρα (παράγρ. 11.21).

Άλλος τρόπος ελέγχου της καύσεως είναι η ανάλυση των καυσαερίων με τη βοήθεια των συσκευών που έχουμε περιγράψει και που μας δίνουν την κατ' όγκο περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Κατά την ανάλυση των καυσαερίων κυρίως μας ενδιαφέρει το ποσοστό του περιεχόμενου σ' αυτά CO₂. Όσο περισσότερο είναι αυτό, τόσο τελειότερη είναι η καύση της εστίας μας κι όσο πιο μικρότερο τόσο χειρότερη.

Πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι κατά τη χημικά τέλεια καύση του πετρελαίου με τη θεωρητικά απαιτούμενη ποσότητα αέρα υπολογίζεται το ποσοστό αυτό σε 15,65% περίπου.

Από το ποσοστό αυτό είναι δυνατόν να υπολογίσουμε και το συντελεστή περισσειας αέρα, με την οποία γίνεται η καύση στην εστία, αν γνωρίζουμε το κατά τη στιγμή του ελέγχου αντίστοιχο ποσοστό σε CO₂, που μας παρέχει ο ενδείκτης του οργάνου.

Έτσι, αν π.χ. CO₂ = 13,5%, θα είναι:

$$\lambda = \frac{15,65}{13,5} = 1,16$$

Δηλαδή περίσσεια 16%.

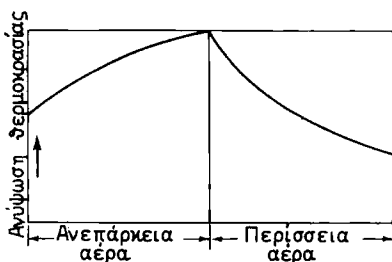
Μία καλή καύση χαρακτηρίζεται από ένδειξη CO₂ γύρω στο 14-15% κατά κανόνα.

Ο πίνακας .1.29.1 καταρτίσθηκε με βάση δεδομένα πειράματα και δείχνει σε συνάρτηση το ποσοστό CO₂, τη μεταβολή της περισσειας αέρα και τη μεταβολή του βαθμού αποδόσεως.

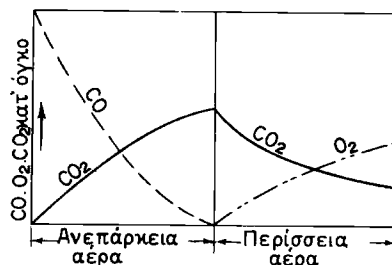
ΠΙΝΑΚΑΣ 11.29.1
Περίσσεια αέρα και βαθμού αποδόσεως λέβητα
σε συνάρτηση ποσοστού CO₂ περιεχομένου στα καυσαέρια

Ποσοστό CO ₂ %	Περίσσεια αέρα %	Απόδοση λέβητα % σε πλήρη ισχύ
14	15	79
13,3	20	78
12,5	30	77
10,5	50	74
8	100	70

Στο σχήμα 11.29στ φαίνεται η επίρεια της ανεπάρκειας και της περίσσειας αέ-
ρα στη θερμοκρασία της εστίας. Βλέπουμε ότι όσο ο παρεχόμενος αέρας πλησιάζει
τη θεωρητική ποσότητα, τόσο η θερμοκρασία της εστίας ανεβαίνει, και στη συνέ-
χεια όσο μεγαλύτερη περίσσεια χορηγούμε, τόσο αυτή κατεβαίνει.



Σχ. 11.29στ.



Σχ. 11.29ς.

Στο σχήμα 11.29ς φαίνεται η μεταβολή της κατ' όγκο συνθέσεως των καυσαε-
ρίων σε CO, O₂ και CO₂ σε συνάρτηση με τη χορηγούμενη ποσότητα αέρα.

Παρατηρούμε ότι όσο ο αέρας πλησιάζει τη θεωρητική ποσότητα, τόσο ανεβαί-
νει λόγω τελειότερης καύσεως το ποσοστό του CO₂, ενώ κατεβαίνει αντίστοιχα το
ποσοστό του CO, που είναι ενδεικτικό ατελούς καύσεως. Στο σημείο της χημικά
αναγκαίας ποσότητας αέρα, το CO₂ έχει τη μέγιστη τιμή του, ενώ το CO μηδενική.
Τέλος, με τη χορήγηση περίσσειας αέρα το ποσοστό CO₂ ελαττώνεται από τη μέγι-
στη τιμή του, ενώ το ποσοστό του στα καυσαέρια περιεχομένου O₂ (δηλαδή του
οξυγόνου της περίσσειας) αυξάνεται με αυτή.

11.30 Ελκυσμός.

Ελκυσμός ονομάζεται το αίτιο ή διαφορετικά η δύναμη που δημιουργεί το ρεύ-
μα του καυσιγόνου αέρα.

Η δύναμη του ελκυσμού, ή όπως αλλιώς ονομάζεται **ένταση**, μετρείται σε mm ή
σε ίντσες υδάτινης στήλης.

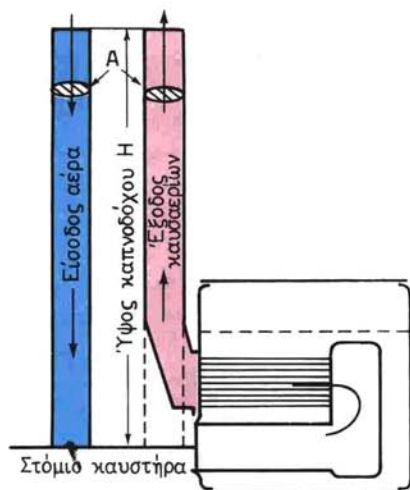
Ο ελκυσμός διακρίνεται σε **φυσικό**, όταν δημιουργείται χωρίς ιδιαίτερα τεχνητά
μέσα και σε **τεχνητό**, όταν για τη δημιουργία του χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα μηχα-
νήματα.

11.31 Φυσικός ελκυσμός.

Το όργανο, που δημιουργεί το φυσικό ελκυσμό, είναι η καπνοδόχος. Για να εξη-
γήσουμε το φαινόμενο του ελκυσμού και την ενέργεια της καπνοδόχου παραδεχό-
μαστε (σχ. 11.31α) ότι υπάρχουν δύο στήλες, μία υποθετική γεμάτη με ατμοσφαι-
ρικό αέρα και μία άλλη γεμάτη από τα θερμά καυσαέρια.

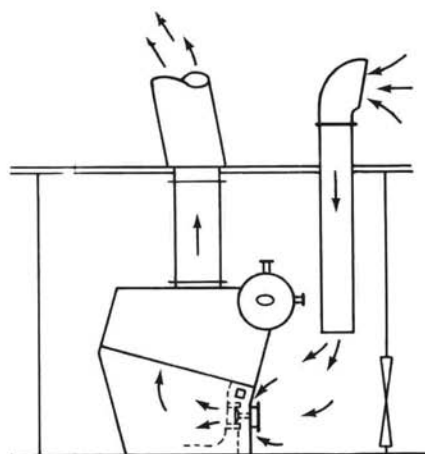
Και οι δύο αυτές στήλες έχουν διατομή ίση με τη διατομή της καπνοδόχου και
ύψος το ύψος αυτής (σχ. 11.31α).

Η στήλη των καυσαερίων λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους είναι ελαφρότε-
ρη από τη στήλη του αέρα. Έτσι υπάρχει διαφορά βάρους μεταξύ τους, που προκα-
λεί την κίνηση του αέρα μέσα από το θερμαντήρα. Δηλαδή τα καυσαέρια της κα-
πνοδόχου ως ελαφρότερα εισέρχονται στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν ένα κε-



Σχ. 11.31α.

Παράσταση δημιουργίας φυσικού ελκυσμού.



Σχ. 11.31β.

Φυσικός ελκυσμός σε λέβητα B & W.

νό. Το κενό αυτό αναπληρώνει ο ατμοσφαιρικός αέρας που εισέρχεται έτσι στο θερμαντήρα.

Στο σχήμα 11.31β εικονίζεται εγκατάσταση φυσικού ελκυσμού σε λέβητα B και W.

11.32 Τεχνητός ελκυσμός.

11.32.1 Η παραγωγή του τεχνητού ελκυσμού.

Αυτός, πραγματοποιείται με τη βοήθεια των ανεμιστήρων τεχνητού ελκυσμού.

Ο τεχνητός ελκυσμός παρέχει μεγαλύτερη ποσότητα αέρα στην εστία από το φυσικό και δημιουργεί μεγαλύτερη ταχύτητα καυσαερίων.

Για την παραγωγή τεχνητού ελκυσμού χρησιμοποιούνται βασικά δύο μέθοδοι, της **βεβιασμένης εκπνοής** και της **βεβιασμένης εισπνοής**.

Στη βεβιασμένη εκπνοή ενισχύεται το ρεύμα των καυσαερίων που βγαίνουν από την καπνοδόχο, ενώ στη βεβιασμένη εισπνοή καταθλίβεται στην εστία αέρας υπό πίεση που είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

Και οι δύο μέθοδοι βρίσκονται σε χρήση, περισσότερο όμως χρησιμοποιείται η μέθοδος βεβιασμένης εισπνοής.

11.32.2 Συστήματα τεχνητού ελκυσμού βεβιασμένης εκπνοής (Induced Draft).

α) Με προβολή ατμού στη βάση της καπνοδόχου.

Στο σύστημα αυτό προβάλλεται από ακροφύσια στη βάση της καπνοδόχου ατμός, ο οποίος επιταχύνει την προς την έξοδο κίνηση των καυσαερίων.

Το σύστημα είναι δαπανηρό και δε χρησιμοποιείται πια στα πλοία.

β) Με προβολή αέρα υπό πίεση στη βάση της καπνοδόχου.

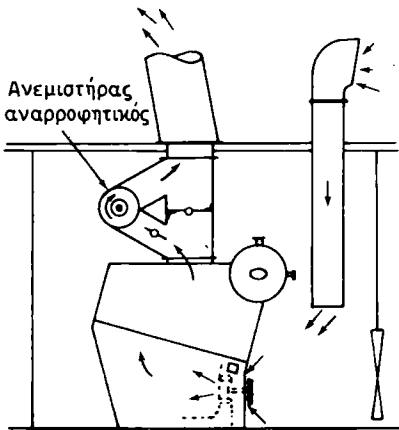
Είναι παρόμοιο προς το προηγούμενο και απαιτεί την ύπαρξη αεροθλιπτικών μη-

χανημάτων για την παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα. Και το σύστημα αυτό δε χρησιμοποιείται σήμερα.

γ) Με αναρροφητικό ανεμιστήρα ο οποίος τοποθετείται στη βάση της καπνοδόχου.

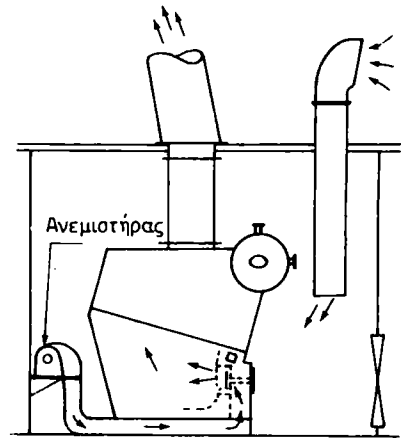
Ο ανεμιστήρας (σχ. 11.32α) αναρροφά τα καυσαέρια του λέβητα και τα καταθλίβει στην καπνοδόχο με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Το σύστημα αυτό, το οποίο ονομάζεται σύστημα Ellis Eaves χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό προς το σύστημα Howden (βλ. παρακάτω). Είναι το μόνο σχεδόν χρησιμοποιούμενο σύστημα.



Σχ. 11.32α.

Σύστημα εκλυσμού Ellis-Eaves σε λέβητα B & W.



Σχ. 11.32β.

Σύστημα καταθλιπτικού οχετού Howden.

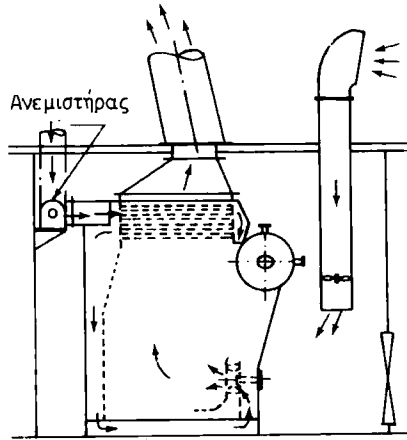
11.32.3 Συστήματα βεβιασμένης εισπνοής (Forced Draft).

α) Σύστημα καταθλιπτικού οχετού Howden.

Σ' αυτό το σύστημα (σχ. 11.32β) χρησιμοποιείται καταθλιπτικός ανεμιστήρας, ο οποίος αναρροφά αέρα από το χώρο του μηχανολεβητοστάσιου και μέσω κλειστού οχετού που περνά κάτω από το λέβητα τον οδηγεί υπό πίεση γύρω από τους κώνους αέρα.

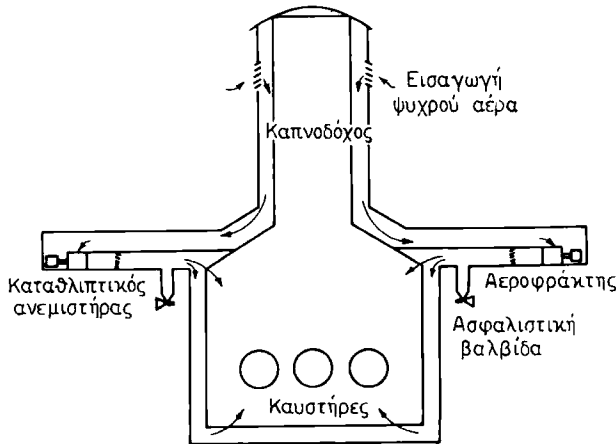
Στο σχήμα 11.32γ φαίνεται ανάλογη διάταξη, η οποία διαφέρει από την προηγούμενη ως προς το ότι ο ανεμιστήρας αναρροφά από την ατμόσφαιρα και καταθλίβει τον αέρα υπό πίεση πρώτον μέσω προθερμαντήρα και κατόπιν στον κλειστό οχετό, ο οποίος ονομάζεται **διπλό κέλυφος** (double casing). Ο κλειστός αυτός οχετός, όπως και στο προηγούμενο σύστημα, οδηγεί υπό πίεση τον αέρα γύρω και κάτω από το λέβητα προς τους κώνους αέρα. Με το σύστημα αυτό επιτυγχάνεται και λίαν ικανοποιητική προθέρμανση του αέρα.

Εξίσου επιτυχή εφαρμογή του συστήματος Howden με συνδυασμό της αρχής του διπλού κελύφους αποτελεί και η διάταξη του σχήματος 11.32δ. Ο αέρας αναρροφάται από τον ανεμιστήρα μέσω καταλλήλων ανοιγμάτων, τα οποία βρίσκονται στην εξωτερική καπνοδόχο, και περνά δια μέσου του δακτυλιοειδούς χώρου μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής καπνοδόχου, όπου και προθερμαίνεται. Ο αέρας αυ-



Σχ. 11.32γ.

Σύστημα ελκυσμού διπλού κελύφους σε λέβητα B & W.



Σχ. 11.32δ.

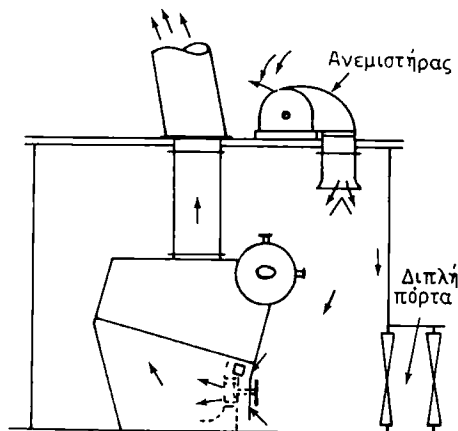
Σύστημα ελκυσμού διπλού κελύφους.

τός, πριν οδηγηθεί προς την εστία, προθερμαίνεται πάλι περνώντας από το διπλό κέλυφος του λέβητα.

β) Σύστημα κλειστού ή στεγανού λεβητοστάσιου.

Στο σύστημα αυτό (σχ. 11.32ε) προβλέπεται η ύπαρξη καταθλιπτικού ανεμιστήρα ο οποίος αναρροφά αέρα από την ατμόσφαιρα και τον καταθλίβει μέσα στο χώρο του λεβητοστάσιου. Το λεβητοστάσιο έτσι βρίσκεται υπό πίεση υψηλότερη από την ατμοσφαιρική και διατηρείται αεροστεγανό. Από το χώρο του λεβητοστάσιου πλέον ο αέρας υπό πίεση και κατά τον ίδιο τρόπο όπως στο φυσικό ελκυσμό οδηγείται στην εστία.

Το σύστημα απαιτεί την ύπαρξη διπλών θυρών με ενδιάμεσο μεταξύ τους θάλα-



Σχ. 11.32ε.

Σύστημα ελκυσμού κλειστού λεβητοστασίου.

μο (σχ. 11.32ε) για λόγους ασφαλείας. Δεν πρέπει δηλαδή, όταν ο λέβητας λειτουργεί, να βρεθούν και οι δύο θύρες του λεβητοστασίου ταυτόχρονα ανοικτές, γιατί τότε ο αέρας θα κατευθύνεται προς την ατμόσφαιρα και θα παρασύρει τις φλόγες της εστίας προς το λεβητοστάσιο. Ειδική διάταξη ενδεικτικών λαμπτήρων ρυθμίζει τη δίοδο μέσω των δύο θυρών.

Το σύστημα στεγανού λεβητοστασίου χρησιμοποιείται μερικές φορές από τους κατασκευαστές σε πολεμικά και ταχύπλοα επιβατηγά σκάφη.

11.32.4 Πλεονεκτήματα του τεχνητού ελκυσμού.

Τα πλεονεκτήματα του τεχνητού ελκυσμού σε σύγκριση με το φυσικό είναι τα εξής:

α) Ελαφρότητα κατασκευής του λέβητα, η οποία οφείλεται στην παροχή μεγαλύτερης ποσότητας αέρα και στη δυνατότητα καύσεως μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου, αύξηση δηλαδή του βαθμού καύσεως.

β) Μικρότερη κατανάλωση καυσίμου με τη σωστή ρύθμιση της παρεχόμενης ποσότητας αέρα μέσω των ανεμιστήρων.

γ) Ικανότητα γρήγορης προσαρμογής στις απαιτήσεις της ατμοπαραγωγής.

δ) Ανεξαρτησία από τις καιρικές συνθήκες.

11.32.5 Τιμές εντάσεως ελκυσμού. Μέτρησή του.

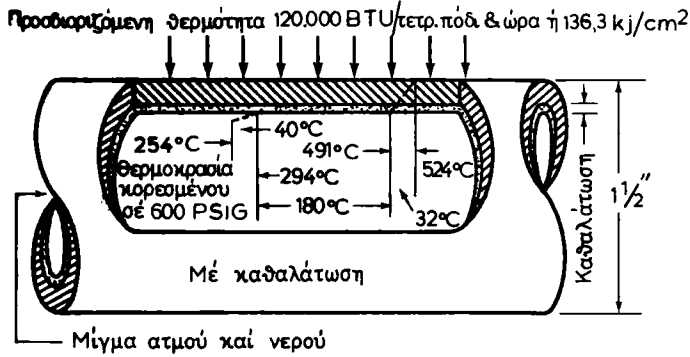
Με τα συστήματα που προαναφέρθηκαν επιτυγχάνονται οι παρακάτω τιμές ελκυσμού:

α) Με φυσικό ελκυσμό $\frac{3}{4}$ " ή 20 mm υδάτινης στήλης περίπου.

β) Με ελκυσμό βεβιασμένης εκπνοής περίπου 1,5" ως 2,5" ή 40 ως 70 mm υδάτινης στήλης.

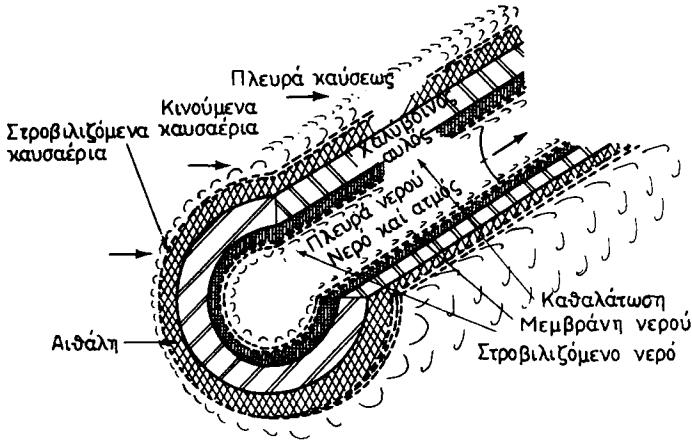
γ) Με ελκυσμό συστήματος Howden 4" ως 6" ή 100 ως 150 mm υδάτινης στήλης.

δ) Με στεγανό λεβητοστάσιο 6" ως 8" ως 200 mm υδάτινης στήλης.



Σχ. 11.33β.

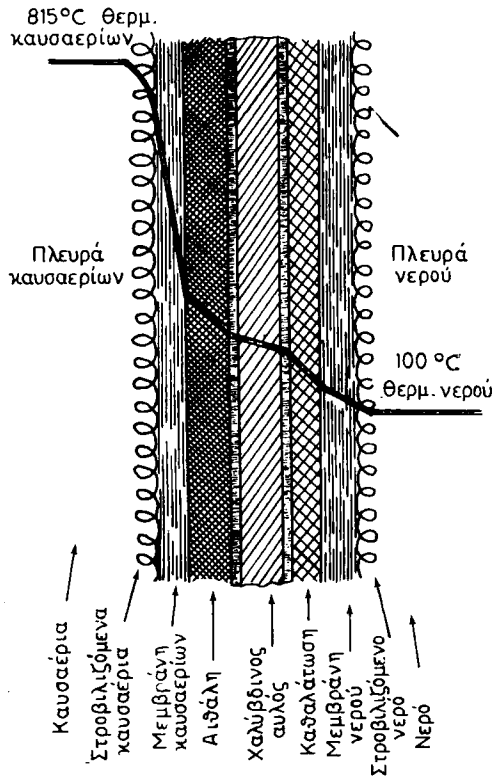
- 32°C = Πτώση θερμοκρασίας δια μέσου του τοιχώματος του αυλού.
- 18°C = Πτώση θερμοκρασίας με την εσωτερική καθαλάτωση.
- 40°C = Πτώση θερμοκρασίας δια μέσου μεμβράνης νερού.



Σχ. 11.33γ.

Στην πραγματικότητα υπάρχουν επτά διάφορα στρώματα (σχ. 11.33γ) διαμέσου των οποίων πρέπει να περάσει η θερμότητα των καυσαερίων, για να μεταδοθεί προς το νερό: το στρώμα των στροβιλιζομένων καυσαερίων, των ακινήτων καυσαερίων, της αιθάλης, των τοιχωμάτων του αυλού, των καθαλατώσεων, της μεμβράνης του νερού και τέλος το στρώμα του στροβιλιζόμενου νερού. Από αυτά, τα πολύ λεπτά ακίνητα στρώματα καυσαερίων και νερού καθώς και τα αντίστοιχα στροβιλιζόμενα ρεύματα δημιουργούνται στα ρευστά, τα οποία κινούνται σ' επαφή προς στερεά τοιχώματα.

Εάν εξετάσουμε τη ροή των καυσαερίων κοντά σ' έναν αυλό της ατμογόνου δέσμης, θα πιστοποιήσουμε ότι η ταχύτητά τους είναι μηδενική στο σημείο επαφής ρευστού (καυσαερίων) και αυλού. Η ταχύτητα των καυσαερίων κοντά στα τοιχώματα του αυλού αυξάνει, όσον αυξάνει η απόστασή τους από τον αυλό. Το πάχος του ακινήτου στρώματος (μεμβράνης) των καυσαερίων είναι πολύ λεπτό. Συνήθως το μέγιστο πάχος δεν υπερβαίνει το 1 mm ή τα 0,04 της ίντσας. Εξωτερικά της πε-



Σχ. 11.336.

Σχηματική παράσταση της πορείας της θερμότητας από τα καυσαέρια προς το νερό.

ριοχής του ακίνητου στρώματος υπάρχει μία περιοχή στροβιλιζομένων καυσαερίων, εσωτερικά δε αυτού, προς την πλευρά των τοιχωμάτων του αυλού, η αιθάλη (σχ. 11.336).

Η αιθάλη αποτελείται από λεπτότατα τεμαχίδια άκαυστου άνθρακα και τέφρας, και συμπεριφέρεται ως μονωτικό της θερμότητας και επηρεάζει σημαντικά τη μετάδοσή της. Η αντίσταση της αιθάλης στη μετάδοση της θερμότητας ενισχύεται και από τις εναποθέσεις, που δημιουργούνται από την οξειδωση του μετάλλου του αυλού.

Από το αντίθετο μέρος του αυλού, στο εσωτερικό του δηλαδή τοίχωμα, αντιστοιχούν προς το στρώμα της αιθάλης οι καθαλατώσεις. Αυτές είναι αποτέλεσμα των κατακαθίσεων των ορυκτών ουσιών που υπάρχουν σε διάλυση στο τροφοδοτικό νερό κατά τη διάρκεια της ατμοποίησης του. Οι καθαλατώσεις εμποδίζουν επίσης τη μετάδοση της θερμότητας από το τοίχωμα του αυλού προς το νερό, με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδόσεως του λέβητα και την πιθανή υπερθέρμανση και διάρρηξη ακόμη του αυλού.

Παρόμοιος τώρα τύπος ακίνητου στρώματος, όπως το στρώμα των ακινήτων καυσαερίων, υπάρχει και προς την επιφάνεια του αυλού που βρέχεται από το νερό. Το στρώμα αυτό δεν επηρεάζει το βαθμό μεταδόσεως της θερμότητας τόσο πολύ, όσο το αντίστοιχο στρώμα των καυσαερίων, γιατί το νερό έχει μεγαλύτερη ικανότητα μεταβίβασης της θερμότητας από εκείνη των καυσαερίων.

Το τοίχωμα του αυλού διαχωρίζει τους χώρους καυσαερίων και νερού του λέβητα. Το πάχος των αυλών πρέπει να είναι τόσο, ώστε αυτοί να αντέχουν στην πίεση του λέβητα, όταν ο λέβητας βρίσκεται σε λειτουργία, δηλαδή κάτω από την επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών της εστίας. Η πρόδος στη μεταλλουργία και στην κατασκευή των αυλών είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή αυλών με πάχος της τάξεως των 2,5 mm ή 0,1 του δακτύλου.

Τα λεπτά τοιχώματα των αυλών εκτός από το ότι ελαττώνουν το βάρος του αυλού παρέχουν και καλύτερη μετάδοση της θερμότητας και χαμηλότερη θερμοκρασία του μετάλλου του αυλού, στοιχεία που αυξάνουν την απόδοση του λέβητα και μειώνουν την πιθανότητα υποχωρήσεως του μετάλλου.

Παρόλο που το πάχος της μεμβράνης του ρευστού είναι μικρό, σε σύγκριση με το πάχος του αυλού, αυτή παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη αντίσταση στη μετάδοση της θερμότητας από τον ίδιο τον αυλό. Συνήθως η αντίσταση αυτή είναι 900 φορές μεγαλύτερη από την αντίσταση που παρουσιάζει το υλικό του αυλού. Οι αντίστοιχες αντιστάσεις της αιθάλης και των καθαλατώσεων κυμαίνονται σ' ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των δύο παραπάνω ορίων.

Η πορεία της θερμότητας από τα θερμά καυσαέρια προς το νερό πραγματοποιείται όπως παριστάνεται γραφικά στο σχήμα 11.33δ.

Αν υποθέσουμε ότι η θερμοκρασία καυσαερίων είναι 815°C και η θερμοκρασία νερού 100°C παρατηρούμε τα ακόλουθα:

α) Τα καυσαέρια περνούν κοντά στην επιφάνεια του αυλού που θερμαίνεται και δημιουργούν στροβιλιζόμενα ρεύματα. Η θερμότητα μεταδίδεται από την περιοχή των ρευμάτων με αγωγή και εσωτερική μεταφορά μεταξύ των μορίων.

β) Η θερμότητα μεταδίδεται διαμέσου της μεμβράνης των καυσαερίων, κυρίως με αγωγή και μεταφορά.

γ) Η μετάδοση της θερμότητας διαμέσου της αιθάλης του μετάλλου του αυλού και του στρώματος των καθαλατώσεων πραγματοποιείται με αγωγή.

δ) Η θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή και μεταφορά διαμέσου του ακίνητου στρώματος του νερού.

ε) Η θερμότητα μεταδίδεται με μεταφορά και αγωγή διαμέσου του στροβιλιζόμενου νερού προς το νερό που διατρέχει τον αυλό.

Η θερμότητα που απομένει στα καυσαέρια, μετά τη δίοδό τους από τις τελευταίες σειρές των ατμογόνων αυλών, χάνεται στην ατμόσφαιρα.

11.34 Συμπεράσματα από τη θεωρία της μεταδόσεως της θερμότητας στο λέβητα.

Η αύξηση της μεταδόσεως της θερμότητας στους λέβητες αποτελεί το βασικό παράγοντα, από τον οποίο εξαρτάται η **απόδοση της θερμαινόμενης επιφάνειας** του και από αυτήν και η **ολική απόδοση του λέβητα**. Είναι επομένως απαραίτητο να ελαττωθούν στο ελάχιστο οι θερμικές αντιστάσεις που αναφέραμε προηγουμένως.

Αυτό μπορεί να γίνει, αν διατηρούνται καθαρές οι θερμαινόμενες επιφάνειες και απομακρύνονται η αιθάλη και οι καθαλατώσεις. Γι' αυτό πρέπει να εκτελείται σε κανονικά χρονικά διαστήματα ο **εκκαπνισμός**, για την απομάκρυνση της αιθάλης και ο **εσωτερικός καθαρισμός**, για την απομάκρυνση των καθαλατώσεων.

Ακόμη η **καλή καύση** συμβάλλει στη μείωση του σχηματιζόμενου στρώματος

αιθάλης, και η χρήση αποσταγμένου νερού στη μείωση του στρώματος καθαλατώσεων.

Η χρήση τέλος καταλλήλων υλικών χημικής επεξεργασίας του νερού επιτυγχάνει την ελάττωση του σχηματισμού καθαλατώσεων στο ελάχιστο.

Το πάχος της μεμβράνης ακινήτων καυσαερίων και νερού αντίστοιχα πρέπει να ελαττωθεί στο ελάχιστο και αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση της ταχύτητας κυκλοφορίας και των καυσαερίων και του νερού του λέβητα.

Για την επίτευξη αύξησης της ταχύτητας των καυσαερίων εφαρμόστηκε η ροή τους διαμέσου του θερμομαντήρα σε περισσότερες από μία διαδρομές (multi - pass) με τη βοήθεια καταλλήλων διαφραγμάτων και σύγχρονης χρήσεως **τεχνητού ελκυσμού ή καύσεως υπό πίεση**.

Η αύξηση εξάλλου της ταχύτητας των καυσαερίων σε υπερχητικά επίπεδα έχει σαν αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό από 5 ως 10 φορές της με ακτινοβολία μεταδόσεως της θερμότητας από τα ίδια τα καυσαέρια προς τη θερμαινόμενη επιφάνεια.

Η παράλληλη αύξηση της ταχύτητας κυκλοφορίας του νερού πραγματοποιήθηκε με κατάλληλη τοποθέτηση των αυλών έτσι, ώστε να πλησιάζουν αυτοί την κατόρυφη, και με εφαρμογή της τεχνητής ή αναγκαστικής κυκλοφορίας.

Η θερμαινόμενη επίσης επιφάνεια πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απορρόφηση της θερμότητας. Για το σκοπό αυτό οι διάφοροι κατασκευαστές επιδιώκουν να παρεμβάλλουν τη θερμαινόμενη επιφάνεια στην πορεία των καυσαερίων έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη κάθε φορά διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αερίων και νερού και κατά συνέπεια εντονότερη και η ροή της θερμότητας.

Για τον περιορισμό των απωλειών της θερμότητας, που απάγεται από τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα, χρησιμοποιούνται οι συσκευές ανακτήσεώς της. Αυτές είναι οι **υπερθερμαντήρες** και οι **αναθερμαντήρες** ατμού, οι **οικονομητήρες** νερού και οι **προθερμαντήρες** αέρα.

Η μέγιστη απόδοση επιτυγχάνεται όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων που εξέρχονται στην ατμόσφαιρα είναι η ίδια με τη θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται στην εστία του λέβητα. Στη θερμοκρασία αυτή τα καυσαέρια περιέχουν την ελάχιστη ποσότητα θερμότητας και επομένως η απώλεια θερμότητας είναι η ελάχιστη δυνατή.

Η παραπάνω όμως περίπτωση δύσκολα επιτυγχάνεται στην πράξη, απαιτεί εξαιρετικά μεγάλο αριθμό αυλών, οικονομητήρων και υπάρχει περιορισμός από το «σημείο δρόσου» των υδρατμών των καυσαερίων (βλ. παράγρ. 11.28). Αυτοί, όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, υγροποιούνται, όταν η θερμοκρασία τους πέφτει μέχρι το σημείο συμπυκνώσεως. Η συμπύκνωση αυτή όμως θα προκαλούσε οξείδωση στον οικονομητήρα και την καπνοδόχο. Η υγρασία επίσης μπορεί με το διοξείδιο του θείου των καυσαερίων να προκαλέσει έντονες διαβρώσεις στον οικονομητήρα και προθερμαντήρα αέρα.

Για τα παραπάνω μία λογική απώλεια θερμότητας είναι αναπόφευκτη και επομένως παραδεκτή, ώστε και το μέγεθος του οικονομητήρα και του προθερμαντήρα αέρα να παραμένουν μέσα σε ικανοποιητικά όρια, αλλά και η πιθανότητα διαβρώσεων στον οικονομητήρα, προθερμαντήρα αέρα και καπνοδόχο, μειώνεται ταυτόχρονα στο ελάχιστο.

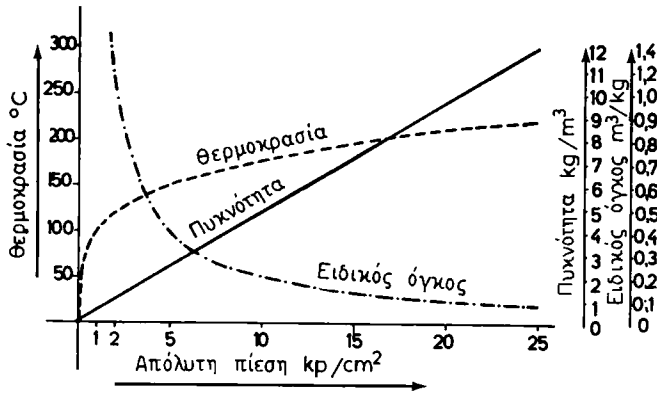
11.35 Καμπύλες ατμοπαραγωγής.

Συνέπεια της μεταδόσεως της θερμότητας στο λέβητα είναι η ατμοπαραγωγή.

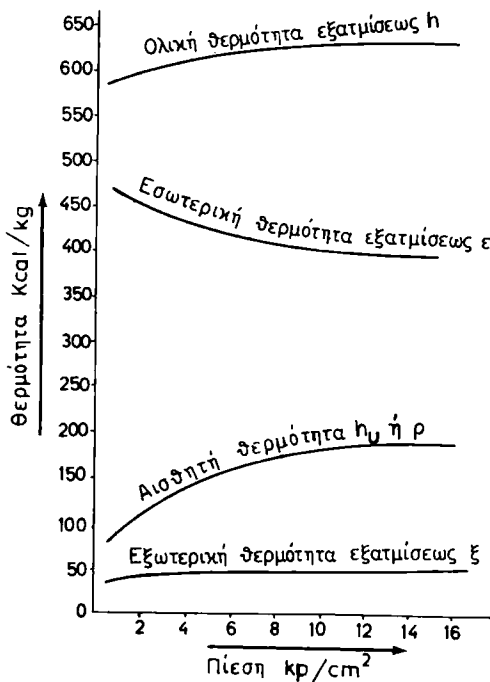
Αυτή εξετάζεται λεπτομερειακά στη Θερμοδυναμική όπου δίνονται και όλα τα στοιχεία του ατμού. Τα στοιχεία αυτά αναγράφονται στους λεγόμενους πίνακες ατμού σε μετρικό, διεθνές (SI), ή σε αγγλικό σύστημα μονάδων.

Παρόμοια με τη χρήση των πινάκων είναι και η χρήση των καμπυλών ατμοπαραγωγής όπως αυτή του σχήματος 11.35α όπου σε συνάρτηση με την πίεση εικονίζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας, της πυκνότητας και του ειδικού όγκου.

Ανάλογες είναι οι καμπύλες του σχήματος 11.35β, όπου σε συνάρτηση με την πίεση εμφανίζεται η μεταβολή της αισθητής θερμότητας ή ενθαλπίας του νερού h_u



Σχ. 11.35α.



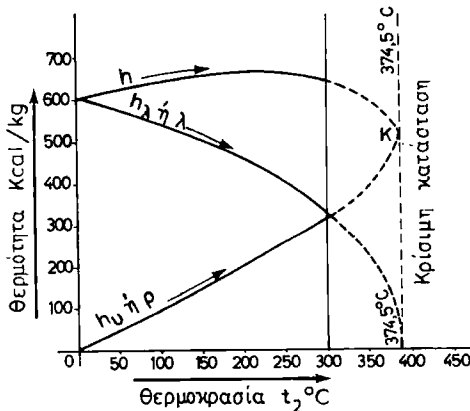
Σχ. 11.35β.

ή ρ της εσωτερικής ϵ , της εξωτερικής λανθάνουσας ξ και της ολικής θερμότητας ατμοποίησης ή ολικής ενθαλπίας h του ατμού.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι το άθροισμα της ενθαλπίας του νερού και της εσωτερικής θερμότητας ατμοποίησης ϵ παριστάνει την εσωτερική ενέργεια του ατμού, ενώ η εξωτερική θερμότητα ατμοποίησης ξ το εξωτερικό έργο. Τέλος ότι το άθροισμα $\epsilon + \xi$ δίνει την ενθαλπία ατμού ή λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης.

Στο σχήμα τέλος 11.35γ δίνονται οι καμπύλες των h_u ή ρ , h_λ ή λ , δηλαδή της λανθάνουσας θερμότητας εξατμίσεως και ολικής h σε kcal/kg σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του ατμού t_2 σε °C. Παρατηρείται σ' αυτό ότι όταν αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η αισθητή θερμότητα και ελαττώνεται η λανθάνουσα ενώ η ολική, που διατηρείται περίπου σταθερή μέχρι ένα σημείο, ελαττώνεται και αυτή μετά. Τέλος από την περιοχή των 300°C και μετά η μορφή των καμπυλών γίνεται σχετικά ασαφής, γι' αυτό και παριστάνεται με εστιγμένες γραμμές. Οι καμπύλες αισθητής και ολικής συναντώνται στο σημείο K, το οποίο αντιστοιχεί προς τη θερμοκρασία των 374,5°C (και σε πίεση απόλυτη 225 ατμοσφαιρών, όπως βρίσκουμε από τους πίνακες), ενώ η λανθάνουσα θερμότητα αντίστοιχα μηδενίζεται.

Το σημείο αυτό ονομάζεται **κρίσιμο** σημείο του ατμού, και η αντίστοιχη θερμοκρασία και πίεση ονομάζονται επίσης κρίσιμη θερμοκρασία 374,5°C και κρίσιμη



Σχ. 11.35γ.

πίεση 225 ατμ. ή 221,2 bar για το σύστημα SI (στο αγγλικό σύστημα αντίστοιχα 706°F και 3307 psi).

Στο σημείο αυτό δηλαδή και δεδομένου ότι δεν υπάρχει λανθάνουσα θερμότητα αντιλαμβανόμαστε ότι το νερό μετατρέπεται κατευθείαν σε ατμό, χωρίς να μεσολαβήσει στο μεταξύ βρασμός.

Το φαινόμενο αυτό εκμεταλλεύθηκαν οι κατασκευαστές λεβήτων κρίσιμης και υπερκρίσιμης πίεσεως όπως είδαμε στο κεφάλαιο 6.

Ανάλογες με τις παρακάτω καμπύλες χαράσσονται σε μονάδες του συστήματος SI, δηλαδή για την πίεση σε bar, τη θερμοκρασία σε °K, τη θερμότητα σε kJ/kg, ενώ η πυκνότητα και ο ειδικός όγκος παραμένουν σε kg/m³ και m³/kg. Η μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο είναι εύκολη αν ληφθεί υπόψη ότι:

1 bar	= 1,02 kp/cm ²	για την πίεση
°K	= °C + 273	για τη θερμοκρασία
και 1 kcal/kg	= 4,186 kJ/kg	για τη θερμότητα

11.36 Έλεγχος ικανοποιητικής ατμοποίησης του λέβητα.

Ο έλεγχος αυτός γίνεται με τη λεγόμενη δοκιμή ατμοποίησης.

Η δοκιμή ατμοποίησης θεωρείται η σπουδαιότερη από όλες τις δοκιμές και απσκοπεύει στην παρακολούθηση της καλής λειτουργίας του λέβητα, τη μέτρηση της ατμοπαραγωγικής ικανότητάς του, της καταναλώσεως και της αποδόσεώς του.

Η ατμοπαραγωγική ικανότητα και η απόδοση ενδιαφέρουν τους καινούργιους λέβητες για τη σύγκριση προς άλλους όμοιου ή διαφορετικού τύπου ή τον ίδιο το λέβητα για την εξακρίβωση της πώσεώς του από την αρχική απόδοσή του ή την εξαγωγή συμπερασμάτων για το καταλληλότερο καύσιμο.

Για τη δοκιμή ο λέβητας πρέπει να είναι σε κατάσταση άρτιας συντηρήσεως και λειτουργίας.

Η δοκιμή μπορεί να εκτελεσθεί στην ξηρά, στο εργοστάσιο ή μετά την τοποθέτηση του λέβητα πάνω στο πλοίο. Κατά την εκτέλεσή της τηρούνται και καταγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- **Τύπος** και **διαστάσεις λέβητα** και των **βοηθητικών συσκευών** του ανακτήσεως της θερμότητας.
- **Τύπος** και **διαστάσεις εγκαταστάσεως καύσεως, είδος του καυσίμου. Χημική σύνθεσή του.**
- Μέγεθος της **θερμαινόμενης επιφάνειας** (Θ) και κατανομή της στα διάφορα μέρη του λέβητα.
- Μέγεθος **όγκου θαλάμου καύσεως** V_K (ή **επιφάνειας σχάρας** E). Σχέση Θ: V_K ή Θ:E.
- Μέγεθος **επιφάνειας υπερθερμαντήρα, προθερμαντήρων** και σχέση τους προς τη θερμαινόμενη επιφάνεια.
- **Όγκος υδροθάλαμου, ατμοθάλαμου**, σχέση αυτών μεταξύ τους.
- **Βάρος του λέβητα**. Σχέση του προς τη θερμαινόμενη επιφάνεια.
- **Είδος ελκυσμού.**

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής σημειώνονται καταρχήν ο **χρόνος** ενάρξεως και πέρατός της. Καταγράφονται επίσης απαραίτητα τα διάφορα λειτουργικά δεδομένα του λέβητα, δηλαδή **η ακριβής στάθμη** του νερού, η **πίεση** και η **θερμοκρασία** του ατμού και τα **στοιχεία της καύσεως**. Όλα τα παραπάνω πρέπει στο τέλος της δοκιμής να είναι τα ίδια όπως και κατά την έναρξή της.

Επίσης παίρνονται αρχικές μετρήσεις του νερού και του **καυσίμου** σε κανονικά χρονικά διαστήματα στη διάρκεια της δοκιμής και στο τέλος της.

Η δοκιμή διαρκεί για πετρελαιολέβητες 10 ως 12 ώρες, για γαιανθρακολέβητες δε 24 ώρες αντίστοιχα.

Εκτός από τα παραπάνω τηρούνται ή υπολογίζονται και τα παρακάτω:

- Ο **χρόνος διάρκειας** της δοκιμής.
- Το **καύσιμο (Κ) που καταναλώθηκε.**
- Τό **ποσοστό τέφρας** καυσίμου. Αφού η τέφρα αναλυθεί, προσδιορίζεται το **ποσοστό των ακαύστων υλικών**, τα οποία παρέμειναν σ' αυτή.
- Η **χημική σύνθεση των καυσαερίων** (με χημική ανάλυσή τους) η **περίσσεια** αέρα και οι διάφορες **απώλειες.**
- Η **πίεση ελκυσμού.**
- Το **τροφοδοτικό νερό (Α) που ατμοποιήθηκε** λαμβάνοντας υπόψη και την ποσότητα λόγω διαφοράς στάθμης στο λέβητα στην αρχή και στο τέλος της δοκιμής. Λαμβάνεται επίσης απαραίτητα η **θερμοκρασία προθερμάνσεώς του.**

- Τα **στοιχεία του ατμού** με τη **σχετική του υγρασία**, και η **θερμοκρασία** του σε περίπτωση υπέρθερμου.

Με τα στοιχεία αυτά πραγματοποιείται η εύρεση της πρακτικής εξατμιστικής ικανότητας E_{π} από τον τύπο:

$$E_{\pi} = \frac{A}{K}$$

- Του βαθμού καύσεως β από τον τύπο:

$$\beta = \frac{K}{\Theta} \quad (\text{ή} \quad \frac{K}{E} \text{ για γαιανθρακολέβητα})$$

- Του βαθμού ατμοπαραγωγής R από τον τύπο:

$$R = \frac{A}{\Theta}$$

Προϋποτίθεται ότι για την εύρεση του βαθμού ατμοπαραγωγής τα στοιχεία A και K θα διαιρεθούν προηγουμένως με τον αριθμό ωρών της διάρκειας της δοκιμής.

Με τα παραπάνω στοιχεία είναι δυνατή η σύγκριση του λέβητα με άλλον όμοιου τύπου. Ειδικά με την πρακτική εξατμιστική ικανότητα E_{π} σχηματίζεται εικόνα της παρούσης καταστάσεώς του προς την αρχική του. Προϋπόθεση αποτελεί το γεγονός ότι και κατά την αρχική δοκιμή οι συνθήκες λειτουργίας ήταν οι ίδιες και το καύσιμο ήταν των ιδίων προδιαγραφών.

Μετά τα παραπάνω επακολουθεί ο **θερμικός ισολογισμός** του λέβητα κατά τον οποίο χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα στοιχεία:

H_k κατώτερη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου,

t_1 η θερμοκρασία προθερμάνσεως του τροφοδοτικού νερού,

t_2 η θερμοκρασία του κεκορεσμένου ατμού η οποία αντιστοιχεί στην πίεσή του,

t_u η θερμοκρασία υπερθερμάνσεως του ατμού,

h η ολική θερμότητα ατμοποίησης,

c_p η ειδική θερμότητα του υπέρθερμου ατμού, περίπου $0,48 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ ή $2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$.

Ο θερμικός ισολογισμός καταστρώνεται στη συνέχεια όπως παρακάτω:

1) Θερμαντική ικανότητα καυσίμου = 100%.

2) Θερμότητα που χρησιμοποιήθηκε.

$$\alpha) \text{ Για ατμοπαραγωγή} = A (h - t_1) \frac{100}{H_k} = \dots \%$$

$$\beta) \text{ Για υπερθέρμανση} = A \cdot c_p (t_u - t_2) \frac{100}{H_k} = \dots \%$$

$$\gamma) \text{ Σύνολο} A \cdot \frac{(h - t_1) + c_p (t_u - t_2)}{H_k} \cdot 100 = \dots \%$$

Υπολογίζεται έτσι η θερμότητα που χρησιμοποιήθηκε συνολικά σε εκατοστιαίο

ποσοστό επί της θερμαντικής ικανότητας του καυσίμου και παριστάνει τότε αυτή και το βαθμό αποδόσεως του λέβητα η_λ .

Αν δηλαδή υπολογισθεί με τους παραπάνω τύπους συνολικά η θερμότητα που χρησιμοποιήθηκε για ατμοπαραγωγή και υπερθέρμανση σε ποσοστό έστω 75% της θερμαντικής ικανότητας του καυσίμου αυτό προσδιορίζει αμέσως ότι ο βαθμός αποδόσεως του λέβητα είναι $\eta_\lambda = 75\%$. Αυτό σημαίνει ότι οι αντίστοιχες απώλειες του λέβητα κατά τη λειτουργία του θα είναι ίσες με $100\% - 75\% = 25\%$ επί της θερμαντικής ικανότητας του καυσίμου.

Συμπληρωματικός έλεγχος των παραπάνω υπολογισμών γίνεται τελικά με ιδιαίτερο υπολογισμό ή καταμέτρηση των παραπάνω απωλειών, οι οποίες και πρέπει να συμφωνούν με τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την προηγούμενη μέθοδο. Έτσι στην περίπτωση του παραδείγματος που προαναφέρθηκε οι απώλειες θα πρέπει να ανέρχονται σε 25% επί της θερμαντικής ικανότητας του καυσίμου. Αυτό άλλωστε αποτελεί κατά κάποιο τρόπο και τον έλεγχο της ορθότητας του θερμικού ισολογισμού.

11.37 Απώλειες και απόδοση του λέβητα.

11.37.1 Οι απώλειες του λέβητα.

Οι βασικές λειτουργίες στο λέβητα είναι, όπως είναι γνωστό, η παραγωγή της θερμότητας στην εστία και η μετάδοσή της στο νερό.

Από όλη την ποσότητα της θερμότητας, που παράγει στην εστία το καύσιμο, ένα μέρος μόνο από αυτή μεταδίδεται στο νερό ενώ το υπόλοιπο χάνεται και συνιστά τις απώλειες θερμότητας (L γενικά από το Αγγλικό Losses).

Οι απώλειες της θερμότητας στο λέβητα είναι οι εξής:

α) Η απώλεια λόγω **ατελούς καύσεως** του καυσίμου στην εστία (L_c). Με αυτή εννοούμε τις θερμίδες, που χάνονται εξαιτίας του ότι το καύσιμο μέσα στην εστία δεν καίγεται τελείως και τα καυσαέρια βγαίνουν προς την ατμόσφαιρα ενώ περιέχουν ακόμα καύσιμα συστατικά, όπως π.χ. το μονοξειδίο του άνθρακα (CO).

β) Η απώλεια λόγω σχηματισμού αιθάλης στα τοιχώματα της εστίας (L_s), η οποία, όπως είναι γνωστό, αποτελείται από καύσιμα ακόμα μόρια άνθρακα.

γ) Η απώλεια λόγω **καυσαερίων** της καπνοδόχου (L_g). Με αυτή πάλι εννοούμε τις θερμίδες, που χάνονται απαγόμενες από τα καυσαέρια. Αυτά, όπως είναι γνωστό, προέρχονται από αέρα, ο οποίος εισήλθε στην εστία σχεδόν ψυχρός και ο οποίος μετά την καύση μαζί με τα άλλα αεριώδη προϊόντα της εξέρχεται προς την ατμόσφαιρα με την πολύ υψηλότερη θερμοκρασία των $200^\circ - 350^\circ C$ περίπου. Η απώλεια αυτή είναι και η περισσότερο σημαντική για το λέβητα.

δ) Η απώλεια λόγω **ακτινοβολίας** του λέβητα προς το περιβάλλον (L_r).

Οι δύο πρώτες απώλειες ονομάζονται **απώλειες της εστίας** (L_f), ενώ οι δύο τελευταίες **απώλειες της θερμαινόμενης επιφάνειας** (L_h), ώστε να έχουμε ότι:

$$L_f = L_c + L_s$$

και
$$L_h = L_g + L_r$$

Οι συνολικές λοιπόν απώλειες του λέβητα L θα είναι:

$$L = L_f + L_h$$

$$\text{και } L = L_c + L_s + L_g + L_r$$

Οι απώλειες αυτές υπολογίζονται με κατάλληλους χημικούς τύπους από δεδομένα της πείρας, κυμαίνονται για συνήθεις λέβητες (εκφρασμένες σε εκατοστιαία ποσοστά επί της θερμαντικής ικανότητας του καυσίμου) στα παρακάτω όρια:

$$L_c = 2 - 2,5\%$$

$$L_s = 1 - 2\%$$

$$L_g = 12 - 14\%$$

$$L_r = 3 - 6\%$$

11.37.2 Η απόδοση του λέβητα.

Βαθμός αποδόσεως ή και απλώς **απόδοση** του λέβητα ονομάζεται το πηλίκο του ποσού της θερμότητας, που μεταδίδεται στο νερό, διά του ποσού της θερμότητας, που παράγει το καύσιμο μέσα στην εστία.

Έτσι αν ονομάσομε H_k το ποσό της θερμότητας, που παράγεται από καύση 1 kg καυσίμου, το οποίο ονομάζεται και **κατώτερη θερμαντική ικανότητα** του καυσίμου, και L το μέρος της θερμότητας, που κατ' αναλογία προς το 1 kg καυσίμου χάνεται λόγω των απωλειών, που αναφέρθηκαν, βρίσκομε ότι το ποσό της θερμότητας που μεταδόθηκε στο νερό θα είναι ίσο με $H_k - L$.

Διαιρώντας τώρα το $H_k - L$ με το αρχικό ποσό H_k θα έχουμε τη λεγόμενη **απόδοση** ή **βαθμό αποδόσεως** του λέβητα η_λ , όπως παρακάτω:

$$\eta_\lambda = \frac{H_k - L}{H_k}$$

Ο βαθμός αυτός εξάγεται σε ποσοστά επί τοις εκατό, π.χ. $\eta_\lambda = 73\%$, πράγμα που σημαίνει ότι από κάθε 100 θερμίδες που παράγονται από το καύσιμο, οι 73 εισέρχονται στο νερό, ενώ οι υπόλοιπες 27 χάνονται στις διάφορες απώλειες.

Ο βαθμός αποδόσεως είναι ένας αριθμός, ο οποίος εκφράζει την ποιότητα του λέβητα, προσδιορίζει δηλαδή αν αυτός εκμεταλλεύεται με ικανοποιητικό τρόπο τη θερμότητα που του δίνουμε ή όχι.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αποδόσεως, τόσο καλύτερος είναι προφανώς ο λέβητας.

Οι συνηθισμένες τιμές του βαθμού αποδόσεως σε παλιότερους κυλινδρικούς και υδραυλωτούς λέβητες κυμαίνονται από 60% ως 75%. Σε νεότερους λέβητες εφοδιασμένους και με τις συσκευές ανακτήσεως της θερμότητας, καθώς επίσης και στις ατμογεννήτριες ύψιστης πίεσεως, ο βαθμός αυτός φθάνει σε υψηλά επίπεδα, 90% και μέχρι 94% μερικές φορές.

Πειραματικά η απόδοση του λέβητα προσδιορίζεται κατά τη δοκιμή ατμοποίησης, όπου προσδιορίζεται και η εξατμιστική ικανότητα του καυσίμου E_π από τον τύπο (6) της παραγράφου 11.16:

$$E_\pi = \frac{H_k \cdot \eta_\lambda}{(h - h_u)} \quad (1)$$

απ' όπου προκύπτει ότι:

$$\eta_{\lambda} = \frac{E_{\pi} (h - h_u)}{H_k} \quad (2)$$

όπου, όπως είναι γνωστό:

E_{π} είναι η πρακτική εξατμιστική ικανότητα, h το θερμικό περιεχόμενο του ατμού, t_1 η θερμοκρασία του τροφοδοτικού νερού και H_k η κατώτερη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου.

Και δεδομένου ότι από τον τύπο (7) της παραγράφου 11.16 η E_{π} είναι ίση με:

$$E_{\pi} = \frac{A}{K}$$

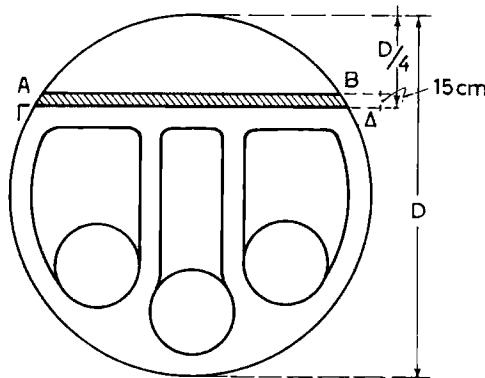
όπου A η ωριαία ατμοπαραγωγή του λέβητα και K η αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμου, θα έχουμε ότι ο βαθμός αποδόσεως μπορεί να εκφρασθεί όπως προκύπτει από τα δεδομένα της δοκιμής ατμοποίησης με βάση τους τύπους (5) και (6) της παραγράφου 11.16 ως:

$$\eta_{\lambda} = \frac{A(h - t_1)}{K \cdot H_k} \quad (\text{στο μετρικό σύστημα}) \quad (3)$$

$$\text{ή} \quad \eta_{\lambda} = \frac{A}{K} \frac{(h - h_u)}{H_k} \quad (\text{στο σύστημα SI}) \quad (4)$$

Εφαρμογή.

Ένας κυλινδρικός λέβητας με επιστρέφουσα φλόγα (σχ. 11.37) έχει διάμετρο $D = 4,8$ m, μήκος $l = 4,58$ m και έχει ωριαία κατανάλωση 450 kg πετρελαίου θερμαντικής ικανότητας $H_k = 41.500$ kJ/kg. Τροφοδοτείται με νερό θερμοκρασίας $t_1 = 60^{\circ}\text{C}$. Σε δοκιμή ατμοποίησης που έγινε, γέμισε με νερό μέχρι την ανώτατη στάθμη ΑΒ. Χωρίς τροφοδότηση μετά μισή ώρα η στάθμη κατέβηκε στην κανονική ΓΔ. Να βρεθεί η απόδοση του λέβητα όταν παράγει ατμό πίεσεως 12 bar.



Σχ. 11.37.

Δοκιμή ατμοποίησης σε κυλινδρικό λέβητα με επιστρέφουσα φλόγα.

Λύση.

Στον κυλινδρικό λέβητα η κανονική στάθμη νερού βρίσκεται στο 1/4 της διαμέτρου από πάνω, οπότε εύκολα υπολογίζεται με τις μεθόδους της γεωμετρίας η χορδή ΓΔ ίση με:

$$\Gamma\Delta = 4,27 \text{ m περίπου}$$

Από τα δεδομένα του κυλινδρικού λέβητα γνωρίζουμε ότι η διαφορά l μεταξύ ανώτατης και κανονικής στάθμης είναι ίση με 15 cm περίπου. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ο όγκος του νερού που εξατμί-

στηκε στη μισή ώρα ή 30' (παραλείποντας την καμπυλότητα των τόξων ΑΓ και ΒΔ) θα είναι ίσος με:

$$ΑΓ \times ΓΔ \times l$$

$$\text{ή} \quad 0,15 \text{ m} \times 4,27 \text{ m} \times 4,58 \text{ m} = 2,93 \text{ m}^3$$

Άρα η ωριαία ατμοπαραγωγή του θα είναι:

$$A = 2,93 \frac{60'}{30'} = 5,86 \text{ m}^3$$

Από τους πίνακες νερού-ατμού της θερμοδυναμικής βρίσκουμε:

α) Ότι ο ειδικός όγκος v_u του νερού σε πίεση 12 bar είναι $v_u = 0,00113 \text{ m}^3/\text{kg}$, ώστε η ωριαία ατμοπαραγωγή A να προκύπτει ίση με:

$$A = 5,86 : 0,00113 = 5186 \text{ kg}$$

β) Ότι σε πίεση 12 bar αντιστοιχεί ολική ενθαλπία ατμού $h = 2783 \text{ kJ/kg}$ και ενθαλπία νερού των 60°C ίση με $h_u = 251 \text{ kJ/kg}$.

Έτσι έχουμε όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για να βρούμε το βαθμό αποδόσεως του λέβητα η_λ , με τον τύπο (4) της παραγράφου 11.37.2.

$$\eta_\lambda = \frac{A \cdot (h - h_u)}{K \cdot H_\kappa}$$

$$\text{Δηλαδή:} \quad \eta_\lambda = \frac{5186 (2783 - 251)}{450 \times 41.500}$$

$$\text{και} \quad \eta_\lambda = 0,703$$

$$\text{ή} \quad \eta_\lambda = 70,3\% \text{ περίπου}$$

Αν τώρα έχουμε δεδομένο από τον κατασκευαστή του λέβητα το βαθμό αποδόσεώς του, έστω $\eta_\lambda = 74\%$, τότε συμπεραίνουμε ότι ο λέβητας έχει αυξημένες απώλειες και πρέπει να ερευνησουμε και να βρούμε πού οφείλονται αυτές, ώστε να τις ελαττώσουμε και να επαναφέρουμε το βαθμό αποδόσεως του λέβητα όσο το δυνατό πλησιέστερα στον αρχικό του κατασκευαστή.

11.38 Μέσα αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως.

Ευνόητο είναι ότι για να αυξήσουμε το βαθμό αποδόσεως του λέβητα, πρέπει να προσπαθήσουμε να ελαττώσουμε τις απώλειές του. Αυτό επιτυγχάνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

α) Επιδιώκεται η τέλεια καύση και παρακολουθείται η χημική ανάλυση των καυσαερίων με τη συσκευή του Orsat. Ελέγχεται η ποιότητα της καύσεως, με παρακολούθηση των ενδείξεων CO_2 .

β) Ελαττώνεται η απώλεια ακτινοβολίας με τη **θερμική μόνωση** των λεβήτων και τη χρήση των **υδροτοιχωμάτων**.

γ) Χρησιμοποιούνται **προθερμαντήρες αέρα, οικονομητήρες υπερθερμαντήρες, αναθερμαντήρες του ατμού με τα καυσαέρια**, ώστε να γίνεται επωφελής εκμετάλλευση όσο το δυνατό μεγαλύτερου ποσού θερμότητας, από αυτή που περιέχουν τα καυσαέρια πριν βγουν στην ατμόσφαιρα.

δ) Αυξάνεται η **ταχύτητα κυκλοφορίας του νερού** και η ταχύτητα των καυσαερίων με τη μέθοδο της τεχνητής κυκλοφορίας, του τεχνητού ελκυσμού και της καύσεως υπό πίεση έτσι, ώστε να διευκολύνεται η μετάδοση της θερμότητας προς το νερό και επομένως να αυξάνεται ανάλογα ο βαθμός αποδόσεως του λέβητα.

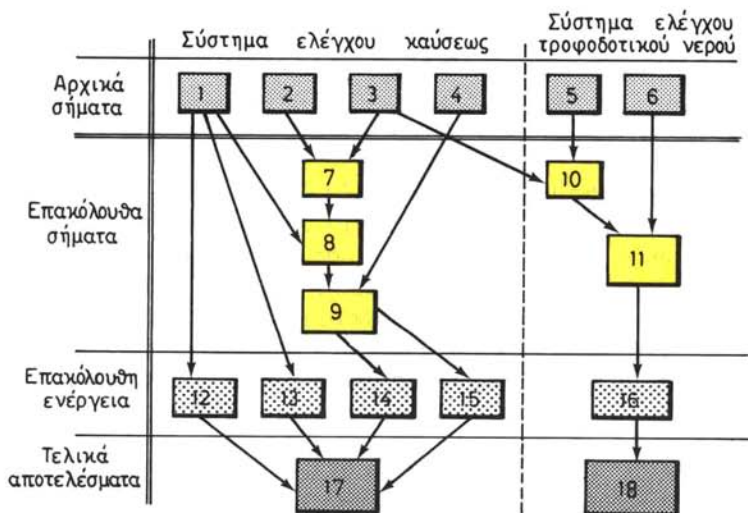
11.39 Η αυτόματη λειτουργία των λεβήτων.

Η αυτόματη λειτουργία των λεβήτων εντάσσεται μέσα στο γενικότερο πλαίσιο του αυτόματου ελέγχου της όλης ατμομηχανικής εγκαταστάσεως και εφαρμόζεται κατά κανόνα σε όλα τα σύγχρονα πλοία.

Το «αυτόματο σύστημα καύσεως», όπως αλλιώς λέγεται, ενεργοποιεί και συντονίζει τρεις παράγοντες.

- Την τροφοδότηση του νερού, ώστε να διατηρείται σταθερή η στάθμη σε συνάρτηση προς τις απαιτήσεις της μηχανής σε ατμό.
- Την παροχή του πετρελαίου.
- Την παροχή καυσιγόνου αέρα.

Υπάρχουν πέντε αρχικά σήματα που βεβαίως συνεχώς μεταβάλλονται στο σύστημα ελέγχου καύσεως: πίεσεως ατμού, ροής παροχής πετρελαίου, ροής επιστροφής πετρελαίου, ροής καυσιγόνου αέρα και ροής ατμού. Καθεμιά από τις μεταβλητές αυτές μετρείται. Μεταδότες δε αναπτύσσουν φορτωτικές πιέσεις, οι οποίες ανταποκρίνονται στις μετρηθείσες τιμές των μεταβλητών. (Τα δύο σήματα ροής πετρελαίου συνδυάζονται σε ένα διαφορικό ρελαί ροής πετρελαίου και επομένως μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα αυτό έχει μόνο τέσσερα βασικά σήματα αντί για πέντε) (σχ. 11.39α).



Σχ. 11.39α.

Ροή σημάτων σε σύστημα ελέγχου αυτόματης καύσεως και τροφοδοτήσεως Bailey.

Η αλληλοεπίδραση των σημάτων φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 11.39β.

Όταν υπάρχει ένα σταθερό φορτίο στο λέβητα, η πίεση ατμού του κύριου ατμωγού είναι σταθερή. Μεταδότες πίεσεως ατμού (1) (σχ. 11.39γ) μετρούν την πίεση ατμού στις εξόδους του υπερθερμαντήρα στον καθένα από τους δύο λέβητες. Οι μεταδότες πίεσεως ατμού τότε, δημιουργούν σήματα εξερχόμενης φορτωτικής πίεσεως, τα οποία είναι ανάλογα με την πίεση που μετρήθηκε.

Το σήμα εξερχόμενης φορτωτικής πίεσεως από τον καθένα χωριστά μεταδότη

πίεσεως ατμού ασκείται πάνω στο επιλογικό ρελαί (2) (σχ. 11.39γ). Το επιλογικό ρελαί συλλέγει και μεταδίδει το **μεγαλύτερο** από τα δύο σήματα στο ρελαί ζητήσεως ατμού (8) (σχ. 11.39γ). Το ρελαί αυτό είναι έτσι ρυθμισμένο, ώστε η εξερχόμενη από αυτό πίεση να παραμένει σταθερή, όταν η πίεση ατμού είναι σταθερή.

Ενώ αυτά γίνονται, η ροή ατμού κύριου ατμαγωγού από τον κάθε λέβητα μετρείται από μεταδότες ροής ατμού (34).

Οι μεταδότες ροής ατμού μετρούν την πτώση πίεσεως μέσω μιας περιοριστικής διατάξεως στο σωλήνα ατμού και εξάγουν την τετραγωνική ρίζα αυτής της πτώσεως πίεσεως.

Η εξερχόμενη φορτωτική πίεση από τους μεταδότες ροής ατμού είναι ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα της πτώσεως πίεσεως ή αλλιώς ανάλογη με το βαθμό ροής. Η φορτωτική πίεση από τον καθένα ξεχωριστά μεταδότη ροής ατμού ασκείται πάνω στο επιλογικό ρελαί ατμού (36). Το επιλογικό ρελαί τότε μεταδίδει τη μεγαλύτερη από τις δύο φορτωτικές πιέσεις στο ρελαί της ζητήσεως ατμού (8).

Το εξερχόμενο σήμα ζητήσεως ατμού από το ρελαί ζητήσεως ατμού (8) περνάει από την κύρια βαλβίδα επιλογής του λέβητα (12). Η κύρια βαλβίδα επιλογής του λέβητα επιδρά πάνω στο σήμα (μόνο για να επιφέρει σ' αυτό μία προς τα πάνω ή κάτω απόκλιση)* κατά τη διάρκεια της αυτόματης λειτουργίας. Μετά τη δίοδο μέσω της κύριας βαλβίδας επιλογής** του λέβητα η εξερχόμενη φορτωτική πίεση από το ρελαί ζητήσεως ατμού ασκείται πάνω στον επανορθωτή*** καυσιγόνου αέρα (11) και πάνω στο οριακό ρελαί πετρελαίου (28). Ενα σήμα ροής καυσιγόνου αέρα που μεταδόθηκε από το ρελαί περισσειας αέρα (23) που ρυθμίζεται από απόσταση, όπου το σήμα ρυθμίζεται σε περίπτωση ανάγκης περισσειας αέρα. Στη συνέχεια το σήμα ροής αέρα ασκείται πάνω στον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα (11).

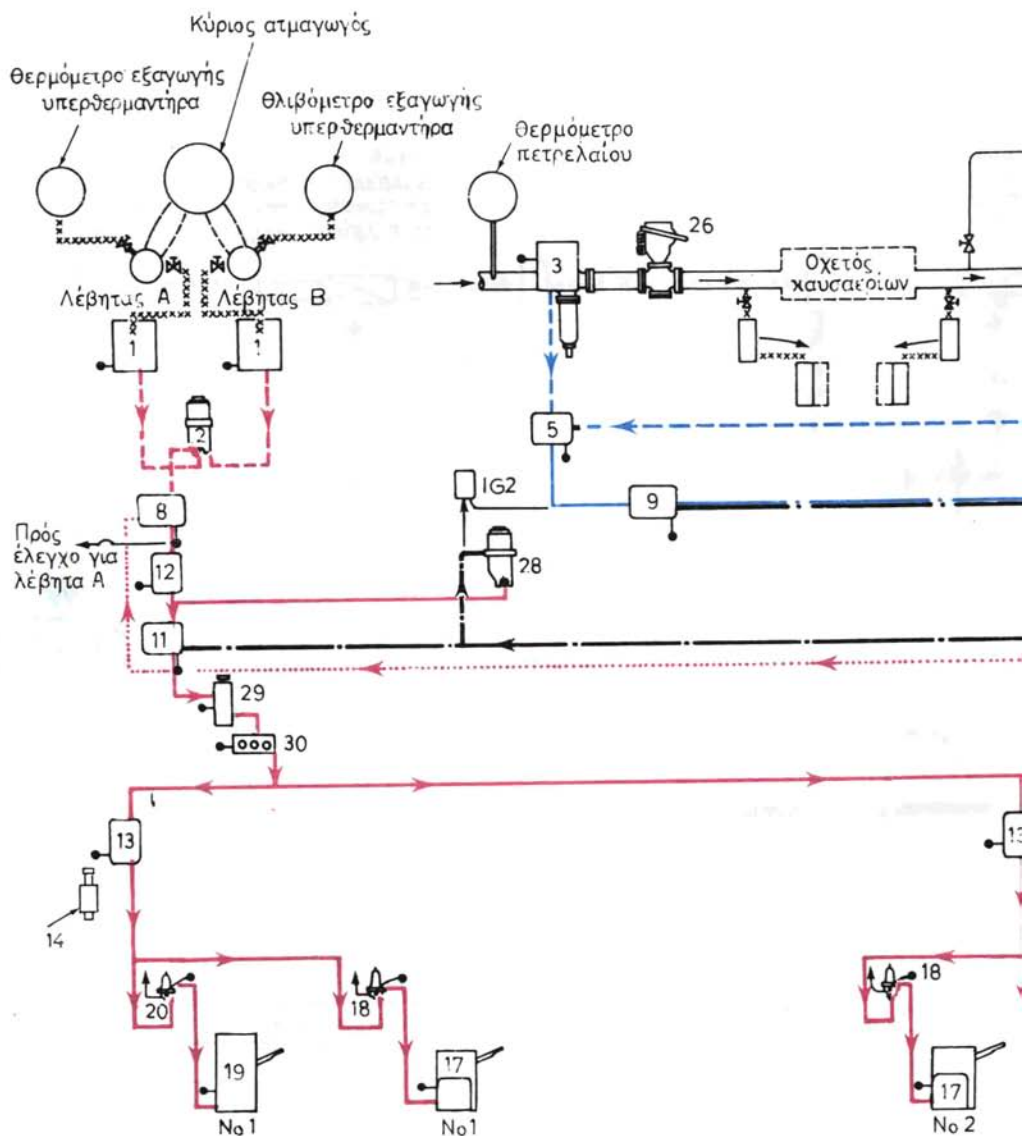
Με σταθερά φορτία λέβητα, το σήμα καυσιγόνου αέρα από τον επανορθωτή είναι σταθερό. Ο καυσιγόνος αέρας παρέχεται στην εστία στις απαιτούμενες ποσότητες, για να διατηρήσει την πίεση ατμού στον κύριο ατμαγωγό στην ορισθείσα τιμή. Για κάθε ένα λέβητα το σήμα ζητήσεως καυσιγόνου αέρα από το (11) ασκείται, μέσω ενός ρελαί αποκλίσεως (29) και ενός ρελαί επιταχύνσεως (30), στις δύο βαλβίδες επιλογής ανεμιστήρων τεχνητού ελκυσμού (13).

Το ρελαί αποκλίσεως ενεργεί για να διατηρήσει το μικρότερο σήμα ζητήσεως

* Απόκλιση ονομάζεται η αύξηση ή η ελάττωση φορτωτικής πίεσεως σύμφωνα με την τιμή που καθορίστηκε. Αυτή επιτυγχάνεται με το χειρισμό ενός ρελαί αποκλίσεως, το οποίο είναι ενσωματωμένο σε μία βαλβίδα επιλογής.

** Βαλβίδα επιλογής είναι το όργανο επιλογής αυτόματου ή χειροκίνητου ελέγχου των μονάδων (συσκευών οργάνων κλπ.).

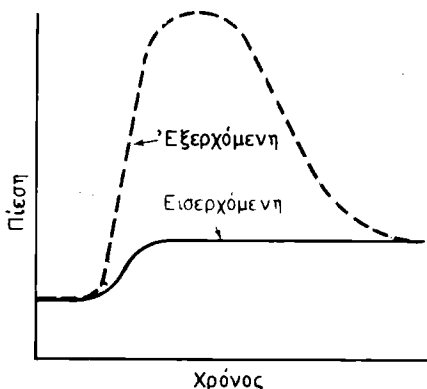
*** Επανορθωτής ή επανορθωτής αναλογιών είναι ρελαί αναλογιών ειδικού τύπου. Ο επανορθωτής έχει αναλογική δράση ή δράση επανατάξεως. Μερικές μονάδες αέρα είναι εφωδιασμένες με στραγγαλιστικές βαλβίδες επανατάξεως, που ελέγχουν σε ποιο βαθμό αλλάζει η εξερχόμενη πίεση, για να ανταποκριθεί στα εισερχόμενα σήματα που αλλάζουν. Μονάδες εφωδιασμένες με βαλβίδα αυτού του είδους λέγεται ότι διαθέτουν **ενέργεια επανατάξεως**. Το τελικό αποτέλεσμα της ενέργειας επανατάξεως συνίσταται στη διατήρηση μιας συνεχούς σχέσεως μεταξύ της τιμής της μετρηθείσας μεταβλητής (πίεσεως, ατμού, ροής πετρελαίου κλπ.) και της ταχύτητας κινήσεως των μονάδων, οι οποίες τελικά ελέγχουν τη μετρηθείσα μεταβλητή.



Λεπτομερές διάγραμμα σ

- 1) Μεταδότης πίεσεως εξαγωγής υπερθερμαντήρα. 2) Επιλογικό ρελαί. 3) Μεταδότης ροής παροχής πετρελαίου. 4) Μεταδότης ροής επιστροφής πετρελαίου. 5) Διαφορικό ρελαί ροής πετρελαίου. 6) Μεταδότης ροής αέρα. 7) Θάλαμος αναμίξεως. 8) Ρελαί ζήτησεως ατμού. 9) Επανορθωτής (standatrol) ροής πετρελαίου-ροής αέρα. 10) Προς ρελαί λέβητα Α. 11) Επανορθωτής καυσιγόνου αέρα. 12) Κύρια βαλβίδα επιλογής λέβητα. 13) Βαλβίδα επιλογής No 1 και No 2 ανεμιστήρα. 14) Ωστικό κομβίο αέρα. 15) Ωστικό κομβίο αέρα. 16) Βαλβίδα επιλογής πετρελαίου. 17) Επενεργητής ταχύτητας ανεμιστήρα No 1 και No 2. 18) Βαλβίδα αεροπαγίδα 3-θέσεων. 19) Επενεργητής διαφράγματος No 1 και No 2 ανεμιστήρα. 20) Βαλβίδα αεροπαγίδα 3-θέσεων. 21) Βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου. 22) Βαλβίδα αεροπαγίδα 3-θέσεων. 23) Εξ αποστάσεως ρυθμιστικό ρελαί περίσσειας αέρα. 24)

ροής σε μία τιμή σύμφωνη με τη μικρότερη ταχύτητα ανεμιστήρα και τη θέση διαφράγματος. Το ρελαί επιταχύνσεως ενεργεί σε συνδυασμό με το ρελαί αποκλίσεως, για την επιτάχυνση του εισαγωγικού σήματος ζήτησεως ατμού, για τη δημιουργία μιας μεγαλοποιημένης φορτωτικής πίεσεως. Το μεγαλοποιημένο σήμα του ρελαί επιταχύνσεως επανέρχεται βραδέως στο κανονικό με την ενέργεια μιας βαλβίδας διαφυγής, που βρίσκεται μέσα στο ρελαί επιταχύνσεως (σχ. 11.39δ).



Σχ. 11.39δ.
Ενέργεια ρελαί επιταχύνσεως.

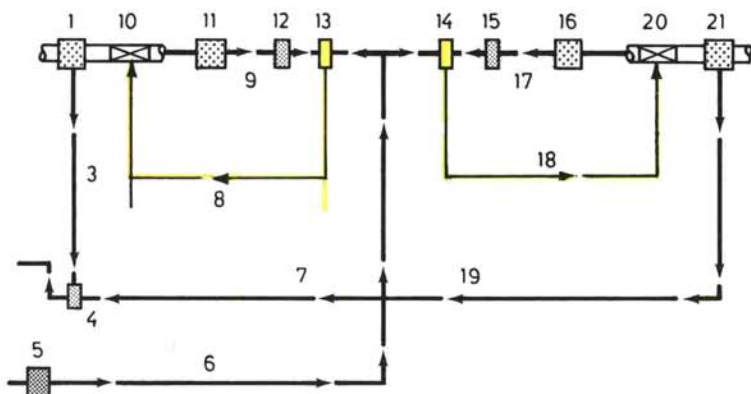
Κάθε βαλβίδα επιλογής ανεμιστήρα (13) μεταδίδει ένα σήμα με πεπιεσμένο αέρα μέσω βαλβίδων 3 θέσεων παγιδεύσεως αέρα (18 και 20) στον επενεργητή ταχύτητας ανεμιστήρα (17) και στον επενεργητή του διαφράγματος του ανεμιστήρα (19). Πρέπει να σημειωθεί ότι το μεταδοθέν από τη βαλβίδα επιλογής σήμα είναι **πίεση ελέγχου** παρά φορτωτική πίεση, εφόσον κατευθύνεται σε έναν επενεργητή και όχι σε ένα παρεμβαλλόμενο ρελαί. Η πίεση ελέγχου προκαλεί το συντονισμό του επενεργητή ταχύτητας ανεμιστήρα και του επενεργητή διαφράγματος (αερόφρακτου), σύμφωνα με τη ζήτηση καυσιγόνου αέρα.

Η εξαγωγή από το μεταδότη ροής αέρα (6) ασκείται επίσης πάνω στο οριακό ρελαί* πετρελαίου (28). Η εξαγωγή του οριακού ρελαί πετρελαίου, που αντιπροσωπεύει ζήτηση ατμού κάτω από σταθερές συνθήκες λέβητα, ασκείται πάνω στον επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα (9). Στον επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα το σήμα από το οριακό ρελαί πετρελαίου (28) ισορροπείται μέσω σήματος, που αντιπροσωπεύει την ποσότητα του πετρελαίου που καταναλώθηκε. Το σήμα αυτό «πετρέλαιο που καταναλώθηκε» έρχεται στον επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα (9) από το διαφορικό ρελαί ροής πετρελαίου (5). Το εξερχόμενο σήμα του επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα (9) ασκείται πάνω στη βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου (21), που βρίσκεται πάνω στο σωλήνα επιστροφής

* Το οριακό ρελαί είναι όργανο που μεταδίδει μία πίεση ίση με τη χαμηλότερη από δύο εισαγωγικές πιέσεις. Μία από τις δύο πιέσεις που παίρνονται είναι φορτωτική πίεση ενώ η άλλη πίεση παροχής. Αν η εισερχόμενη φορτωτική πίεση είναι μικρότερη από την εισερχόμενη πίεση παροχής, το οριακό ρελαί μεταδίδει μία εξερχόμενη πίεση που είναι ανάλογη με την εισερχόμενη φορτωτική πίεση που παίρνει. Αν όμως η εισερχόμενη φορτωτική πίεση στο οριακό ρελαί είναι υψηλότερη από την εισερχόμενη πίεση παροχής, η εξερχόμενη πίεση του οριακού ρελαί θα είναι ίση με την εισερχόμενη πίεση παροχής και όχι με τη φορτωτική πίεση. Δηλαδή, η εξερχόμενη πίεση του οριακού ρελαί «περιορίζεται» στο μέγεθος της εισερχόμενης πίεσεως παροχής. Η εξερχόμενη πίεση μπορεί να είναι μικρότερη από την εισερχόμενη πίεση παροχής, αλλά δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να είναι μεγαλύτερη.

πετρελαίου από τους καυστήρες. Η πίεση αυτή από τον επανορθωτή (9) ρυθμίζει τη βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου κατά τρόπο, ώστε το απαιτούμενο ποσό πετρελαίου καίόμενο να διατηρήσει την ορισθείσα πίεση ατμού στον κύριο ατμαγωγό. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πετρέλαιο που καταναλώθηκε ελέγχεται με αυξομείωση της επιστρεφόμενης ποσότητας πετρελαίου.

Η πίεση πετρελαίου στο σωλήνα τροφοδοτήσεως των καυστήρων είναι σταθερή. Όσα αναφέραμε παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στα σχήματα 11.39ε και 11.39στ.



Σχ. 11.39ε.

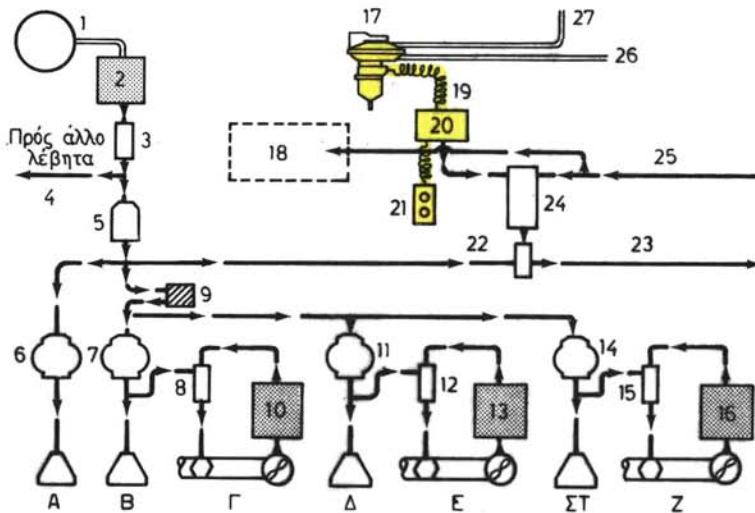
1) Μετάδοση μετρήσεως ροής πετρελαίου. 2) Σήμα ροής πετρελαίου. 3) Σήμα ροής παροχής πετρελαίου. 4) Διαφορικό ρελαί. 5) Βαλβίδα επιλογής πετρελαίου. 6) Συνδυασμένο σήμα που αντιπροσωπεύει πίεση ατμού, ροή καυσιγόνου αέρα και ροή πετρελαίου. 7) Προς βαλβίδα ρυθμιστικής αντλίας πετρελαίου. 8) Τελικό σήμα παροχής πετρελαίου. 9) Σήμα πίεσεως παροχής πετρελαίου. 10) Βαλβίδα παροχής πετρελαίου. 11) Μεταδότης πίεσεως παροχής πετρελαίου. 12) Ρελαί αναλογιών. 13) και 14) Επανορθωτής αναλογιών. 15) Ρελαί. 16) Μεταδότης πίεσεως επιστροφής πετρελαίου. 17) Σήμα πίεσεως επιστροφής πετρελαίου. 18) Τελικό σήμα ελέγχου επιστροφής πετρελαίου. 19) Σήμα ροής επιστροφής πετρελαίου. 20) Βαλβίδα επιστροφής πετρελαίου. 21) Μεταδότης μετρήσεως ροής επιστρεφόμενου πετρελαίου.

Μέχρι το σημείο αυτό μελετήθηκε η λειτουργία του συστήματος ελέγχου καύσεως, όταν η ζήτηση ατμού (ροή ατμού από το λέβητα) παραμένει σταθερή. Παραπέρα θα εξετάσουμε την περίπτωση αύξησεως της ζήτησεως του ατμού. Χάρη απλοποιήσεως οι αλλαγές που επαναλαμβάνονται αναφέρονται με αριθμολογημένη σειρά. Όμως ορισμένες αλλαγές μπορεί να συμβούν ταυτόχρονα με άλλες.

1) Αύξηση στη ροή ατμού· επομένως ο μεταδότης ροής ατμού (34) αποστέλλει αυξημένο σήμα ροής ατμού στο ρελαί ζήτησεως ατμού (8).

2) Πτώση πίεσεως ατμού κάτω από την καθορισθείσα· επομένως επέρχεται μείωση στα σήματα πίεσεως ατμού από τους μεταδότες πίεσεως ατμού (1).

3) Το ρελαί ζήτησεως ατμού (8) είναι συνδεδεμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε αυξημένο σήμα από το μεταδότη ροής ατμού και ένα μειωμένο σήμα από το μεταδότη πίεσεως ατμού να καταλήγουν σε μία αυξημένη εξερχόμενη φορτωτική πίεση από το (8). Η αυξημένη εξερχόμενη φορτωτική πίεση από το ρελαί ζήτησεως ατμού (8) κατευθύνεται στον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα (11) και στο οριακό ρελαί πετρελαίου (28).



Σχ. 11.39στ.

1) Συνδυασμένος κύριος σμαγωγός των δύο λέβητων. 2) Μεταδότης πίεσεως ατμού. 3) Επανορθωτής αναλογιών. 4) Σύστημα ελέγχου. 5) Κύρια βαλβίδα επιλογής λέβητα. 6) και 7) Βαλβίδα επιλογής. 8) Επανορθωτής αναλογιών. 9) Ρελαί ταχύτητας. 10) Μεταδότης πίεσεως λαδιού λιπάνσεως ανεμιστήρα. 11) Βαλβίδα επιλογής. 12) Επανορθωτής αναλογιών. 13) Μεταδότης πίεσεως λαδιού λιπάνσεως ανεμιστήρα. 14) Βαλβίδα επιλογής. 15) Επανορθωτής αναλογιών. 16) Μεταδότης πίεσεως λαδιού λιπάνσεως ανεμιστήρα. 17) Διαφορικός μεταδότης πίεσεως καυσαερίων. 18) Σήμα ροής πετρελαίου σε σύστημα ελέγχου τροφοδοτικού νερού. 19) Ηλεκτρικό σήμα. 20) Δείκτης μεταδόσεως. 21) Ρυθμιστικός διακόπτης περισσεύσεως αέρα. 22) Ρελαί αναλογιών. 23) Συνδυασμένο σήμα που αντιπροσωπεύει πίεση αέρα, ροή καυσιγόνου αέρα και ροή πετρελαίου. Α) Επενεργητής διαφράγματος Νο 2 Ανεμιστήρα. Β) Επενεργητής διαφράγματος. Γ) Επενεργητής ταχύτητας Νο 1 Ανεμιστήρα. Δ) Επενεργητής διαφράγματος. Ε) Επενεργητής ταχύτητας Νο 2 Ανεμιστήρα. ΣΤ) Επενεργητής ταχύτητας Νο 3 Ανεμιστήρα.

4) Η αυξημένη φορτωτική πίεση από το (8) στον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα (11) προκαλεί αύξηση στην εξερχόμενη φορτωτική πίεση από τον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα. Το τελικό αποτέλεσμα της αυξήσεως αυτής είναι η αύξηση της πίεσεως ελέγχου των επενεργητών διαφραγμάτων ανεμιστήρων και επενεργητών ταχύτητας ανεμιστήρων. Δηλαδή η ταχύτητα των ανεμιστήρων αυξάνει και τα διαφράγματα ανοίγουν περισσότερο. Στην πραγματικότητα στην περίοδο αυτή που το ανισόρροπο μόλις αρχίζει να διορθώνεται, η ταχύτητα των ανεμιστήρων αυξάνει τόσο, ώστε να επιτρέπει έναν προσωρινό βαθμό μεγαλύτερης καύσεως για γρήγορη αποκατάσταση της πίεσεως ατμού στο κανονικό.

5) Κατά την επιτάχυνση των ανεμιστήρων αυξάνει επίσης το σήμα ροής αέρα που μετρήθηκε από το μεταδότη ροής αέρα (6) προς τον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα (11) και το οριακό ρελαί πετρελαίου (28).

6) Στο οριακό ρελαί πετρελαίου το σήμα ζητήσεως ατμού κρατείται σε μία τιμή που ανταποκρίνεται στην τιμή του σήματος ροής αέρα που μετρήθηκε. Και αν ακόμη το σήμα ζητήσεως ατμού από το ρελαί ζητήσεως ατμού (8) είναι μεγαλύτερο

από το σήμα ροής αέρα που μετρήθηκε από το μεταδότη ροής αέρα (6), η εξαγωγή του οριακού ρελαί πετρελαίου (28) δεν θα μπορεί να υπερβαίνει το σήμα ροής αέρα κατά την περίοδο της αυξήσεως του βαθμού καύσεως.

7) Το εξερχόμενο σήμα του οριακού ρελαί πετρελαίου (28) ασκείται πάνω στον επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα (9). Το σήμα ζητήσεως πετρελαίου, δηλαδή η εξαγωγή από τον επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα αρχίζει να αυξάνει, και έτσι κλείνει η βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου και ανοίγει η παροχή πετρελαίου στους καυστήρες. Εφόσον ο βαθμός αυξήσεως ροής πετρελαίου προκαλείται από τη ζήτηση ατμού, αλλά περιορίζεται από τη ροή αέρα που μετρήθηκε, το σύστημα τροφοδοτεί με τέτοια ποσότητα πετρελαίου τους καυστήρες, ώστε το ποσό του καυσιγόνου αέρα να επαρκεί πάντοτε.

8) Καθώς η πίεση ατμού στον κύριο ατμαγωγό υψώνεται στην κανονική, υψώνεται επίσης η τιμή του σήματος μεταδόσεως πίεσεως ατμού. Το αυξημένο σήμα από το μεταδότη πίεσεως ατμού αντιστρέφεται στο ρελαί ζητήσεως ατμού (8) και με αυτό τον τρόπο η πίεση ατμού στην πραγματικότητα καταλήγει σε μειωμένες πιέσεις ελέγχου πετρελαίου. Όταν το σήμα ροής αέρα που μετρήθηκε από το μεταδότη ροής αέρα (6) φθάσει σε μία τιμή, η οποία θα επαναφέρει τον επανορθωτή καυσιγόνου αέρα (11) σε ισορροπία, η εξερχόμενη πίεση του (11) σταθεροποιείται σε μία τιμή, η οποία θα διατηρήσει αυτή τη ροή αέρα. Η εξερχόμενη πίεση του επανορθωτή ροής πετρελαίου - ροής αέρα (9) σταθεροποιείται κατά παρόμοιο τρόπο, για να διατηρήσει τον ίδιο βαθμό ροής πετρελαίου στους καυστήρες. Στο χρόνο αυτό η πίεση ατμού του κύριου ατμαγωγού έχει επανέλθει στην ορισθείσα και η ροή αέρα και πετρελαίου ρυθμίζεται με τρόπο που επιτρέπει τη διατήρηση της πίεσεως αυτής κάτω από τις νέες (και υψηλότερες) συνθήκες ζητήσεως ατμού.

Όταν υπάρχει μείωση στη ζήτηση ατμού, το σύστημα λειτουργεί προς επιβράδυνση των ανεμιστήρων του τεχνητού ελκυσμού, κλείνοντας μερικώς τα διαφράγματα των ανεμιστήρων και ανοίγοντας τη βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου, μειώνοντας έτσι την παροχή πετρελαίου στους καυστήρες.

Ύστερα από την εξέταση του τρόπου λειτουργίας του συστήματος, όταν η ζήτηση ατμού είναι σταθερή και όταν η ζήτηση ατμού αυξάνει, μπορεί να αντιληφθούμε εύκολα τα σήματα και τα γεγονότα, όταν η ζήτηση ατμού μειώνεται.

Ενώ το σύστημα ελέγχου αυτόματης καύσεως λειτουργεί για να ελέγχει τον αέρα καύσεως και το πετρέλαιο, το σύστημα ελέγχου τροφοδοτικού νερού λειτουργεί για να ελέγχει το νερό που καταναλώνεται από το λέβητα.

Υπάρχουν τρία βασικά στοιχεία στο σύστημα ελέγχου τροφοδοτικού νερού: ροή ατμού, ροή τροφοδοτικού νερού και στάθμη ατμούδροθάλαμου. Ο μεταδότης ροής τροφοδοτικού νερού (31) και ο μεταδότης ροής ατμού (34) ενεργούν μαζί, για να δώσουν αναλογικό έλεγχο, δηλαδή να δώσουν μία ροή τροφοδοτικού νερού που να είναι ανάλογη με τη ροή του ατμού. Ο μεταδότης ενδείξεως στάθμης υδροθάλαμου (38) δίνει ένα δευτερεύον σήμα, το οποίο συνεχώς ρυθμίζει τη θέση της βαλβίδας ροής ελέγχου τροφοδοτικού νερού (43), για να διατηρήσει την επιθυμητή στάθμη νερού στον ατμούδροθάλαμο του λέβητα.

Ο μεταδότης ροής τροφοδοτικού νερού (31) αναπτύσσει ένα σήμα, που είναι ανάλογο με τη ροή του τροφοδοτικού νερού. Το σήμα αυτό ασκείται μέσω ενός θαλάμου (32) πάνω στο διαφορικό ρελαί ροής ατμού - ροής νερού (40). Η άλλη εισαγωγή του ρελαί (40) είναι η εξερχόμενη πίεση από το μεταδότη ροής ατμού

(34). Η εξερχόμενη πίεση από το (34) ασκείται μέσω ενός παρεμβαλλόμενου αντισταθμιστικού ρελαί (10). Κάτω από συνθήκες σταθερής ζητήσεως ατμού το εξερχόμενο σήμα του αντισταθμιστικού ρελαί (10) είναι όμοιο ακριβώς με το εξερχόμενο σήμα του μεταδότη ροής ατμού (34). Όταν όμως υπάρχει αλλαγή στην αίτηση ατμού, το εξερχόμενο σήμα του (10) δεν είναι το ίδιο με το εξερχόμενο σήμα του μεταδότη ροής ατμού (34).

Η εξαγωγή του διαφορικού ρελαί ροής ατμού - ροής νερού (40) ασκείται πάνω στον επανορθωτή (standatrol) τροφοδοτικού νερού (41), όπου και ισορροπεί με σήμα από το μεταδότη ενδείξεως στάθμης νερού υδροθάλαμου (38). Όταν οι δύο εισαγωγές στον επανορθωτή τροφοδοτικού νερού (41) βρίσκονται στις τιμές του σημείου ρυθμίσεώς τους, μεταδίδεται από τον επανορθωτή μία σταθερή εξερχόμενη πίεση με τη βαλβίδα επιλογής τροφοδοτικού νερού (42) στη βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτικού νερού (43). Ένα ρυθμιστικό ελατήριο πάνω στον επανορθωτή τροφοδοτικού νερού (41) διατηρεί τη στάθμη νερού του ατμοθάλαμου στο ρυθμισμένο ύψος.

Όταν η ζήτηση σε ατμό αυξάνει, υπάρχει μια αναλογική αύξηση στην εξερχόμενη φορτωτική πίεση του μεταδότη ροής ατμού (34), η οποία μεταδίδεται στο παρεμβαλλόμενο αντισταθμιστικό ρελαί (10). Στο αντισταθμιστικό ρελαί, το εισερχόμενο σήμα που αντιπροσωπεύει μια αύξηση στη ροή ατμού, γίνεται εξερχόμενο σήμα, το οποίο αντιπροσωπεύει μείωση στη ροή ατμού. Το εξερχόμενο αυτό σήμα, από το αντισταθμιστικό ρελαί (10) ασκείται πάνω στο διαφορικό ρελαί ροής ατμού - ροής νερού (40), το οποίο επίσης δέχεται ένα εισερχόμενο σήμα από το μεταδότη ροής τροφοδοτικού νερού (31). Η διαφορά στα δύο σώματα, που τοποθετήθηκαν μέσα στο διαφορικό ρελαί (40), προκαλεί μία μειωμένη εξερχόμενη πίεση προς μετάδοση από το διαφορικό ρελαί στον επανορθωτή τροφοδοτικού νερού (41). Επομένως ο επανορθωτής τροφοδοτικού νερού στέλνει ένα μειωμένο σήμα διά μέσου της βαλβίδας επιλογής τροφοδοτικού νερού (42) στη βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού το οποίο προκαλεί την απαρχή του κλεισίματος της βαλβίδας.

Η ζήτηση ατμού έχει αυξηθεί, αλλά η βαλβίδα ελέγχου ροής νερού κλείνει. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι ανάγκη να αντισταθμίσει τη στιγμιαία αύξηση του όγκου του νερού, η οποία επέρχεται, όταν ο βαθμός καύσεως αυξάνεται. Κατά τη διόγκωση του νερού, το σήμα από το μεταδότη ενδείξεως στάθμης νερού του υδροθάλαμου (38) αυξάνει. Εξαιτίας αυτού, η εξερχόμενη πίεση του επανορθωτή τροφοδοτικού νερού (41) αρχίζει να μειώνεται ακόμη γρηγορότερα περιορίζοντας παραπέρα τη ροή του τροφοδοτικού νερού στο λέβητα με τη βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτικού νερού (43).

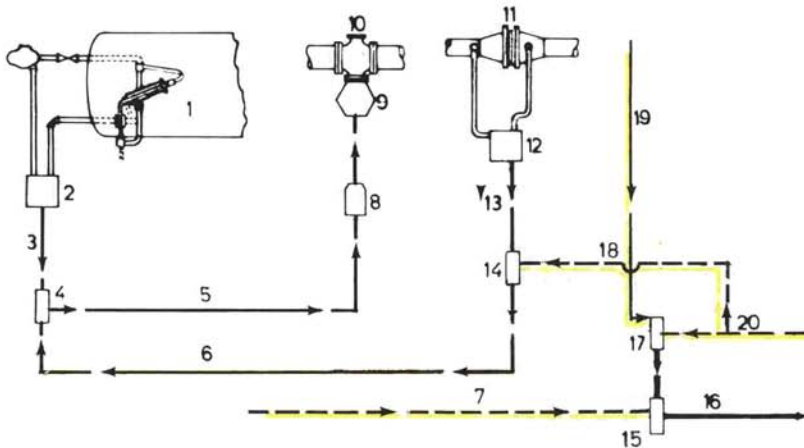
Με τη ροή τροφοδοτικού νερού μειωμένη, δημιουργείται μία ανάλογη πτώση στην πίεση από το μεταδότη ροής τροφοδοτικού νερού. Τα αποτελέσματα της πτώσεως της πίεσεως αυτής γίνονται βραδέως αισθητά εξαιτίας της περιοριστικής ενέργειας της εξαεριστικής βαλβίδας πάνω στο θάλαμο αναμίξεως (32).

Όταν αρχίζει η πτώση της στάθμης του νερού του ατμοθάλαμου, δημιουργείται μια αναλογική μείωση στην πίεση με πεπιεσμένο αέρα από το μεταδότη ενδείξεως στάθμης του νερού του υδροθάλαμου (38). Ταυτόχρονα η εξαεριστική βαλβίδα του θαλάμου αναμίξεως (37) μειώνει το μεταξύ του μεταδότη ροής ατμού και του

αντισταθμιστικού ρελαί (10) σώμα και αυξάνει την πίεση σ' έναν άλλο θάλαμο του αντισταθμιστικού ρελαί. Το αποτέλεσμα της ενέργειας της εξεριστικής αυτής βαλβίδας είναι η ισορρόπηση των εισαγωγών προς τους δύο θαλάμους του αντισταθμιστικού ρελαί σε τρόπο, ώστε η εξερχόμενη πίεση του αντισταθμιστικού ρελαί να είναι τώρα ίση με την πίεση ατμού που παίρνεται από το μεταδότη ροής. Δηλαδή η αναστροφική ενέργεια του αντισταθμιστικού ρελαί (10) σταμάτησε, και το αντισταθμιστικό ρελαί μεταδίδει ένα σήμα, το οποίο είναι ακριβώς το ίδιο με το νέο (και υψηλότερο) σήμα ροής ατμού που παίρνει.

Η φορτωτική πίεση που αυξήθηκε εξαιτίας του παρεμβαλλόμενου αντισταθμιστικού ρελαί (10), μαζί με τη φορτωτική πίεση που μειώθηκε από το μεταδότη ροής τροφοδοτικού νερού (31), αυξάνει την εξερχόμενη πίεση του διαφορικού ρελαί ροής ατμού - ροής νερού (40). Η αυξηθείσα εξερχόμενη πίεση του (40) αντιστρέφει την ενέργεια του επανορθωτή (standatrol) τροφοδοτικού νερού (41) και προκαλεί αύξηση στην εξαγωγή του, ανοίγοντας έτσι περισσότερο τη βαλβίδα ελέγχου τροφοδοτικού νερού και επιτρέποντας μεγαλύτερη ροή τροφοδοτικού νερού στο λέβητα.

Όταν η ροή τροφοδοτικού νερού είναι ίση με τη ροή ατμού, και όταν η στάθμη νερού ατμοθάλαμου έχει επανέλθει στο κανονικό ύψος, το σύστημα σταθεροποιείται και η εξαγωγή του επανορθωτή τροφοδοτικού νερού (40) παραμένει στην υψηλότερη τιμή, η οποία θα διατηρήσει το νέο και υψηλότερο βαθμό της ροής του τροφοδοτικού νερού. Ο έλεγχος του τροφοδοτικού νερού φαίνεται λεπτομερώς στο σχήμα 11.39ζ.



Σχ. 11.39ζ.

Έλεγχος τροφοδοτικού νερού.

1) Γεννήτρια ρυθμιστή τροφοδοτικού νερού. 2) Ενδείκτης-Μεταδότης στάθμης νερού. 3) Σήμα στάθμης νερού. 4) Επανορθωτής αναλογιών. 5) Τελικό σήμα ελέγχου τροφοδοτικού νερού που αντιπροσωπεύει στάθμη νερού, ροή τροφοδοτικού νερού και ροή πετρελαίου, ισότιμο μετρήσεως ροής ατμού. 6) Σήμα που αντιπροσωπεύει ροή τροφοδοτικού νερού και ροή πετρελαίου. 7) Σήμα πίεσεως ατμού από την κύρια βαλβίδα επιλογής λέβητα. 8) Βαλβίδα επιλογής τροφοδοτικού νερού. 9) Συντονιστής βαλβίδας. 10) Βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού. 11) Μηχανισμός μετρήσεως ροής τροφοδοτικού νερού. 12) Μεταδότης ροής τροφοδοτικού νερού. 13) Σήμα ροής τροφοδοτικού νερού. 14) και 15) Ρελαί αναλογιών. 16) Συνδυασμένο σήμα που αντιπροσωπεύει πίεση ατμού, ροή αέρα καύσεως και ροή πετρελαίου. 17) Επανορθωτής αναλογιών ελέγχου αναλογίας αέρα-πετρελαίου. 18) Σήμα ροής πετρελαίου. 19) Σήμα ροής αέρα καύσεως. 20) Σήμα ροής πετρελαίου.

Παρόμοια (αλλά βέβαια αντίστροφη) σειρά γεγονότων συμβαίνει, όταν υπάρχει μείωση στη ζήτηση ατμού. Το πρώτο αποτέλεσμα από τη μείωση της ζήτησεως του ατμού είναι μεγαλύτερο άνοιγμα της βαλβίδας ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού προς αντιστάθμιση της μειώσεως του όγκου νερού του λέβητα η οποία συμβαίνει όταν μειώνεται ο βαθμός καύσεως. Το τελικό αποτέλεσμα είναι σμίκρυνση του ανοίγματος της βαλβίδας ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού και μείωση ροής του τροφοδοτικού νερού προς το λέβητα.

Εκτός από τα παραπάνω προβλέπεται και σύστημα αυτόματης λειτουργίας των φυσητήρων αιθάλης, με τους οποίους επιτυγχάνεται ο εκκαπνισμός των λεβήτων.

Τα συστήματα ελέγχου χαρακτηρίζονται από το μέσο που ενεργοποιεί τον όλο μηχανισμό σε:

- Υδραυλικά.
- Ηλεκτροπνευματικά.
- Ηλεκτρονικά.
- Υδραυλικολογικά.

Λεπτομερής ανάπτυξη του αυτοματισμού των πλοίων γενικά γίνεται σε ιδιαίτερο βιβλίο των εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ

12.1 Γενικά.

Με τον όρο εγκαταστάσεις καύσεως εννοούμε το σύνολο των συσκευών, οργάνων και εργαλείων που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η καύση των γαιάνθρακων ή του πετρελαίου.

Παλιότερα ο γαϊάνθρακας καιγόταν πάνω σε κοινές σχάρες ή σε μηχανικού τύπου κυλιόμενες σχάρες ή σχάρες προώσεως ή κλιμακωτές, οι οποίες κινούνταν από ιδιαίτερο κινητήριο μηχανήμα. Στις τελευταίες χρησιμοποιούνταν και τυποποιημένο μέγεθος του γαϊάνθρακα.

Η χρήση του κονιοποιημένου γιάνθρακα βελτίωσε τις συνθήκες καύσεως των στερεών καυσίμων. Ο κονιοποιημένος γαϊάνθρακας εκτοξεύεται στην εστία με αέρα εμφυσήσεως από κατάλληλο καυστήρα και καίγεται όπως περίπου τό πετρέλαιο.

Σήμερα γίνονται προσπάθειες να χρησιμοποιηθεί ξανά ο γαϊάνθρακας στα πλοία με μηχανικές σχάρες ή ως κονιοποιημένος.

12.2 Εγκαταστάσεις καύσεως πετρελαίου.

12.2.1 Μέρη, μηχανήματα, εξαρτήματα της εγκαταστάσεως.

Μια τυπική εγκατάσταση καύσεως πετρελαίου περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές τα ακόλουθα:

- α) Τις **δεξαμενές αποθηκείσεως** (bunker) του πετρελαίου. Μέσα σ' αυτές τοποθετούνται θερμαντικά στοιχεία με ατμό για τη θέρμανση και εύκολη άντληση του πετρελαίου.
- β) Τις **δεξαμενές κατακαθίσεως** (settling tanks), στις οποίες με τη βοήθεια των αντλιών μεταγίσεως (booster pumps), μεταφέρεται το πετρέλαιο προς χρήση.
Αυτές κατά κανόνα είναι δύο, η καθεμιά από αυτές επαρκεί για την εξυπηρέτηση της εγκαταστάσεως για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 24 ώρες με συνθήκες πλήρους φόρτου. Μερικές φορές υπάρχουν και ιδιαίτερες δεξαμενές ημερήσιας χρήσεως (daily service tanks). Συνήθως το πετρέλαιο πριν εναποθηκευθεί στις δεξαμενές χρήσεως περνάει από καθαριστήρα.
- γ) Τις **αντλίες παροχής** του πετρελαίου προς τους καυστήρες, που μπορεί να είναι παλινδρομικές ατμοκίνητες, στροβιλοκίνητες ή ηλεκτροκίνητες αντλίες θειτικής εκποπίσεως.
- δ) **Μετρητή** του παρεχόμενου προς τους καυστήρες πετρελαίου.

- ε) **Προθερμαντήρες πετρελαίου.**
- στ) **Φίλτρα πετρελαίου** (ψυχρά και θερμά).
- ζ) **Θλιβόμετρα** ενδείξεως της πίεσεως του πετρελαίου.
- η) **Θερμόμετρα** ενδείξεως της θερμοκρασίας του.
- θ) **Καυστήρες** διασκορπισμού του πετρελαίου μέσα στην εστία.
- ι) **Κώνους αέρα.**
- ια) Τις αναγκαίες **σωληνώσεις, διακόπτες** κλπ.
- ιβ) **Ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού**, αν ως συνήθως, η καύση πραγματοποιείται με τεχνητό ελκυσμό.

Επιπλέον προβλέπεται διάταξη παραλαβής του πετρελαίου και διάταξη παροχής του έξω από την εγκατάσταση.

Επιβοηθητικά η εγκατάσταση πρέπει να έχει τη δυνατότητα πληρώσεως των κενών πετρελαιοδεξαμενών με θαλάσσιο νερό προς ερματισμό, αφαιρέσεως του έρματος πριν από την πετρέλευση, και επίσης τη δυνατότητα μεταφοράς πετρελαίου Diesel από τις αντίστοιχες δεξαμενές προς τις δεξαμενές χρήσεως σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

12.2.2 Δίκτυο του πετρελαίου. Όργανα και εξαρτήματα που ρυθμίζουν τη ροή του.

Στο σχήμα 12.2α φαίνεται απλό δίκτυο πετρελαίου χρήσεως μέσα στο λεβητοστάσιο με τα αναγκαία όργανα ρυθμίσεως και ελέγχου της ροής του μέχρι τους καυστήρες.

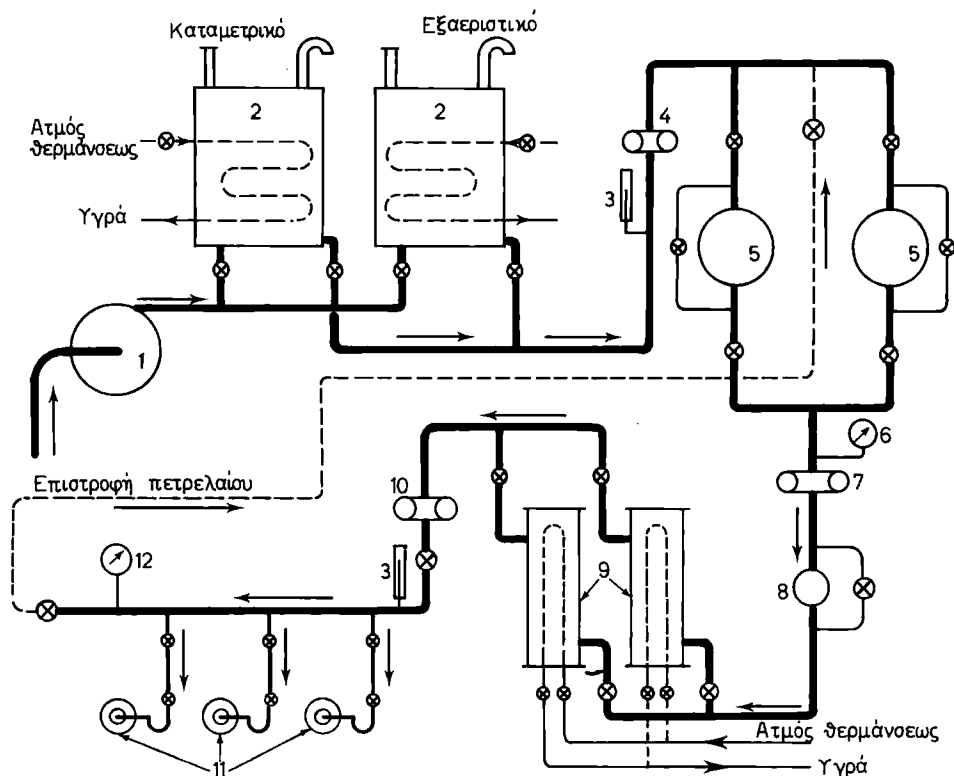
Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας το πετρέλαιο παρέχεται στο δίκτυο από μια από τις δεξαμενές χρήσεως μέσα στο λεβητοστάσιο και εκτάκτως από την κατάθλιψη της αντλίας μεταγγίσεως πετρελαίου. Η αντλία αυτή μπορεί να αναρροφήσει από οποιαδήποτε δεξαμενή του πλοίου. Για μεγαλύτερη ασφάλεια υπάρχουν δύο ατμοκίνητες αντλίες πετρελαίου, η μια τηρείται σε κατάσταση άμεσης ετοιμότητας για περιπτώσεις απρόβλεπτης κρατήσεως αυτής που λειτουργεί. Υπάρχει επίσης χειραντλία για την αρχική αφή των λεβήτων, όταν δε διατίθεται ατμός ή ηλεκτρική ισχύς. Ορισμένα πλοία φέρουν και ηλεκτροκίνητη αντλία μικρής αποδόσεως για την ύψωση μικρής πίεσεως στο λέβητα, κατά την αφή, σε περίπτωση υπάρξεως ηλεκτρικής ισχύος όταν γίνεται η αφή.

Οι αντλίες πετρελαίου χρήσεως είναι εφοδιασμένες με ρυθμιστικές βαλβίδες σταθερής πίεσεως, οι οποίες ρυθμίζονται, ώστε να καταθλίβεται πετρέλαιο στην απαιτούμενη για κάθε δίκτυο πίεση. Οι καταθλίψεις των διαφόρων αντλιών πετρελαίου συνδέονται σε μια κοινή σωλήνωση πάνω στην οποία υπάρχει μετρητής για την καταγραφή του πετρελαίου που καταναλώνεται. Ο μετρητής μπορεί να απομονωθεί με τη βοήθεια ιδιαίτερης σωληνώσεως, όταν το πετρέλαιο κυκλοφορεί στο δίκτυο, χωρίς να γίνεται κατανάλωση στο λέβητα.

Όπως είναι γνωστό, το πετρέλαιο πρέπει να θερμαίνεται για να πραγματοποιείται τελειότερα η καύση του. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα στους προθερμαντήρες πετρελαίου, οι οποίοι χρησιμοποιούν τη θερμότητα ατμού χαμηλής πίεσεως.

Μετά τον προθερμαντήρα πετρελαίου το πετρέλαιο περνά από δικτυωτό φίλτρο, για να απαλλαγεί από τα ξένα σώματα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν έμφραξη ή βλάβη στο διασκορπιστήρα.

Στη σωλήνωση του πετρελαίου, που βρίσκεται πάνω στην πρόσοψη του λέβη-



Σχ. 12.2α.

Εγκατάσταση καύσεως πετρελαίου στο λεβητοστάσιο.

- 1) Αντλία μεταγίγνεσως πετρελαίου. 2) Δεξαμενές χρήσεως με τα θερμαντικά στοιχεία, καταμετρικό και εξαεριστικό. 3) Θερμόμετρο. 4) Ψυχρά φίλτρα Χ.Π. 5) Αντλίες καταθλίψεως πετρελαίου. 6) Μανόμετρο. 7) Φίλτρα Υ.Π. 8) Μετρητής ροής. 9) Προθερμαντήρες πετρελαίου. 10) Θερμά φίλτρα Υ.Π. 11) Καυστήρες. 12) Μανόμετρο.

τα, έχει τοποθετηθεί ταχύκλειστη βαλβίδα διακοπής που λειτουργεί με τη βοήθεια σπειροειδούς ελατηρίου και οδοντωτού μοχλού (καστανίας), ώστε σε περίπτωση ανάγκης να διακόπεται γρήγορα το παρεχόμενο σε όλες τις εστίες πετρέλαιο.

Επιπρόσθετα υπάρχουν θλιβόμετρα και θερμομέτρα σε εμφανείς θέσεις που δείχνουν κάθε στιγμή την κατάσταση λειτουργίας του λέβητα.

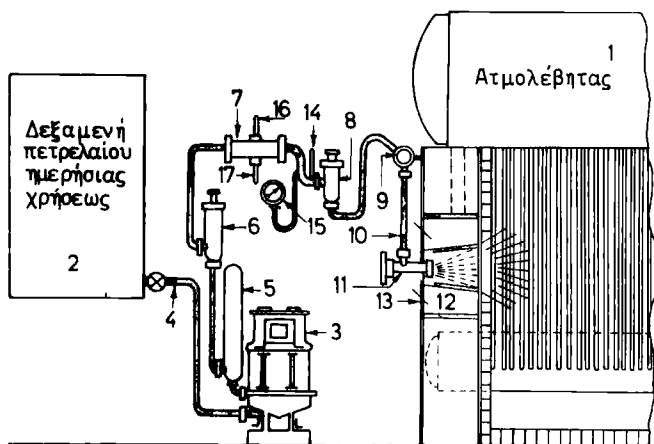
Στην κορυφή κάθε κεντρικού αγωγού πετρελαίου, που οδηγεί προς τους καυστήρες του λέβητα, υπάρχει μία ρυθμιστική βαλβίδα που ονομάζεται **μικρομετρική βαλβίδα** και ρυθμίζει την πίεση του πετρελαίου και την ποσότητα που δίνεται σε κάθε εστία. Από αυτόν τον κεντρικό αγωγό μικροί εύκαμπτοι μεταλλικοί σωλήνες οδηγούν στον κάθε διασκορπιστήρα. Στην κορυφή των σωλήνων αυτών έχουν τοποθετηθεί επιστόμια με ημισφαιρικές βαλβίδες, για να απομονώνονται αυτοί οι σωλήνες από τον κεντρικό αγωγό, όταν ο καυστήρας δε λειτουργεί.

Πρόσθετα επιστόμια που ονομάζονται **επιστόμια των διασκορπιστήρων** έχουν τοποθετηθεί κοντά στη σύνδεση του σωλήνα με το διασκορπιστήρα.

Στο κατώτερο σημείο κάθε κεντρικού αγωγού πετρελαίου, μια βαλβίδα επιστροφής επιτρέπει την επιστροφή του πετρελαίου στην αναρρόφηση των αντλιών.

Με την ίδια βαλβίδα γίνεται δυνατή η συνεχής κυκλοφορία του πετρελαίου μέσω του θερμαντήρα πριν από την αφή των πυρών, για να αποκτήσει αυτό την κανονική θερμοκρασία προς έναυση.

Στο σχήμα 12.2β φαίνεται σε πλάγια όψη η διάταξη παροχής πετρελαίου σε κλειστό λεβητοστάσιο ενός λέβητα Yarrow όπου είναι: 1) ο λέβητας, 2) η δεξαμενή πετρελαίου, 3) το ιππάριο πετρελαίου, 4) η αναρροφητική σωλήνωση με διακόπτη από τη δεξαμενή προς το ιππάριο, 5) ο αεροκώδωνας του ιππαρίου στην κατάθλιψη για την ομαλότερη ροή του πετρελαίου και την προστασία των σωληνώσεων από τις κρούσεις της καταθλίψεως, 6) τά ψυχρά φίλτρα, 7) ο προθερμαντήρας πετρελαίου, 8) τα θερμά φίλτρα, 9) ο συλλεκτήριος αγωγός διανομής του πετρελαίου στους καυστήρες, 10) οι ατομικοί σωλήνες πετρελαίου των καυστήρων, 11) οι καυστήρες, 12) οι κώνοι αέρα, 13) οι αεροφράκτες, 14) το θερμόμετρο, 15) το θλιβόμετρο, 16) ο ατμός θερμάνσεως προς προθερμαντήρα, 17) τα υγρά του προθερμαντήρα.



Σχ. 12.2β.

Εγκατάσταση δικτύου πετρελαίου λέβητα Yarrow.

12.2.3 Μηχανήματα και όργανα που ρυθμίζουν τη ροή του καυσιγόνου αέρα.

Ο αέρας που απαιτείται για την καύση διοχετεύεται στο λέβητα διαμέσου αγωγών, οι οποίοι ξεκινούν από τη βάση ή το μέσο της καπνοδόχου, και από τμήμα προφυλαγμένο από την είσοδο βρόχινου ή θαλασσινού νερού.

Στη βάση των αγωγών τοποθετούνται οι ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού οι οποίοι καταθλίβουν τον αναρροφούμενο αέρα διαμέσου διαφραγμάτων (γρίλιες) στο διπλό κελύφος του αέρα του λέβητα. Τα παραπάνω διαφράγματα επιτρέπουν τη διόδο του αέρα μόνο κατά τη μια διεύθυνση. Και είναι απαραίτητα, για να εμποδίζουν τη διαφυγή του καταθλιβόμενου αέρα διαμέσου του διπλού κελύφους του λέβητα προς τον αργούντα ανεμιστήρα. Ο αέρας εισέρχεται στην εστία διαμέσου του κώνου αέρα του καθενός από τους καυστήρες.

Κάθε κώνος έχει θυρίδες για τη διόδο του αέρα, ο χειρισμός των οποίων γίνεται από την πρόσοψη του λέβητα. Έτσι ρυθμίζεται κατά βούληση η είσοδος και το πο-

σό του εισερχόμενου αέρα (και συγχρόνως εμποδίζεται η δίοδος του από τους κώνους των μη αναμμένων καυστήρων). Η ποσότητα του αέρα που καταθλίβεται ρυθμίζεται επίσης από την ταχύτητα λειτουργίας του ανεμιστήρα. Αυτή πάλι ρυθμίζεται με το χειρισμό του επιστομίου ατμού του κινητήριου μηχανήματος του ανεμιστήρα. (Κάθε λέβητας έχει ένα επιστόμιο, με το οποίο ρυθμίζεται η ποσότητα του εισερχόμενου ατμού σε όλα τα κινητήρια μηχανήματα των ανεμιστήρων).

Ηλεκτροκίνητοι ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού μικρής παροχής είναι εγκαταστημένοι σε ορισμένα πλοία και χρησιμοποιούνται κατά την αφή πυρών και κατά την εν όρμη λειτουργία. Οι ανεμιστήρες αυτοί τροφοδοτούνται από τη νηξελωληκτρογεννήτρια ανάγκης και χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την αφή πυρών, όταν δεν υπάρχει ατμός για την κίνηση των στροβιλοανεμιστήρων.

Για τον έλεγχο της πίεσης του καυσιγόνου αέρα, δηλαδή της εντάσεως του ελκυσμού, χρησιμοποιούνται όπως είναι γνωστό τα αερόμετρα ή υδροθλιβόμετρα.

12.3 Τα κύρια εξαρτήματα πραγματοποίησεως της καύσεως και ελέγχου της ποιότητάς της.

Τα αναγκαία για την πραγματοποίηση της καύσεως εξαρτήματα είναι οι **καυστήρες** και οι **κώνοι αέρα**. Με τον καυστήρα ψεκάζεται το πετρέλαιο και στροβιλιζόμενο σε λεπτότατα σταγονίδια αναμιγνύεται με τον επίσης στροβιλιζόμενο καυσιγόνο αέρα, ώστε να γίνεται τέλεια κατά το δυνατό ανάμιξη και επαφή των μορίων τους και να πραγματοποιείται η τέλεια καύση με την ελάχιστη δυνατή περίσσεια αέρα.

Εκτός από τους καυστήρες του πετρελαίου και τους κώνους του αέρα άλλα όργανα που σχετίζονται με την καλή καύση και τον έλεγχο της είναι τα **θερμόμετρα**, τα **πυρόμετρα**, οι **φουσητήρες αιθάλης**, οι **ενδείκτες καπνού**, τα **περισκόπια**, οι **συσκευές αναλύσεως καυσαερίων**, τὰ **αερόμετρα** κλπ.

Η περιγραφή τους ακολουθεί στις επόμενες παραγράφους.

12.4 Καυστήρες. Κώνοι αέρα Γενικά.

Οι δύο βασικοί τύποι καυστήρων ή διασκορπιστήρων πετρελαίου είναι οι ακόλουθοι.

- Οι καυστήρες με ατμό.
- Οι καυστήρες με μηχανική έγχυση.

Οι κώνοι αέρα διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- α) Παράλληλης ροής αέρα (ολισθαίνουσας στεφάνης).
- β) Περιστρεφόμενων θυρίδων αέρα.
- γ) Τύπου βεντούρι.

Οι κώνοι παράλληλης ροής αέρα τοποθετούνται όταν έχουμε οριζόντια καύση. Οι κώνοι περιστρεφόμενων θυρίδων αέρα τοποθετούνται στις κοντές εστίες (χωρίς βάθος), ενώ οι τύπου βεντούρι στην οροφή της εστίας.

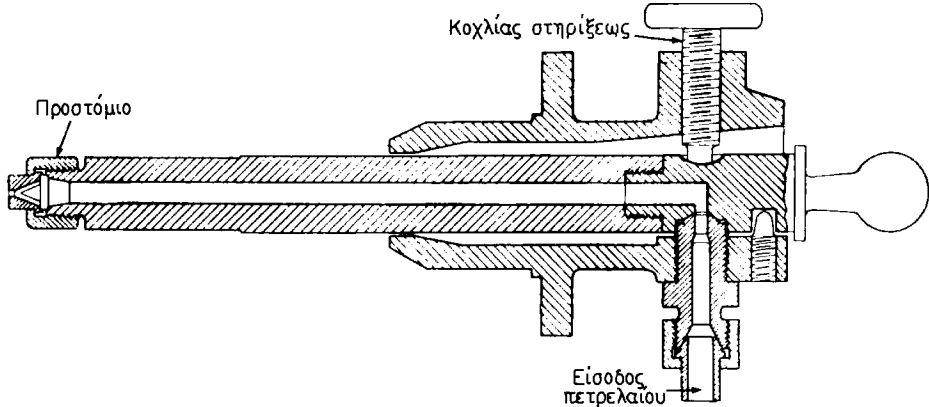
Ανάλογα με την τοποθέτησή τους στο λέβητα, διακρίνονται σε καυστήρες και κώνους **προσώψεως**, **πλευρικούς**, **οροφής** και **εφαπτομενικούς**.

12.5 Καυστήρας και κώνος αέρα φυσικού ελκυσμού.

Στο σχήμα 12.5α φαίνεται ένας καυστήρας πετρελαίου απλής μορφής τύπου

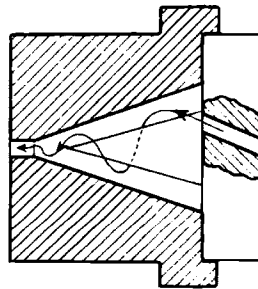
Wallsend για φυσικό ελκυσμό. Το πετρέλαιο εισάγεται σ' αυτόν με την πίεση της αντλίας πετρελαίου και εκτοξεύεται μέσα στην εστία από το προστόμιό του, όπου παίρνει ελικοειδή κίνηση όπως φαίνεται στο σχήμα 12.5β.

Στο σχήμα 12.5γ παριστάνεται απλός κώνος αέρα τύπου Wallsend για τον προηγούμενο καυστήρα με τις λεπτομέρειες κατασκευής του. Ιδιαίτερη σημασία έχει η ολισθαίνουσα στεφάνη που μετακινείται με χειρολαβές για τη ρύθμιση του



Σχ. 12.5α.

Καυστήρας φυσικού ελκυσμού τύπου Wallsend.



Σχ. 12.5β.

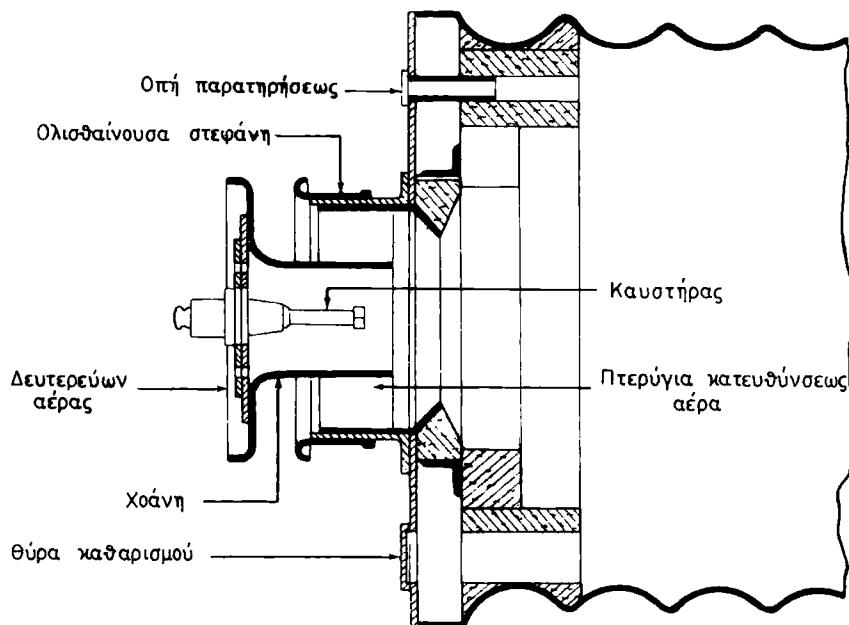
Προστόμιο καυστήρα φυσικού ελκυσμού τύπου Wallsend.

ανοίγματος διόδου του καυσιγόνου αέρα, δηλαδή της ποσότητας που πρέπει να είναι ανάλογη με την ένταση της καύσεως.

Ο δευτερεύων αέρας εισέρχεται από οπές που βρίσκονται στην πρόσοψη του κώνου και ανοίγονται με περιστρεφόμενο κάλυμμα για να ρυθμισθεί η φλόγα στην επιθυμητή απόσταση από τον καυστήρα, καί κλείνονται τελείως όταν θέλουμε να πραγματοποιηθεί η καύση κοντά στο στόμιο του καυστήρα.

Τα πτερύγια κατευθύνσεως ελικοειδούς κατασκευής χρησιμεύουν για να στροβιλίζουν τον αέρα, ώστε να πραγματοποιείται πλήρως η ανάμιξή του με τα μόρια του πετρελαίου. Η οπή παρατηρήσεως χρησιμεύει για να ελέγχομε οπτικά την καύση.

Η θυρίδα καθαρισμού για να εισάγομε λοστό και να θραύομε το κωκ που σχηματίζεται από την καύση, και επίσης για να καθαρίζομε τον κλίβανο.



Σχ. 12.5γ.

Κώνος αέρα φυσικού ελκυσμού τύπου Wallsend.

12.6 Οι μηχανικοί διασκορπιστήρες και κώνοι αέρα.

Αυτοί δέχονται πετρέλαιο με υδραυλική πίεση 7 ως 21 bar ανάλογα με τον τύπο και την απόδοση του διασκορπιστήρα και το καταθλίβουν διαμέσου διόδων, που έχουν τέτοια διάταξη ώστε να επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός του σε λεπτότατα μόρια.

Ένας πλήρης μηχανικός διασκορπιστήρας αποτελείται από τέσσερα τμήματα (σχ. 12.6α), δηλαδή τό *σώμα*, τό *ακροφύσιο*, τό *δίσκο* και τό *προστόμιο*.

Τό *σώμα*: Είναι σωλήνας που φέρει συνδετικό σπείρωμα και στα δύο άκρα του, διαμέσου του οποίου περνάει το πετρέλαιο που έρχεται από το σωλήνα διανομής και προορίζεται για την καύση.

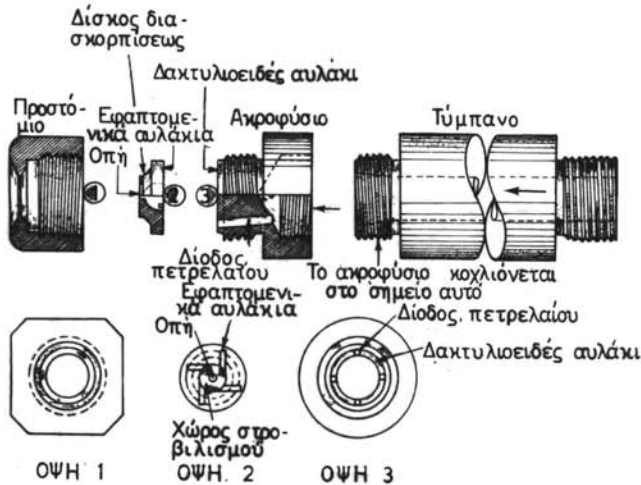
Τό *ακροφύσιο*: Είναι τεμάχιο, το οποίο προσαρμόζεται με σπείρωμα πάνω στο άκρο καταθλίψεως του σώματος και φέρει διόδους, με τις οποίες το πετρέλαιο οδηγείται προς τις εφαιπτομενικές αύλακες του δίσκου διασκορπίσεως.

Τό άκρο της καταθλίψεως του ακροφυσίου φέρει εσωτερικά δακτυλιοειδή αύλακα που συνδέει τις τρύπες διόδου του πετρελαίου.

Τό κέντρο του ακροφυσίου φέρει δακτύλιο ή κυλινδρική προεξοχή, η οποία καλύπτει το χώρο στροβιλισμού του πετρελαίου.

Ο *δίσκος διασκορπισμού (δεκάρα)*: Είναι δίσκος, ο οποίος τοποθετείται προς το άκρο καταθλίψεως του ακροφυσίου, γι' αυτό το πετρέλαιο που προορίζεται για την εστία περνάει μέσω μιας μικρής τρύπας που βρίσκεται στο κέντρο του.

Πάνω στην οπίσθια όψη του δίσκου υπάρχει χώρος στροβιλισμού του πετρελαίου, που συνδέεται μέσω περιφερειακών αυλάκων με τη δακτυλιοειδή αύλακα του ακροφυσίου.



Σχ. 12.6α.

Τα μέρη ενός μηχανικού διασκορπιστήρα.

Ο δίσκος διασκορπισμού δίνει ταχύτητα στα μόρια του πετρελαίου, που προκαλεί τη διάσπαση του σε λεπτότατα σταγονίδια τα οποία καταθλίβονται με τη μορφή ομίχλης μέσα στην εστία.

Το **προστόμιο**: Είναι τετράπλευρο περικόχλιο που συγκρατεί το δίσκο διασκορπισμού σε συγκεντρική θέση και στερεά προσαρμοσμένο πάνω στο ακροφύσιο.

Το πετρέλαιο περνώντας από το ακροφύσιο γεμίζει τις αυλάκες του δίσκου διασκορπισμού με μεγάλη ταχύτητα, η οποία προκαλείται λόγω συνθλίψεως του υπό υψηλή πίεση μέσα στις μικρές επιφάνειες των αυλάκων του δίσκου διασκορπισμού.

Ακολούθως εισέρχεται μέσα στον κωνικό θάλαμο στροβιλισμού εφαπτόμενο στην περιφέρειά του και συγκρατούμενο πάνω στο τοίχωμα του θαλάμου λόγω της φυγοκεντρικής δυνάμεως, που αναπτύχθηκε κατά το στροβιλισμό του μέσα στο θάλαμο διασκορπίσεως. Με αυτό τον τρόπο τα λεπτά μόρια του πετρελαίου αποκτούν περιστροφική κίνηση.

Κατά την έξοδό του από τό ακροφύσιο το πετρέλαιο διανοίγεται σε σχήμα κώνου γωνίας 35°-70°. Ο κώνος αυτός ή η γωνία λέγονται **κώνος** ή **γωνία ραντίσεως**.

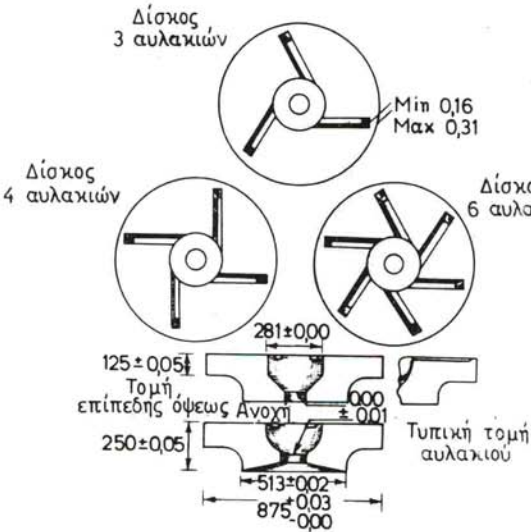
Το άνοιγμα του κώνου ραντίσεως εξαρτάται από την **πίεση** και το **ιξώδες** του πετρελαίου και από το σχήμα και τη διατομή της οπής του δίσκου.

Η ποσότητα του πετρελαίου που εγχέεται εξαρτάται από το μέγεθος του διασκορπιστήρα.

Κάθε δίσκος διασκορπισμού θεωρείται κατάλληλος για ορισμένες μόνο μεταβολές της παροχής, οι οποίες και μπορούν να επιτευχθούν με την μεταβολή της πίεσεως καταθλίψεως. Πέρα όμως από ένα ορισμένο όριο πρέπει να αντικαθίσταται ο δίσκος με άλλο μικρότερου ή μεγαλύτερου μεγέθους ανάλογα.

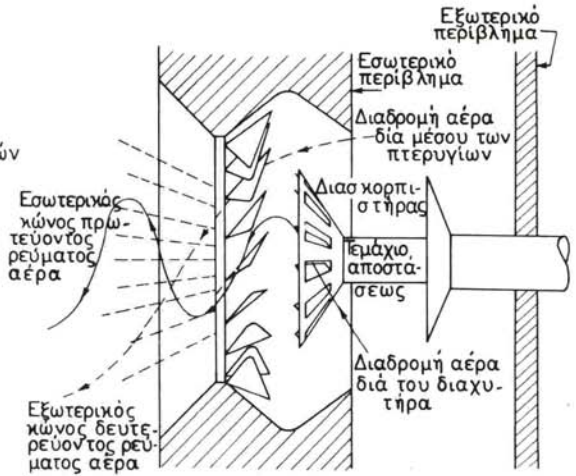
Στο σχήμα 12.6β φαίνονται τρεις διαφορετικής αποδόσεως δίσκοι διασκορπισμού με τις διαστάσεις τους.

Στο σχήμα 12.6γ παριστάνεται διαγραμματικά η διάταξη ενός κώνου αέρα. Διακρίνουμε εύκολα τη θήκη του καυστήρα, τον οχετό αέρα, την είσοδο και τα περύγια στροβιλισμού του λεγόμενου **πρωτεύοντος ρεύματος αέρα**, καθώς επίσης



Σχ. 12.6β.

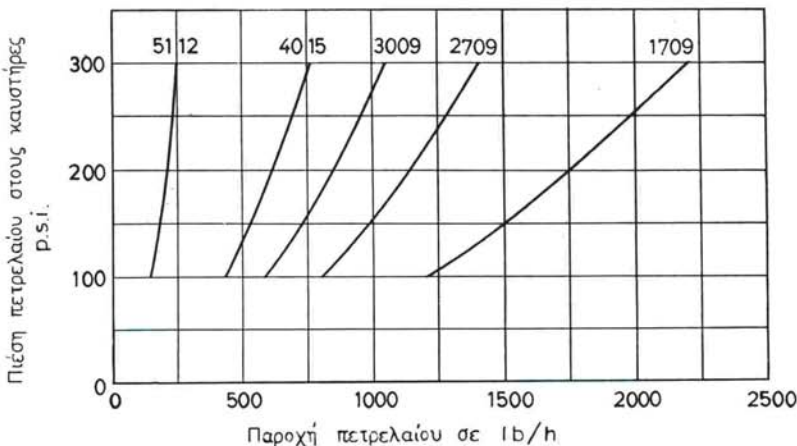
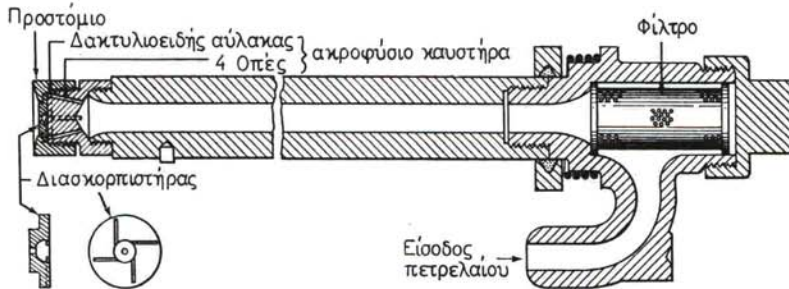
Δίσκοι διασκορπισμού μηχανικού διασκορπιστήρα.



Σχ. 12.6γ.

Διάταξη κώνου αέρα.

και τις θυρίδες διόδου του **δευτερεύοντος ρεύματος**, καί τέλος τον υποθετικό κώνο ραντίσεως του πετρελαίου, το οποίο στροβιλιζόμενο και αυτό αναμιγνύεται με τον καυσιγόνο αέρα για τέλεια καύση.



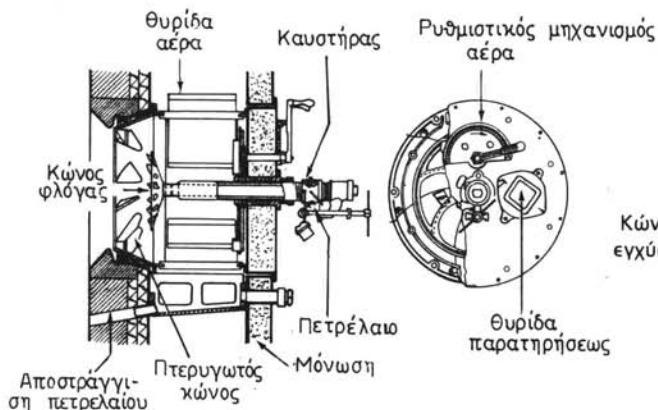
Σχ. 12.7α.

Καυστήρας μηχανικής εγχύσεως, τεχνητού ελκυσμού λέβητα B & W.

12.7 Καυστήρας μηχανικής εγχύσεως και κώνος αέρα B. & W. για τεχνητό ελκυσμό.

Στο σχήμα 12.7α φαίνεται λεπτομερώς αυτός ο καυστήρας μαζί με τις καμπύλες παροχής για διασκορπιστήρες διαφόρων μεγεθών.

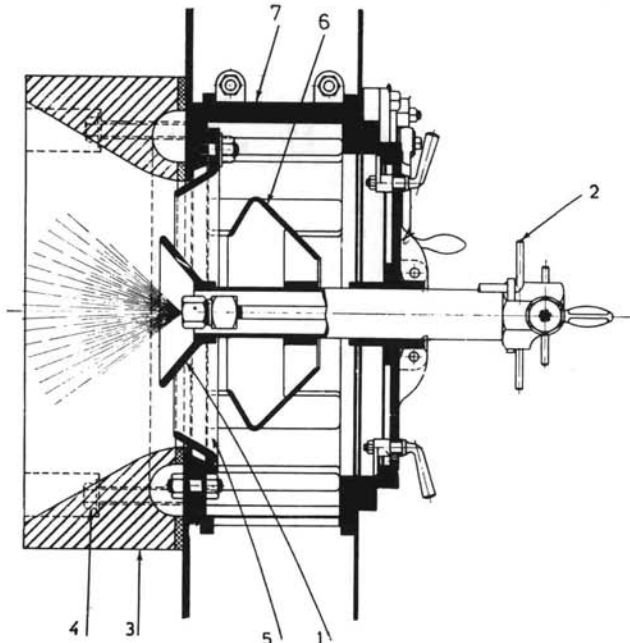
Στο σχήμα 12.7β παριστάνεται ο κώνος αέρα αυτού του καυστήρα με τις γνωστές λεπτομέρειές του.



Σχ. 12.7β.
Κώνος αέρα για καυστήρα μηχανικής εγχύσεως, τεχνητού ελκυσμού λέβητα B & W.

12.8 Καυστήρας και κώνος Todd τεχνητού ελκυσμού (σχ. 12.8α και 12.8β).

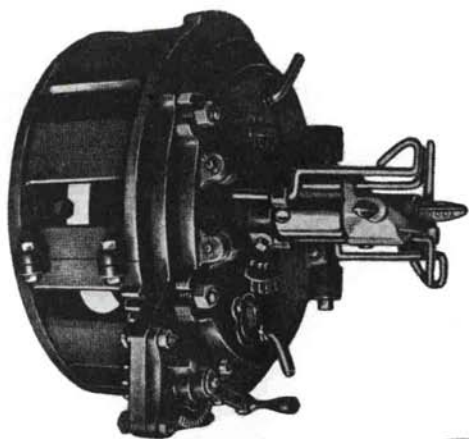
Η ρύθμιση του αέρα στον κώνο αυτό γίνεται με τη βοήθεια μιας μικρής στεφάνης-



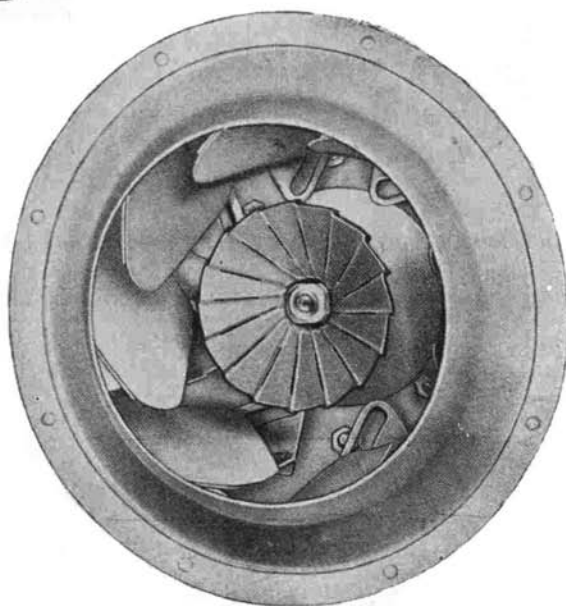
Σχ. 12.8α.

Καυστήρας και κώνος αέρα για τεχνητό ελκυσμό τύπου Todd.

- 1) Κώνος φλόγας. 2) Βάκτρο κώνου φλόγας. 3) Πυρότουβλα. 4) Κοχλίες πυροτούβλων. 5) Δακτύλιος οχετού αέρα. 6) Κώνος αέρα. 7) Στεφάνη ρυθμίσεως αέρα.



Σχ. 12.8β.
Καυστήρας καί κώνος αέρα τύπου Todd
γιά τεχνητό ελκυσμό σε φωτογραφία.



Σχ. 12.8γ.
Όψη του καυστήρα και κώνου Todd από το εσωτερικό της εστίας.

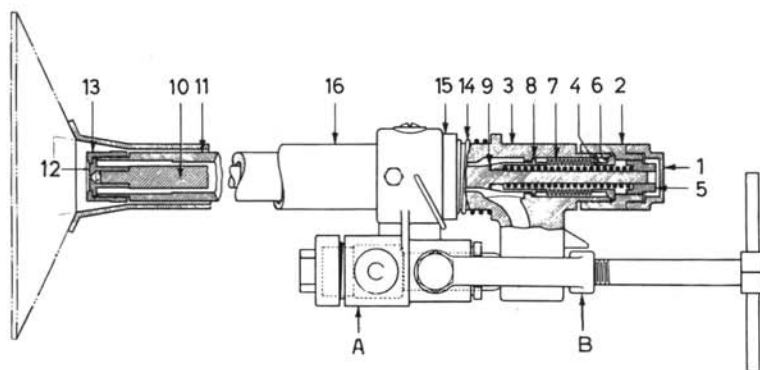
νης με ορθογωνικές οπές.

Η εξωτερική στεφάνη (σχ. 12.8α) κινείται με τη βοήθεια οδοντωτού τροχού και οδοντωτής τροχιάς που κινείται περιφερειακά ώστε να ανοίγει ή να κλείνει τις ορθογωνικές θυρίδες ανάλογα με την επιθυμητή ένταση παροχής αέρα και την ένταση καύσεως.

Στο σχήμα τέλος 12.8γ φαίνεται η όψη του καυστήρα μέσα από την εστία.

12.9 Καυστήρες μεταβαλλομένης παροχής.

Με τους καυστήρες αυτούς επιτυγχάνομε τη μεταβολή της καταθλιβόμενης πο-



Σχ. 12.9α.

Καυστήρας μεταβαλλόμενος παροχής τύπου B & W.

- 1) Κάλυμμα. 2) Περίκλιχο. 3) Σώμα καυστήρα. 4) Ρυθμιστικό ελατήριο πίεσης. 5) Ρυθμιστικός κοχλίας της έντασης του ελατηρίου. 6) Φλάντζα. 7) Μεταλλικός κυματοειδής ασκός (φυσαρμόνικα). 8) Κολάρο. 9) Παρέμβυσμα. 10) Έμβολο. 11) Χιτώνιο καυστήρα. 12) Διασκορπιστήρας. 13) Περίκλιχο προστομίου. 14) Ελατήριο. 15) Κολάρο. 16) Τεμάχιο αποστάσεως. A) Ανεπίστροφη βαλβίδα. B) Ζυγός γρήγορης αποσυνδέσεως.

σότητας πετρελαίου με ανάλογη μεταβολή της πίεσης καταθλίψεώς του.

Ένας τέτοιος καυστήρας τύπου B.W. παριστάνεται στο σχήμα 12.9α. Με αυτόν απαλλάσσεται ο χειριστής από την υποχρέωση να αλλάζει το μέγεθος του διασκορπιστήρα, κάθε φορά που αλλάζει ο βαθμός καύσεως του λέβητα.

Η λειτουργία του έγκειται στο ότι για μια δεδομένη σύσφιγξη του ελατηρίου η πίεση του πετρελαίου ισορροπεί την ένταση που αναπτύσσεται από το ελατήριο και το έμβολο ισορροπεί σε σταθερή θέση. Έτσι ορισμένες μόνο από τις περιφερειακές οπές εισόδου του πετρελαίου παραμένουν ανοικτές και επιτρέπουν την είσοδο του πετρελαίου.

Όταν αυξηθεί η πίεση του πετρελαίου, η δύναμη πάνω στο έμβολο αναγκάζει το ελατήριο να συσπειρωθεί, οπότε και τα δύο ισορροπούν σε νέα θέση, που επιτρέπει να παραμένουν ανοικτές περισσότερες μικρές οπές και επομένως να εισέρχεται μεγαλύτερη ποσότητα πετρελαίου.

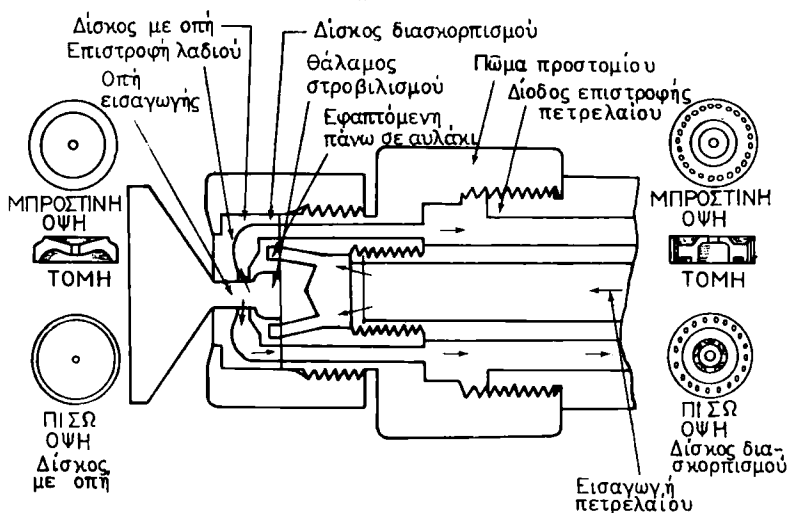
Το αντίστροφο συμβαίνει, όταν ελαττώνεται η πίεση. Έτσι μεταβάλλοντας την πίεση καταθλίψεως μεταβάλλουμε ανάλογα την παροχή του πετρελαίου.

Άλλος τύπος καυστήρα Todd μεταβαλλόμενης παροχής ή αποδόσεως φαίνεται στο σχήμα 12.9β.

Το σύνολο αποτελείται από έναν εσωτερικό σωλήνα, για την παροχή πετρελαίου στο ακροφύσιο, και από ένα εξωτερικό, με το οποίο επιστρέφει το πετρέλαιο στο δίκτυο της επιστροφής, αφού προηγουμένως περάσει από το θάλαμο στροβιλισμού του δίσκου διασκορπισμού. Εκτός από τό δίσκο διασκορπισμού υπάρχει και άλλος δίσκος στο κέντρο, ο οποίος ενεργεί ως διάφραγμα αναγκάζοντας μία ποσότητα πετρελαίου να επιστρέφει μέσω των περιφερειακών οπών του δίσκου διασκορπισμού προς το δίκτυο επιστροφών.

Η μεταβολή της αποδόσεως του καυστήρα εξαρτάται από την πίεση του πετρελαίου του δικτύου επιστροφής. Αυτή ρυθμίζεται από τη βαλβίδα του δικτύου, ενώ η αντλία πετρελαίου εξακολουθεί να παρέχει στον καυστήρα πετρέλαιο με σταθερή πίεση.

Στο σχήμα 12.9β φαίνεται και η ροή του πετρελαίου διαμέσου του καυστήρα. Το πετρέλαιο όταν εισέρχεται μέσα στο θάλαμο στροβιλισμού του δίσκου διασκορπισμού αναγκάζεται από τις αύλακες σε περιστροφή. Λόγω της περιστροφής αυτής του πετρελαίου μέσα στο θάλαμο διασκορπίσεως αναπτύσσεται μία πίεση κάθετα προς τον άξονα του καυστήρα.



Σχ. 12.9β.

Καυστήρας μεταβαλλόμενης παροχής τύπου Todd.

Μόλις το περιστρεφόμενο πετρέλαιο φθάσει στο χώρο περιστροφής (το θάλαμο μεταξύ δίσκου διασκορπισμού και δίσκου διαφράγματος), η φυγοκεντρική πίεση ωθεί ποσότητα πετρελαίου μέσα σ' αυτό το χώρο. Η επιστροφή της ποσότητας αυτής εξαρτάται από την αντίθλιψη μέσα στο δίκτυο επιστροφής. Η πίεση του δικτύου επιστροφής μπορεί να μεταβληθεί με την κατάλληλη ρύθμιση της βαλβίδας επιστροφής του δικτύου. Η ποσότητα πετρελαίου που δέν επιστρέφει περνά από την οπή του δίσκου προς την εστία.

Οι καυστήρες μεταβαλλόμενης παροχής χρησιμοποιούνται οπωσδήποτε σε περιπτώσεις αυτόματης ρυθμίσεως της καύσεως του λέβητα.

Στο σχήμα 12.9γ φαίνεται αυτός ο καυστήρας με τον κώνο του σε φωτογραφία.

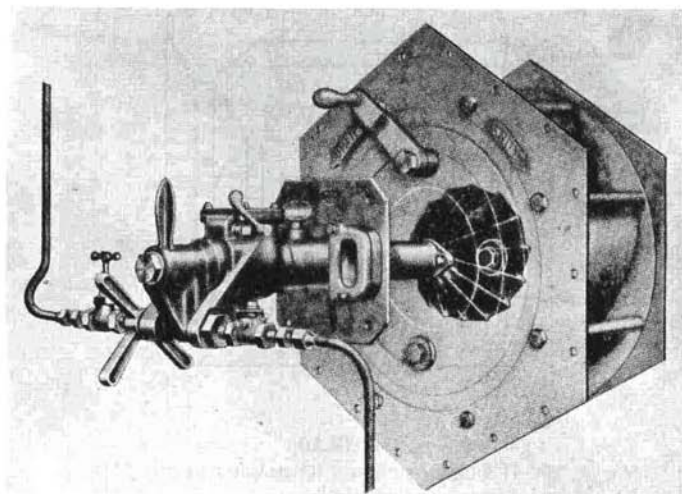
12.10 Καυστήρες με ατμό.

Η απαίτηση για εξαιρετικώς ευρέα όρια μεταβολής του βαθμού καύσεως, που είναι απαίτηση των **αυτομάτων συστημάτων καύσεως**, επανάφεραν στη χρήση τους καυστήρες με ατμό.

Η κατανάλωση του ατμού σε μία εγκατάσταση ναυτικών λεβήτων με καυστήρες με ατμό είναι κατώτερη από το μισό του $1/8\%$ της ολικής ποσότητας του παραγόμενου από τους λέβητες ατμού.

12.10.1 Καυστήρας με ατμό Υ τύπου WY της Babcock-Wilcox.

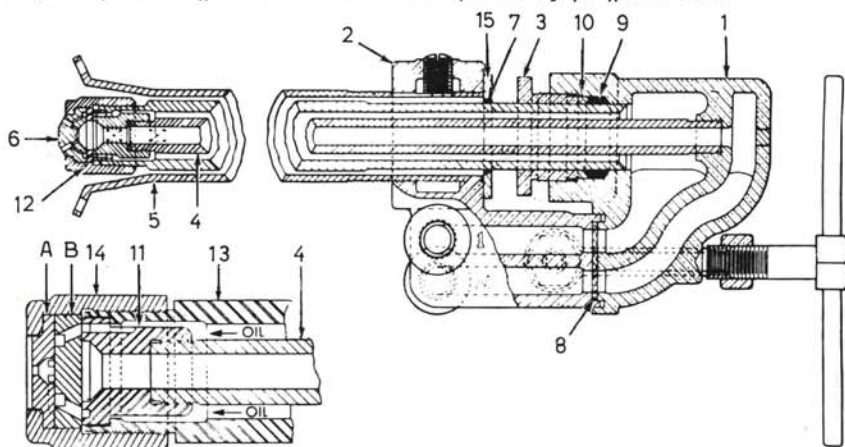
Ο καυστήρας με ατμό Υ, τύπου WY, διασπά το ρευστό πετρέλαιο σε μικροσκοπικά σταγονίδια με τη χρησιμοποίηση του ατμού ως μόνης διασκορπιστικής δυνά-



Σχ. 12.9γ.

Καυστήρας μεταβαλλόμενης παροχής τύπου Todd σε φωτογραφία.

μεως. Στο σχήμα 12.10α φαίνεται ολόκληρο το πλήρες συγκρότημα και οι λεπτομέρειες ενός καυστήρα του τύπου αυτού με τα εξαρτήματά του.

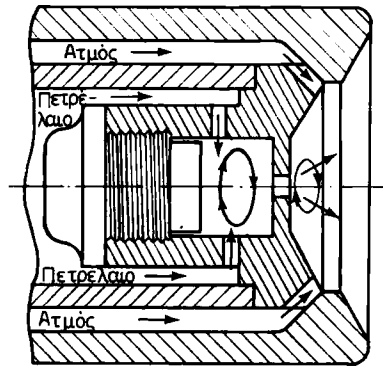


Σχ. 12.10α.

Καυστήρας ατμού με πίδακα-Y, τύπου WY.

Διάταξη πίδακα διασκορπιστήρα-Y για απευθείας μηχανική διασπορά πετρελαίου, όταν δεν υπάρχει ατμός. 1) Σώμα καυστήρα. 2) Σύνδεσμος και ζύγωμα πλήρες. 3) Στυπιοθλίπτρας. 4) Εσωτερικός σωλήνας. 5) Τεμάχιο αποστάσεως. 6) Πλάκα καυστήρα-Y. 7) Παρέμβυσμα κολάρου. 8) Χάλκινη ένωση. 9) Παρέμβυσμα ατμού. 10) Δακτύλιος. 11) Κεφαλή ψεκαστήρα. 12) Περιοριστική πλάκα. 13) Τύμπανο. 14) Τελικό πώμα. 15) Κολάρα. Α) Ειδική πλάκα ψεκαστήρα. Β) Ενδιάμεση πλάκα.

Το πετρέλαιο εισέρχεται στο δακτυλιοειδή χώρο του καυστήρα γύρω από την κεντρική δίοδο ατμού. Περνά διαμέσου των οπών (σχ. 12.10β) της περιοριστικής πλάκας και των θυρίδων πετρελαίου πάνω στην πλάκα του καυστήρα. Ο ατμός που προωθείται με τις θυρίδες συλλέγει το πετρέλαιο στα σημεία συναντήσεώς του με αυτό και το μίγμα φαίνεται όπως ομίχλη από λεπτότατα σταγονίδια από κάθε πίδακα γύρω από το πρόσωπο της εστίας της πλάκας του καυστήρα.



Σχ. 12.10β.

Η διασκόρπιση του πετρελαίου με τη βοήθεια ατμού.

Ο αριθμός, το μέγεθος και η γωνία των πιδάκων αυτών ποικίλλει ανάλογα με τα διάφορα μεγέθη των πλακών του καυστήρα και των περιοριστικών μέσων, και εξαρτάται από τις απαιτούμενες συνθήκες αποδόσεως και από το σώμα της φλόγας. Διακυμάνσεις στην απόδοση επιτυγχάνονται με την αύξηση ή μείωση της πίεσεως πετρελαίου στα σημεία επαφής του πετρελαίου και των διόδων πετρελαίου πάνω στην πλάκα του καυστήρα. Ο ατμός πρέπει να χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, που ο καυστήρας αυτού του τύπου βρίσκεται σε λειτουργία.

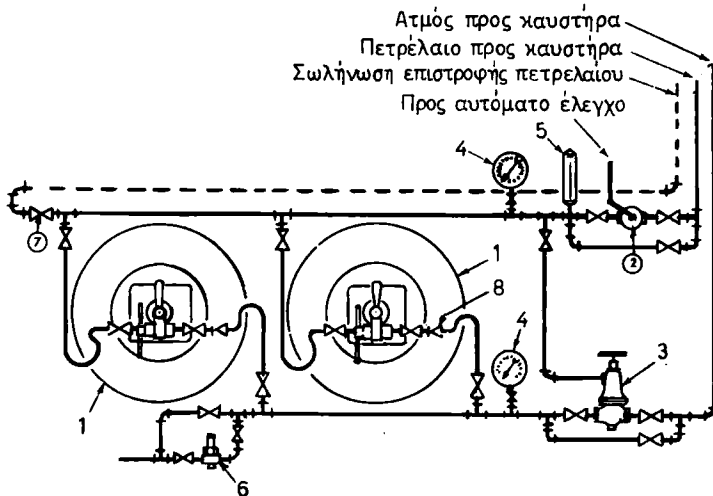
Πρέπει να σημειωθεί ότι η φλόγα του καυστήρα αυτού είναι κατά κάποιο τρόπο διαφορετική από τη φλόγα, που παράγεται από τον καυστήρα μηχανικής ψεκάσεως, γιατί διασκορπίζει το πετρέλαιο σε περισσότερους από έναν πίδακες ή κώνους. Αυτό συμβαίνει γιατί η πλάκα του καυστήρα είναι υπολογισμένη σε τρόπο, ώστε κάθε ανεξάρτητος πίδακας ή στόμιο να παράγει και να προσπαθεί να συγκρατήσει την ιδιομορφία ενός ανεξάρτητου πίδακα ή κώνου φλόγας. Έτσι επιτρέπεται στον αέρα να έλθει σε επαφή με την περιφερειακή επιφάνεια του κάθε πίδακα ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη ανάμιξη του αέρα και του πετρελαίου, από ό,τι θα ήταν αυτό δυνατό στον καυστήρα μηχανικής ψεκάσεως, όπου όλο το καταθλιβόμενο πετρέλαιο από έναν καυστήρα συγκεντρώνεται σε ένα μέσο κώνο ψεκάσεως. Η χρησιμοποίηση των καυστήρων με ατμό παρέχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- α) Επιτυγχάνεται εξαιρετικής ποιότητας ψέκαση με χαμηλή κατανάλωση ατμού, μικρότερη από $\frac{1}{2}\%$ του βάρους του πετρελαίου και μικρή περίσσεια αέρα μέχρι 5%.
- β) Ικανότητα εκκινήσεως της εγκαταστάσεως, όταν δεν διατίθεται ατμός με πεπιεσμένο αέρα.
- γ) Συνεπή λειτουργία στην ελάχιστη και μέγιστη παροχή του καυστήρα χωρίς παραγωγή καπνού. Όλοι οι καυστήρες παραμένουν αναμμένοι είτε η εγκατάσταση βρίσκεται σε αναμονή διαταγών (standby) ή λειτουργεί σε πλήρη ισχύ και η αντίστοιχη αναλογία αποδόσεως τους είναι 1:20.
- δ) Ήσυχη λειτουργία με έγκαιρη ανάφλεξη του κώνου κοντά στον καυστήρα,

με αποτέλεσμα σταθερή φλόγα. Η μέγιστη πίεση πετρελαίου είναι 20 kr/cm^2 (300 psig).

- ε) Η λειτουργία είτε με ατμό είτε με αέρα (σε περίπτωση ανάγκης) δίνει ευελιξία στην όλη εγκατάσταση.
- στ) Ευκολία ρυθμίσεως σε διαφορετικούς βαθμούς καύσεως. Μία διαφορετική βαλβίδα πίεσεως ατμού είναι εγκαταστημένη στον ατμαγωγό προς τους καυστήρες, ώστε σε περίπτωση μεταβολής του βαθμού καύσεως απαιτείται μόνο ρύθμιση της πίεσεως του πετρελαίου. Ο ατμός παρέχεται υπό σταθερή πίεση $10,5 \text{ kr/cm}^2$ (150 psig) ή $8,5 \text{ kr/cm}^2$ (120 psig).
- ζ) Ικανότητα καύσεως βαρέων αποσταγμάτων πετρελαίου, που είναι αδύνατο να καούν με χρήση μηχανικών καυστήρων.
- η) Πλήρη καύση με ψυχρή εστία χωρίς παραγωγή καπνού.
- θ) Οικονομία σε ανταλλακτικά, γιατί ο καυστήρας παρουσιάζει αμελητέα φθορά μετά από μακρά περίοδο λειτουργίας. Συνήθως δεν απαιτείται εξαγωγή για καθαρισμό του καυστήρα.

Μία τυπική διάταξη των σωληνώσεων δύο καυστήρων με ατμό φαίνεται στο σχήμα 12.10γ. Οι καμπύλες αποδόσεως φαίνονται στο σχήμα 12.10δ.



Σχ. 12.10γ.

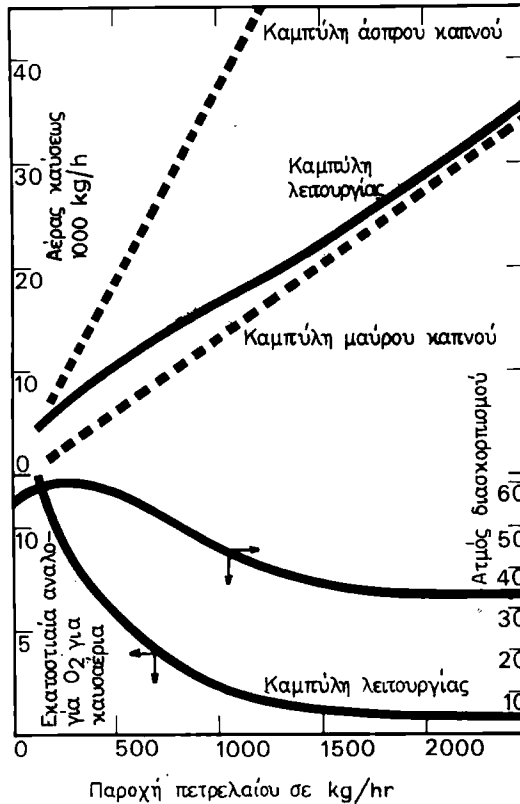
Τυπική διάταξη δύο καυστήρων με ατμό διασκορπισμού.

- 1) Καυστήρας. 2) Βαλβίδα ελέγχου πετρελαίου. 3) Βαλβίδα διαφορικής πίεσεως. 4) Θλιβόμετρο. 5) Θερμόμετρο. 6) Ατμοπαγίδα. 7) Βαλβίδα επανακυκλοφορίας. 8) Βαλβίδα ελέγχου.

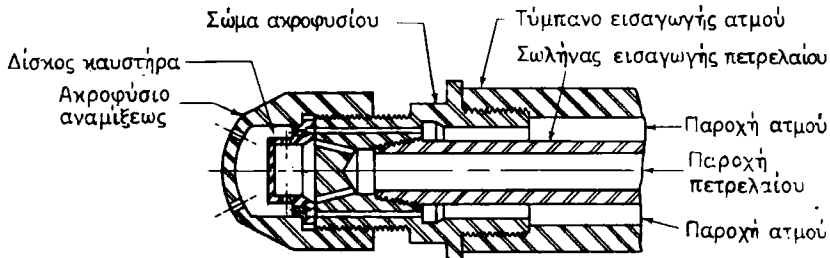
12.10.2 Καυστήρας με ατμό τύπου CD της TODD.

Η τομή του άκρου του καυστήρα του τύπου αυτού εικονίζεται στο σχήμα 12.10ε.

Η λειτουργία του καυστήρα τύπου CD με ατμό της TODD είναι απλή, θετική και αποδοτική. Πετρέλαιο καταθλίβεται από τον παροχικό σωλήνα στο δίσκο του ακροφυσίου. Μετά τη διόδό του από το ακροφύσιο, καταλήγει στο ακροφύσιο αναμίξεως, όπου ο ατμός και το πετρέλαιο που διασπάσθηκε σε πάρα πολύ λεπτά σταγονίδια αναμιγνύονται και με το προστόμιο καταθλίβονται στην εστία του λέβητα.



Σχ. 12.10δ.



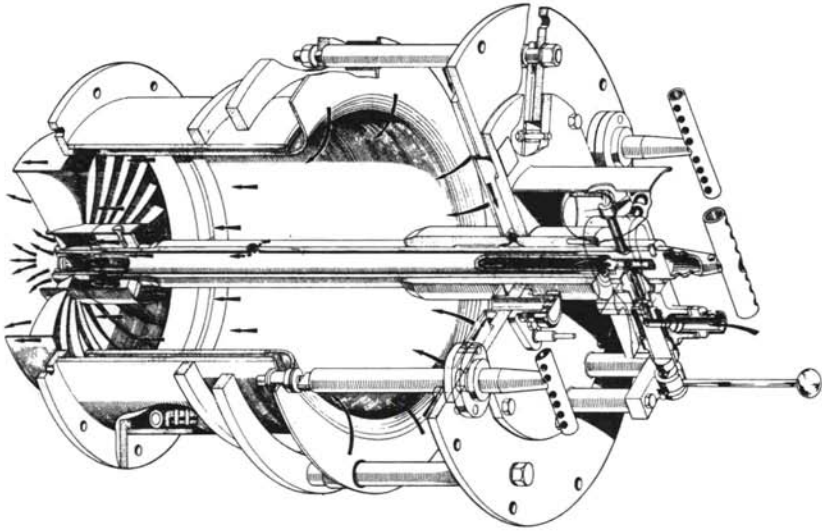
Σχ. 12.10ε.

Καυστήρας με ατμό τύπου CD της Todd.

12.11 Καυστήρας και κώνος αέρα αιωρούμενης φλόγας.

Το συγκρότημα αυτό (σχ. 12.11) πήρε την ονομασία αιωρούμενης φλόγας (suspended flame) από τη χαρακτηριστική ιδιότητά του να παράγει μία φλόγα, που δεν έρχεται σε επαφή με τα μεταλλικά μέρη των κώνων ή με την πλινθοδομή.

Ο αέρας όταν εισέρχεται στον κώνο αναγκάζεται να ακολουθήσει τρεις διάφορες τροχιές, προτού αναμιχθεί με τα σταγονίδια του πετρελαίου:



Σχ. 12.11.

Καυστήρας και κώνος αέρα αιωρούμενης φλόγας.

- α) Ο αέρας εισέρχεται παράλληλα προς τον καυστήρα και περνά μέσω του πρωτεύοντος στροβιλιστή, όπου αποκτά ελικοειδή κίνηση. Λόγω της κίνησης αυτής παίρνει το σχήμα περιστρεφόμενου κοίλου κώνου, ο οποίος και συμπίπτει με τον κώνο ραντίσεως του πετρελαίου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και η αρχική ανάμιξη αέρα πετρελαίου και η φλόγα να διατηρείται σταθερή λόγω ανακοπής του ρεύματος του αέρα κατά την αξονική έννοια.
- β) Μικρή ποσότητα του αέρα δεν περνά από τον πρωτεύοντα στροβιλιστή, αλλά στο εξωτερικό του και ακολουθεί διαδρομή ανάλογη με το σχήμα της πλινθοδομής του κώνου. Ο αέρας αυτός δεν περιστρέφεται, αλλά σχηματίζει μια αλυσίδα από κινούμενους στροβίλους, με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάμιξη του αέρα με το πετρέλαιο.
- γ) Μικρή τέλος ποσότητα αέρα περνά από το σωλήνα του καυστήρα, ψύχει το δίσκο διασκορπισμού και εμποδίζει την ψέκαση σταγονιδίων πετρελαίου πάνω στο στροβιλιστή.

Η ποσότητα του παρεχομένου αέρα ρυθμίζεται από μία συνηθισμένου τύπου ολισθαίνουσα στεφάνη, που χειριζόμαστε με χειρολαβή σχήματος T.

12.12 Καυστήρες οροφής.

Αυτοί τοποθετούνται στην οροφή της εστίας, όπως φαίνεται στο σχήμα 12.12α σε ένα λέβητα V2M-8 της Combustion Engineering Co. Χαρακτηριστική η κατασκευή του οχετού αέρα που περιβάλλει τον καυστήρα με σχήμα συγκλίνοντος-αποκλίνοντος ακροφυσίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 12.12β.

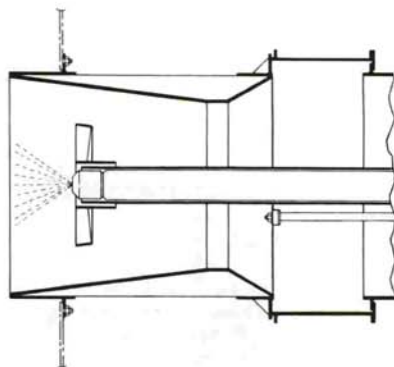
Στα σχήματα 12.12γ και 12.12δ φαίνονται αντίστοιχα τα προστόμια με ατμό αυτού του καυστήρα. Στο σχήμα 12.12γ παριστάνεται προστόμιο με εσωτερική ανάμιξη ατμού και πετρελαίου.

Στο σχήμα 12.12δ φαίνεται προστόμιο με εξωτερική ανάμιξη ατμού.



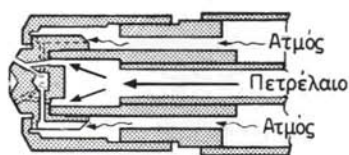
Σχ. 12.12α.

Καυστήρας οροφής σε λέβητα V2M-8 της C.E.



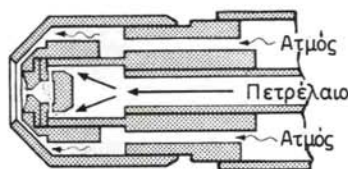
Σχ. 12.12β.

Οχετός αέρα καυστήρα οροφής.



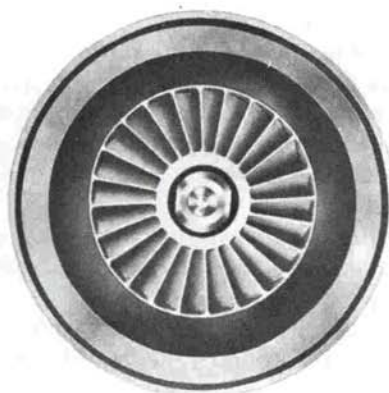
Σχ. 12.12γ.

Προστόμιο με εσωτερική ανάμιξη.



Σχ. 12.12δ.

Προστόμιο με εξωτερική ανάμιξη.



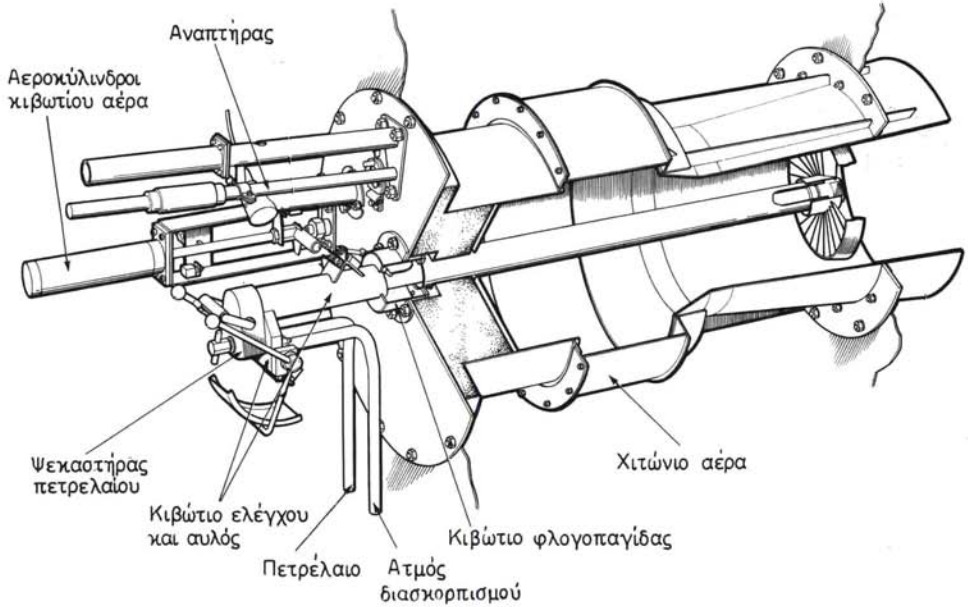
Σχ. 12.12ε.

Εσωτερική όψη καυστήρα στο εσωτερικό της εστίας.

Στο σχήμα 12.12ε φαίνεται η εσωτερική όψη του καυστήρα από το εσωτερικό της εστίας.

Στο σχήμα 12.12στ τέλος παριστάνεται ένας άλλος καυστήρας οροφής κατασκευής Hamworthy - Wallsend τύπου ΗΧ.ΜΥ.11.

Οι καυστήρες οροφής χρησιμοποιούνται εύκολα και ως καυστήρες προσόψεως ή πλευρικοί.



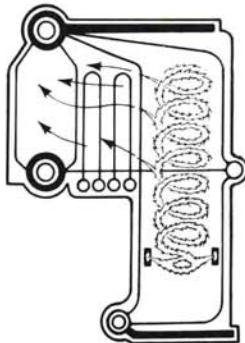
Σχ. 12.12στ.

Καυστήρας οροφής κατασκευής Harmworthy-Wallsend HX-MU-11.

12.13 Εφαπτομενικοί καυστήρες.

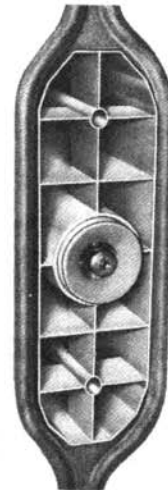
Τοποθετούνται στις γωνίες της όρθιας πρισματικής εστίας (σχ. 12.13α για λέβητα V2M-9 της C.E. όπου φαίνεται και ο έντονος στροβιλισμός των καυσαερίων).

Στο σχήμα 12.13β φαίνεται η εσωτερική όψη του καυστήρα από το εσωτερικό της εστίας. Παρα-



Σχ. 12.13α.

Διάταξη επαπτομενικών καυστήρων σε λέβητα V2M-9 της C.E.

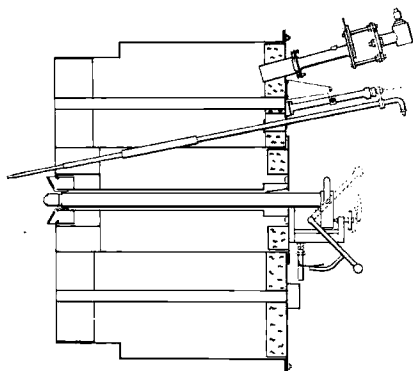


Σχ. 12.13β.

Όψη επαπτομενικού καυστήρα από το εσωτερικό της εστίας.

τηρούμε ότι αυτός περιβάλλεται από έναν κυψελωτό οχετό αέρα με 12 θυρίδες με τις οποίες επιτυγχάνουμε συμμετρική διανομή του αέρα για οποιοδήποτε φορτίο. Οι επαπτομενικοί καυστήρες χρησιμοποιούν, όπως και οι προηγούμενοι, προστόμια εσωτερικής ή εξωτερικής αναμίξεως πετρελαίου και ατμού.

Στο σχήμα 12.13γ φαίνεται ο ίδιος καυστήρας με τον οχετό αέρα σε πλάγια τομή.

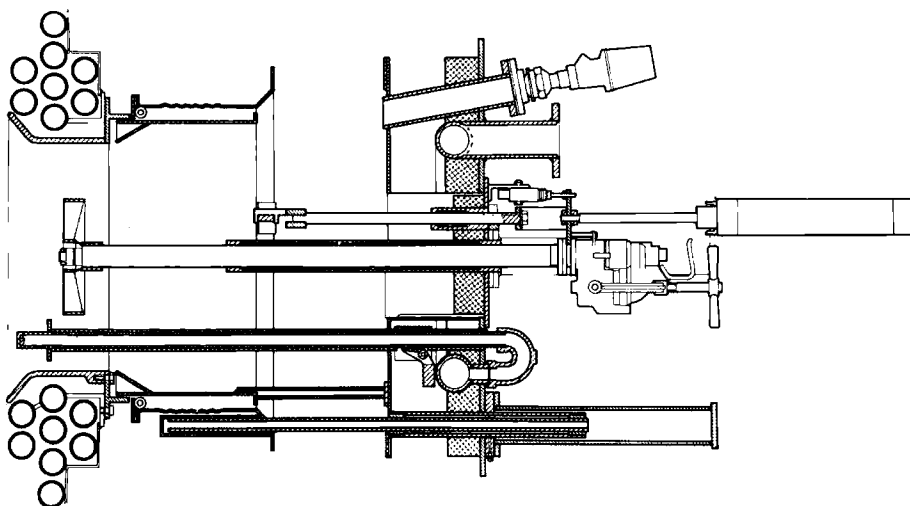


Σχ. 12.13γ.

Πλάγια τομή επαπτομενικού καυστήρα με τον οχετό αέρα.

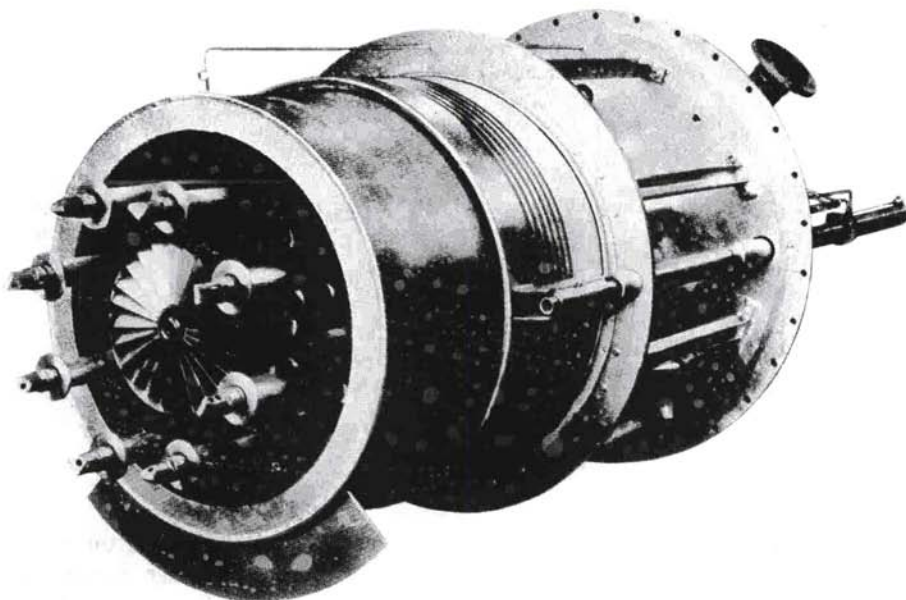
12.14 Σύνθετος καυστήρας πετρελαίου - αερίου της B & W.

Σχεδιάσθηκε από τη B & W για καύση πετρελαίου και αερίου καυσίμου σε πλοία μεταφοράς υγρού πετρελαίου και φυσικών αερίων. Αποτελείται (σχ. 12.14α και 12.14β) από έναν οχετό αέρα παράλληλης ροής και καυστήρα με ατμό τύπου Υ και αριθμό ατομικών εκτοξευτήρων αερίου που είναι τοποθετημένοι συγκεντρικά γύρω από το στροβιλιστή του αέρα.



Σχ. 12.14α.

Σύνθετος καυστήρας πετρελαίου και αερίου της B & W.



Σχ. 12.14β.

Σύνθετος καυστήρας πετρελαίου και αερίου της B & W σε φωτογραφία.

Κάθε εκτοξευτήρας συνδέεται με τον περιφερειακό δακτύλιο παροχής αερίου και φέρει στο άκρο εξόδου του αερίου κατάλληλες οπές για το διασκορπισμό του. Από τις οπές αυτές, η μία κατευθύνει τη ριπή του αερίου εφαπτομενικά κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, ενώ οι άλλες εκτοξεύουν το αέριο κατά φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού για παρατηρητή που βλέπει προς το εσωτερικό της εστίας.

Ο καυστήρας αυτός είναι κατάλληλος για πιέσεις αερίου μέχρι 2,8 κρ/μ² (40 psi).

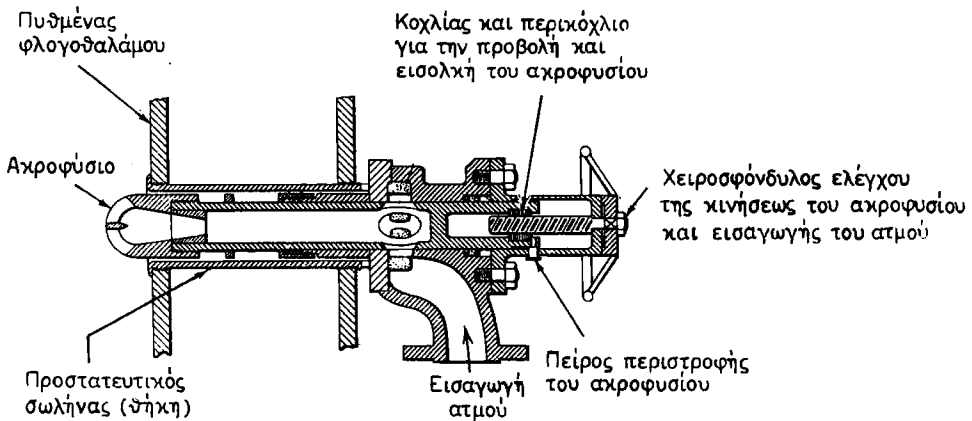
12.15 Φυσητήρες αιθάλης.

Οι φυσητήρες αιθάλης καλούμενοι και **εκκαπνιστήρες** απαλλάσσουν σε ώρα λειτουργίας τις θερμαινόμενες επιφάνειες του λέβητα από τις εναποθέσεις αιθάλης με προβολή ατμού ή αέρα.

Τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία του λέβητα, ώστε οι τομείς προβολής τους να τα επικαλύπτουν και οπωσδήποτε να καλύπτουν όλα μαζί ολόκληρη τη θερμαινόμενη επιφάνεια.

Φυσητήρες αιθάλης χρησιμοποιούνται επίσης και για τον εκκαπνισμό των επιφανειών των υπερθερμαντήρων, οικονομητήρων και προθερμαντήρων αέρα.

Στο σχήμα 12.15α φαίνεται φυσητήρας αιθάλης φλογαυλίου λέβητα ο οποίος τοποθετείται στο φλογοθάλαμο. Τα ακροφύσια των εκκαπνιστήρων αυτών που είναι κατασκευασμένα από ειδικό χάλυβα ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες, όταν βρίσκονται εκτός λειτουργίας, εισέλκονται μέσα σε προστατευτικό σωλήνα, ο οποίος διαπερνά τον οπίσθιο υδροθάλαμο του λέβητα μεταξύ πυθμένα υδροθαλάμου και πυθμένα φλογοθαλάμου και έτσι μ' αυτό τον τρόπο ψύχεται επαρκώς.

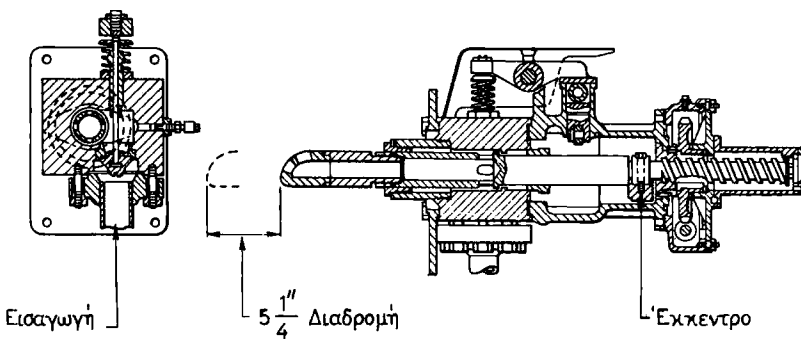


Σχ. 12.15α.

Φυσητήρας αιθάλης φλογουλωτού λέβητα.

Στο σχήμα 12.15β παριστάνεται εκκαπνιστήρας με ατμό υδραυλωτού λέβητα. Το ακροφύσιο του ατμού προβάλλεται με τη βοήθεια ενός ατέρμονα κοχλία, προτού η βαλβίδα του ατμού ανοιχθεί από το έκκεντρο και επιτρέψει την έξοδο του ατμού. Η γωνία της σαρώσεως, που πραγματοποιεί ο ατμός, ελέγχεται από το κατάλληλα σχεδιασμένο έκκεντρο.

Οι εκκαπνιστήρες αυτοί εργάζονται χειροκίνητα και τους χειρίζομαστε επιτόπια ή από απομακρυσμένη θέση με κατάλληλη μετάδοση της κινήσεως του χειρισμού με άξονες και οδοντωτούς τροχούς ή και αλυσίδες.

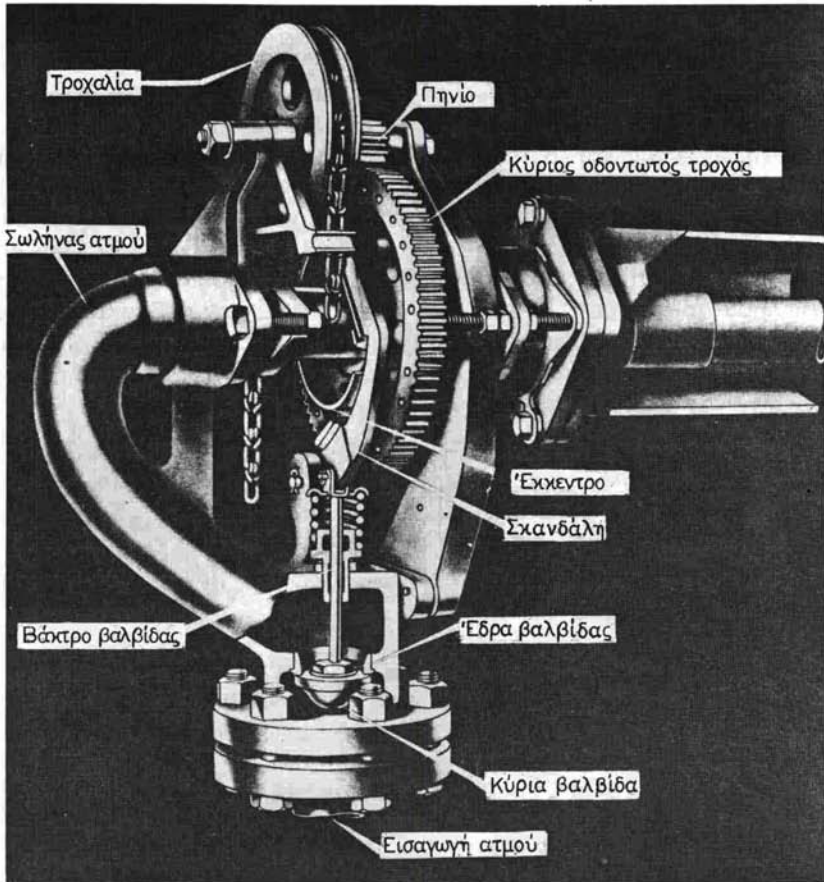


Σχ. 12.15β.

Εκκαπνιστήρας με ατμό υδραυλωτού λέβητα.

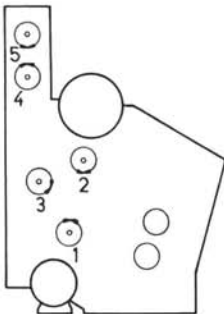
Στο σχήμα 12.15γ παριστάνεται περιστροφικός εκκαπνιστήρας με ατμό τύπου Diamond. Στο σχήμα 12.15δ παριστάνεται η διάταξη εκκαπνιστήρων τύπου Diamond σε ένα λέβητα τύπου «D». Οι αριθμοί παριστάνουν τη σειρά, κατά την οποία πρέπει να εκτελείται ο εκκαπνισμός.

Η χρησιμοποίηση των φυσητήρων αιθάλης σε ώρα λειτουργίας του λέβητα, εκτελείται κατά κανόνα ανά τετραωρία. Επειδή όμως είναι μάλλον δαπανηρή σε



Σχ. 12.15γ.

Περιστροφικός εκκαπνιστήρας με ατμό τύπου Diamond.



Σχ. 12.156.

Διάταξη εκκαπνιστήρων τύπου Diamond σε λέβητα τύπου «D» και σειρά εκκαπνισμού.

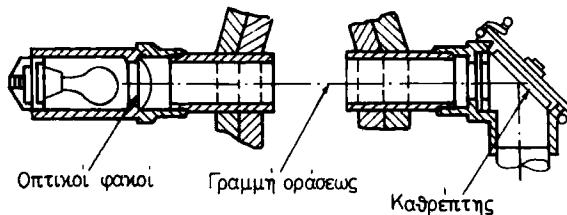
κατανάλωση ατμού, ορισμένοι κατασκευαστές τείνουν να τους αντικαταστήσουν με παρόμοιους, οι οποίοι λειτουργούν με αέρα πίεσεως 14 bar και οι οποίοι εργάζονται συνεχώς και διαδοχικά τροφοδοτούμενοι από αεροφιάλη, που εξυπηρετείται από ηλεκτροκίνητο αεροσυμπιεστή.

12.16 Ενδείκτες καπνού.

Ενδείκτες καπνού τοποθετούνται σε όλους τους λέβητες για την παρακολούθηση των καυσαερίων (όπως αυτά περνούν από τον καπνοθάλαμο) και τον έλεγχο της καύσεως.

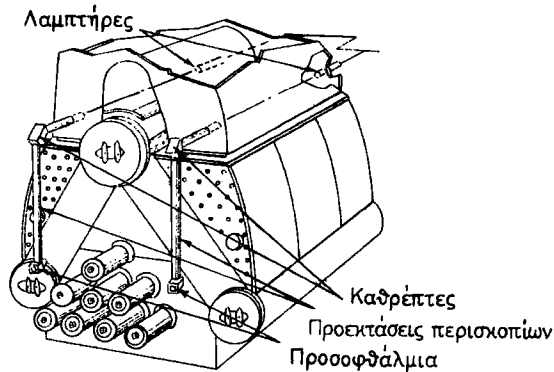
Η ένδειξη υπάρξεως καπνού από τον καπνοθάλαμο υποδηλώνει ατελή καύση, ακάθαρμο καυστήρα ή άλλη αντικανονική λειτουργία της εστίας.

Οι ενδείκτες καπνού διακρίνονται σε τύπου περισκοπίου και σε ηλεκτρικούς. Τα περισκόπια βασίζονται στην αρχή, η οποία εικονίζεται στο σχήμα 12.16α. Αποτελούνται από ένα λαμπτήρα που είναι τοποθετημένος στο οπίσθιο τμήμα κυλινδρικού περιβλήματος. Μπροστά από το λαμπτήρα υπάρχει φακός. Στο αντίστοιχο εμπρόσθιο τμήμα του περιβλήματος υπάρχει οπή, η οποία φέρει καθρέπτη. Αυτός αντανακλά το φως του λαμπτήρα προς τα κάτω διαμέσου κατάλληλου σωλήνα σε άλλο καθρέπτη, τον οποίο παρατηρεί ο χειριστής του λέβητα.



Σχ. 12.16α.

Ενδείκτης καπνού τύπου περισκοπίου.



Σχ. 12.16β.

Εγκατάσταση ενδείκτη καπνού σε υδραυλωτό λέβητα τύπου «Α».

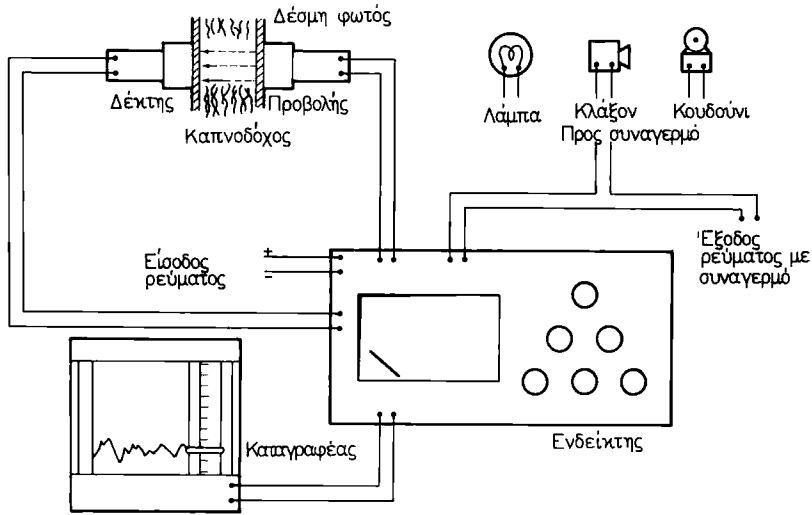
Έτσι ο χειριστής μπορεί να παρατηρήσει την ποιότητα των καυσαερίων και να προβεί στις ανάλογες διορθώσεις.

Στο σχήμα 12.16β δίνεται διαγραμματικά η εγκατάσταση ενδεικτών καπνού σε υδραυλωτό λέβητα τύπου «Α».

Οι ηλεκτρικοί ενδείκτες πυκνότητας καπνού είναι κυρίως φωτοηλεκτρικού τύπου και αποτελούνται από δύο συσκευές. Η μία από αυτές περιλαμβάνει πηγή φωτός και ένα φωτοηλεκτρικό κύτταρο, ενώ η άλλη, απομακρυσμένη από την πρώτη μονάδα ελέγχου, περιλαμβάνει τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και έναν εν-

δείκτη που είναι βαθμονομημένος σε επί τοις % επισκίαση (σκοτεινάδα).

Τα καυσαέρια περνούν μεταξύ της πηγής φωτός και του φωτοηλεκτρικού κυττάρου που είναι τοποθετημένα αντικρουστά στη βάση της καπνοδόχου (σχ. 12.16γ). Όταν αυξάνεται ο καπνός, ελαττώνεται το ποσό του φωτός που φθάνει στο φωτοκύτταρο και έτσι μεταβάλλεται η ηλεκτρική του έξοδος. Το εξερχόμενο αυτό σήμα μεταδίδεται στη δεύτερη συσκευή και αν υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή, ενεργοποιείται το ηλεκτρικό και οπτικό όργανο προειδοποίησης.



Σχ. 12.16γ.

Διάταξη ηλεκτρικού ενδείκτη πυκνότητας καπνού φωτοηλεκτρικού τύπου.

12.17 Θλιβόμετρα - Θερμόμετρα - Πυρόμετρα.

Κοινά θλιβόμετρα με σωλήνα Bourdon χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της πίεσης του πετρελαίου, ενώ για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του χρησιμοποιούνται κοινά υδραργυρικά θερμόμετρα.

Τα πυρόμετρα εξάλλου είναι όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών, όπως π.χ. της εστίας, και κυρίως εκεί όπου τα συνηθισμένα θερμόμετρα υδραργύρου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Έχουν το μειονέκτημα ότι απαιτούν βοηθητικό όργανο, το **γαλβανόμετρο**.

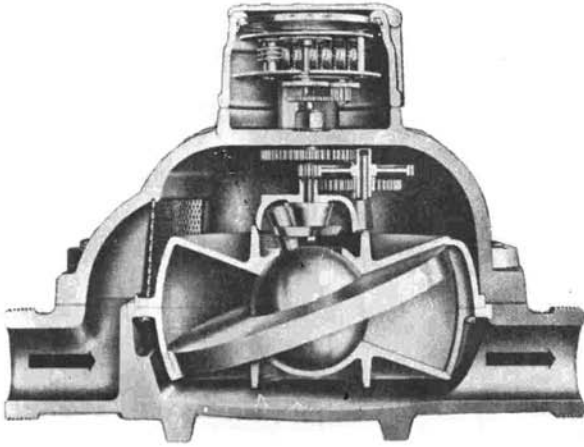
Ένα πυρόμετρο αποτελείται από ζεύγος διαφορετικών μετάλλων ή κραμάτων ενωμένων μεταξύ τους με σύντηξη σε σημείο, που εκτίθεται στην επίδραση της προς μέτρηση θερμοκρασίας. Η παραγόμενη στα άκρα των δύο μετάλλων διαφορά δυναμικού μετρείται με κατάλληλο όργανο (γαλβανόμετρο) και εξαρτάται προφανώς από το προς μέτρηση θερμοκρασιακό επίπεδο. Το γαλβανόμετρο βαθμολογείται συναρτησιακά σε βαθμούς θερμοκρασίας °C ή °F.

12.18 Μετρητές ροής πετρελαίου.

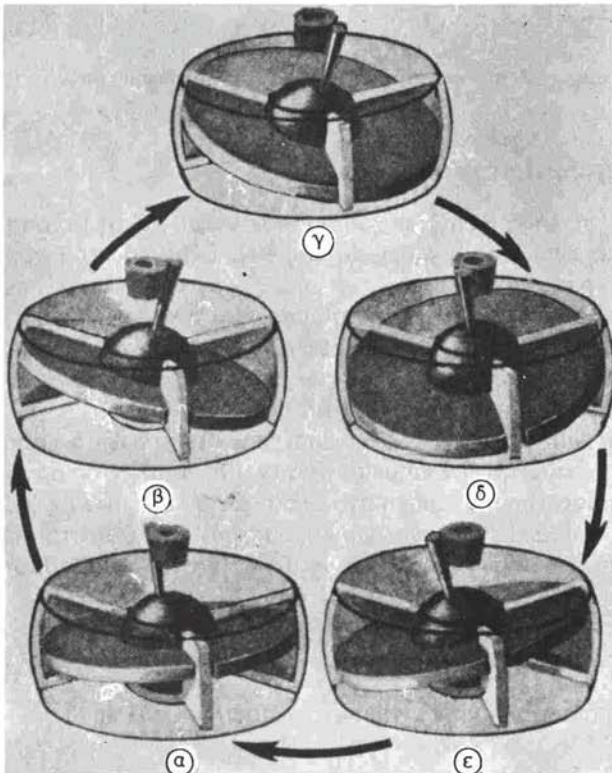
Είναι όργανα που μετρούν την παροχή του πετρελαίου (ή και άλλων υγρών). Τα

πιο γνωστά από αυτά είναι τα τύπου Buffalo, Voith κλπ. Αποτελούνται συνήθως από ένα δίσκο, ή μία έλικα, που περιστρέφεται από το πετρέλαιο που ρέει, το οποίο περνά από το όργανο, ώστε σε κάθε περιστροφή να αντιστοιχεί ορισμένος όγκος διερχόμενου υγρού.

Ροήμετρο τύπου Buffalo εικονίζεται στο σχήμα 12.18α. Αυτό είναι όργανο θετικής εκτοπίσεως, όπως λέμε. Το πετρέλαιο εισέρχεται από τον αριστερό σωλήνα και ανεβαίνει διαμέσου του φίλτρου στην κορυφή του κιβωτίου. Ρέει στη συνέχεια προς τη βάση και βγαίνει από το δεξιό σωλήνα.



Σχ. 12.18α.
Ροήμετρο τύπου Buffalo.



Σχ. 12.18β.

Ο θάλαμος καταμετρήσεως διαιρείται σε δύο χώρους από το μετρητικό δίσκο, ο οποίος περιστρέφεται γύρω από ένα σφαιροειδή φορέα. Η δύναμη της ροής περιστρέφει το δίσκο, κάθε στροφή του οποίου εκτοπίζει ορισμένο όγκο πετρελαίου.

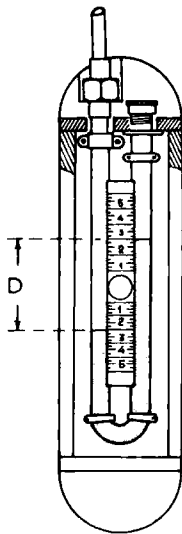
Ο δίσκος συνδέεται μέσω οδοντωτών τροχών με τη διάταξη ενδείξεως, που βρίσκεται πάνω στην επάνω όψη του οργάνου και αποτελείται από οριζόντια πλάκα κατάλληλα βαθμολογημένη και δείκτη που παρέχει τη μετρούμενη παροχή.

Στο σχήμα 12.18β φαίνεται η ταλάντωση που πραγματοποιεί ο δίσκος του οργάνου κατά την περιστροφή του.

12.19 Αερόμετρα ελκυσμού.

Στην παράγραφο 11.32.5 δόθηκαν οι τιμές εντάσεως του ελκυσμού για τα διάφορα συστήματά του. Για τη μέτρησή της χρησιμοποιούνται απλά όργανα, τα οποία ονομάζονται **αερόμετρα** ή **υδροθλιβόμετρα**.

Ένα όργανο αυτού του είδους φαίνεται στο σχήμα 2.19. Αποτελείται από γυάλινο σωλήνα λυγισμένο σε σχήμα U. Ο σωλήνας γεμίζεται με νερό χρωματισμένο, ώστε να είναι ευδιάκριτο. Το ένα άκρο του σωλήνα συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα, ενώ το άλλο με το χώρο, όπου επικρατεί η πίεση του ελκυσμού.



Σχ. 12.19.
Αερόμετρο.

Έτσι για φυσικό ελκυσμό ή τεχνητό βεβιασμένης εκπνοής το άλλο άκρο συγκοινωνεί με τη βάση της καπνοδόχου.

Για τεχνητό ελκυσμό κλειστού αγωγού συγκοινωνεί με τον οχετό καταθλίψεως του αέρα.

Για σύστημα κλειστού λεβητοστασίου εξάλλου το ένα σκέλος συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα, ενώ το άλλο με το χώρο του λεβητοστασίου.

Σε όλες τις περιπτώσεις ενδιαφέρει η διαφορά στάθμης στο αερόμετρο, η οποία και μας δίνει την πίεση του ελκυσμού D μετρημένη σε mm ή in υδάτινης στήλης.

12.20 Σύγχρονες εγκαταστάσεις καύσεως του γαιάνθρακα στα πλοία.

12.20.1 Γενικά.

Η καύση του γαιάνθρακα στα πλοία, παράλληλα με την ευρεία χρησιμοποίησή του στις βιομηχανίες ξηράς, γίνεται όλο και περισσότερο αναγκαία εξαιτίας της μείωσης των αποθεμάτων πετρελαίου στον πλανήτη μας.

Όταν εξετάζουμε μία εγκατάσταση γαιάνθρακα, πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι:

α) Ο γαιάνθρακας έχει μικρότερη πυκνότητα από το πετρέλαιο και απαιτεί περίπου διπλάσιο χώρο αποθηκείωσης από αυτό για τον ίδιο αριθμό θερμίδων.

β) Είναι ορυκτό μεταβαλλόμενης συνθέσεως και ποιότητας και απαιτεί μεγαλύτερο όγκο εστίας για να καεί.

γ) Περιέχει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό θείου S που καίγεται προς SO₂ με τα γνωστά βλαβερά επακόλουθα.

δ) Περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό τέφρας, ώστε για να προληφθεί η διάβρωση και η έμφραξη των δόδων των καυσαερίων, πρέπει αυτές να κατασκευάζονται με την προϋπόθεση ότι μεταξύ των αυλών η ταχύτητα των καυσαερίων είναι χαμηλή. Παράλληλα δημιουργείται η ανάγκη περισυλλογής της τέφρας η οποία πρέπει να απορρίπτεται στη θάλασσα ή εναλλακτικά να αποθηκεύεται επάνω στο πλοίο και να παραδίδεται στο πρώτο λιμάνι κατάπλου.

Για όλους αυτούς τους λόγους, ο γαιανθρακολέβητας έχει μεγαλύτερες διαστάσεις από τον αντίστοιχο πετρελαιολέβητα. Εκτός από αυτό τα υπηρετικά μηχανήματα της εγκαταστάσεως, όπως και τα μηχανήματα μεταφοράς του γαιάνθρακα, από τις γαιανθρακαποθήκες του πλοίου στο λέβητα και τα μηχανήματα αποβολής της τέφρας (τεφροεκβολείς) καταλαμβάνουν πολύτιμο χώρο μέσα στο πλοίο, ελαττώνοντας ανάλογα τη μεταφορική του ικανότητα.

Πρόλα αυτά η προοπτική για το μέλλον είναι ότι ο γαιάνθρακας θα χρησιμοποιηθεί βασικά για την κίνηση μεγάλων φορτηγών μεταφοράς εμπορευμάτων χύδην, χωρητικότητας 100.000 ως 200.000 tdw, εφόσον αυτά σχεδιάστηκαν για μεταφορά γαιανθράκων, γιατί είναι φθηνότερος από το πετρέλαιο και γιατί λόγοι οικονομίας και στρατηγικής επιβάλλουν την αξιοποίηση των αποθεμάτων που υπάρχουν στη γη.

12.20.2 Οι τρόποι καύσεως του γαιάνθρακα.

Πριν 40-50 χρόνια στις παλιές εγκαταστάσεις πλοίων ο γαιάνθρακας καιγόταν, συνήθως, επάνω σε κοινές σχάρες. Σήμερα βέβαια δε μπορεί να γίνει λόγος γι' αυτό τον τρόπο καύσεως.

Οι σύγχρονοι τρόποι καύσεως του γαιάνθρακα στα πλοία είναι οι εξής:

α) Επάνω σε μηχανική ατέρμονα σχάρα (Mechanical Stoker - MS).

β) Ως κονιοποιημένος (Pulverized Fuel - PF).

γ) Σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα (Fluidized Bed Combustion - FBC).

α) Η καύση σε μηχανική σχάρα (MS).

Οι μηχανικές σχάρες είναι πολλών τύπων και οι περισσότερες έχουν δοκιμασθεί και σε ναυτικές και σε εγκαταστάσεις ξηράς.

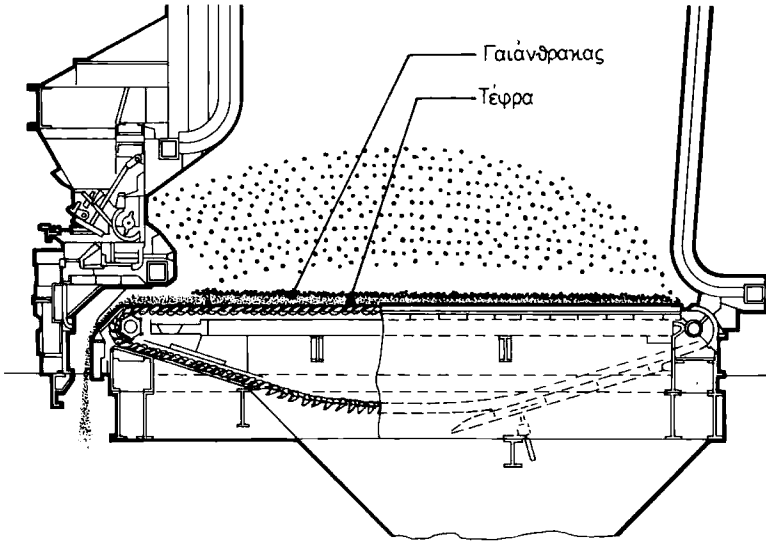
Μία μηχανική ατέρμονη σχάρα της Babcock παριστάνεται στο σχήμα 12.20α. Σ' αυτή τη καύσιμη τροφοδοτείται από πάνω διαμέσου αυτόματου συστήματος περιστρεφόμενου τροφοδότη και από τα περιστρεφόμενα περύγια που βρίσκονται στο επρόσθιο άκρο της, εκτοξεύεται προς το οπίσθιο. Κατά τη διαδρομή τους αυτή, τα μικρά τεμάχια γαιάνθρακα (μεγέθους αμυγδάλου) υπόκεινται σε μερική αποξήρανση και προθέρμανση. Η ταχύτητα περιστροφής των τυμπάνων κινήσεως της σχάρας που ελέγχεται από κινητήριο μηχανήμα είναι τόση, ώστε ο γαιάνθρακας κατά τη διαδρομή του από το οπίσθιο προς το εμπρόσθιο άκρο να καίεται τελείως και να απορρίπτονται τα υπολείμματα της καύσεώς του (τέφρα) από το εμπρόσθιο άκρο.

Όπως είπαμε και στην αρχή η καύση του γαιάνθρακα απαιτεί μεγαλύτερες διαστάσεις εστίας. Ειδικότερα όμως το ύψος της εστίας είναι για πρακτικούς λόγους πάντοτε περίπου 7,5 m.

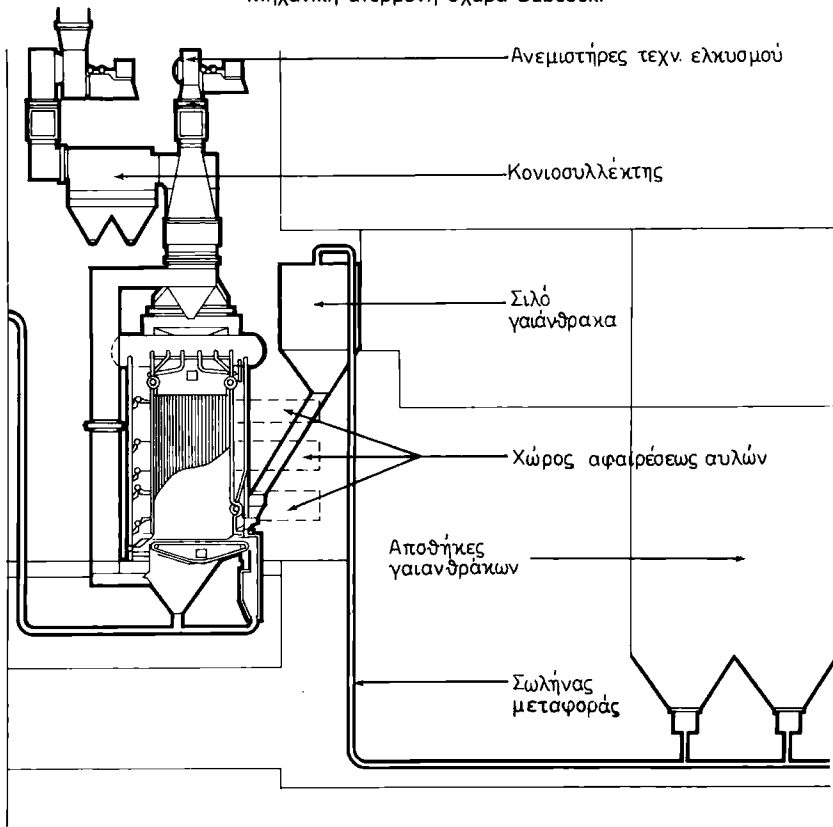
Στο σχήμα 12.20β παριστάνεται η όλη διάταξη εγκαταστάσεως Babcock για καύση του γαιάνθρακα σε κυλιόμενη ατέρμονα σχάρα.

Χαρακτηριστικοί σε χρήση η υπό κατασκευή γαιανθρακολέβητες με μηχανική σχάρα.

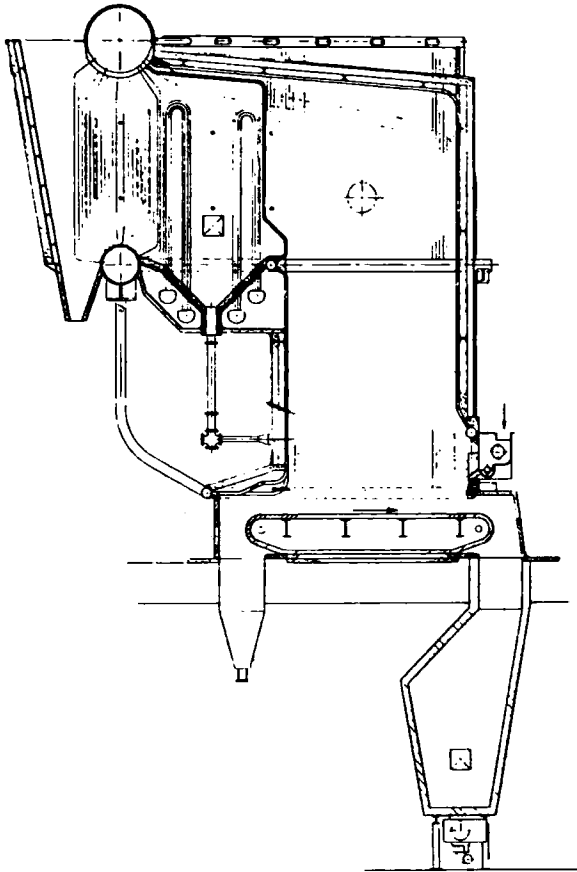
Στο σχήμα 12.20γ φαίνεται ο γαιανθρακολέβητας τύπου V-2 M9S (Combustion Engineering) που



Σχ. 12.20α.
Μηχανική ατέρμηση σχάρα Babcock.



Σχ. 12.20β.
Διάταξη εγκαταστάσεως μηχανικής ατέρμησης σχάρας Babcock.



Σχ. 12.20γ.

τοποθετείται σε πλοία με ατμοστρόβιλο 19.000 S.H.P.

Ο λέβητας είναι ίδιος με τον αντίστοιχο πετρελαιολέβητα της ίδιας εταιρίας, με τη διαφορά ότι διαθέτει τη μηχανική ατέρμονα σχάρα και εστία με λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις.

Η μεταφορά του γαιάνθρακα φαίνεται στο σχήμα 12.20δ και η όλη εγκατάσταση μηχανολεβητοστασίου φαίνεται στα σχήματα 12.20ε, 12.20στ και 12.20ζ, σε κάτωψη, εγκάρσια τομή και διαμήκη τομή αντίστοιχα.

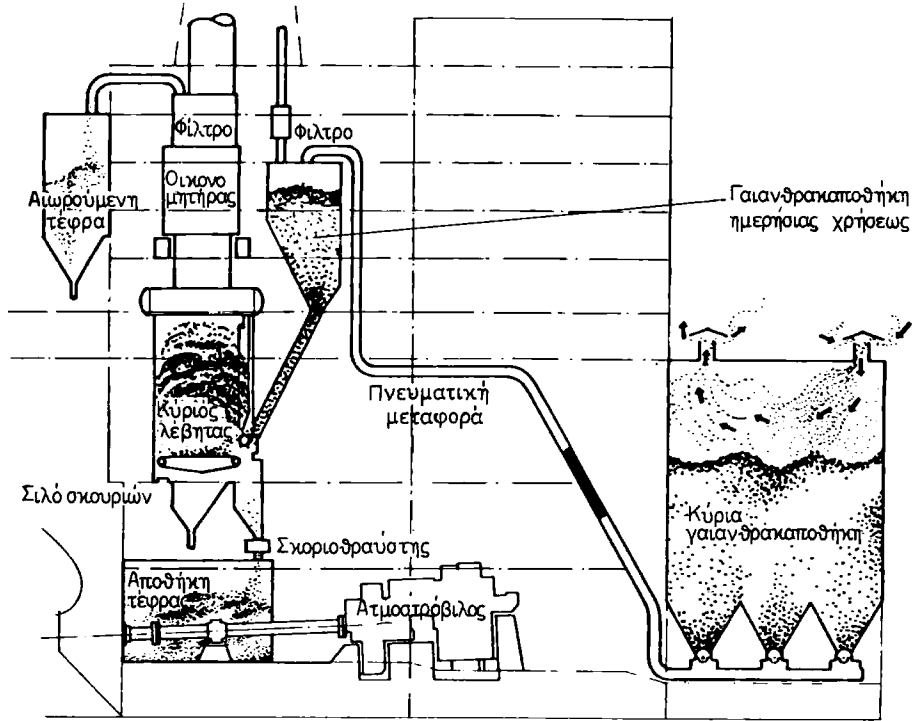
Ο οίκος Babcock κατασκευάζει εξάλλου το λέβητα του σχήματος 12.20η(α) και (β) με τα εξής γενικά χαρακτηριστικά:

- Ατμοπαραγωγή 15 - 25 ton/h.
- Πίεση ατμού στην έξοδο από τον υπερθερμαντήρα 31 - 145 kr/cm^2 .
- Θερμοκρασία ατμού στην έξοδο από τον υπερθερμαντήρα 400° - 538°C.

Σχ. 12.20ε.

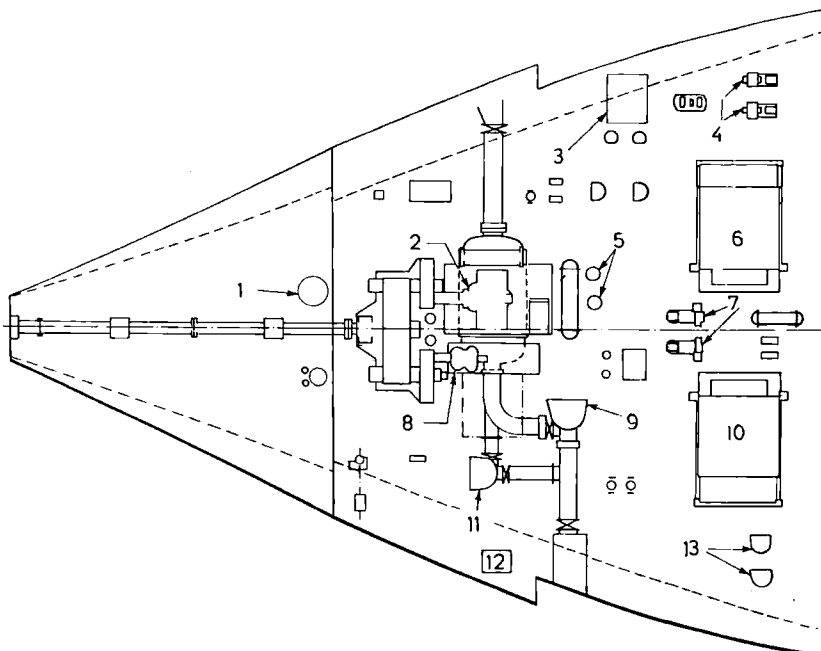
Εγκατάσταση μηχανολεβητοστασίου για γαιανθρακωλέβητες με μηχανική σχάρα σε κάτωψη.

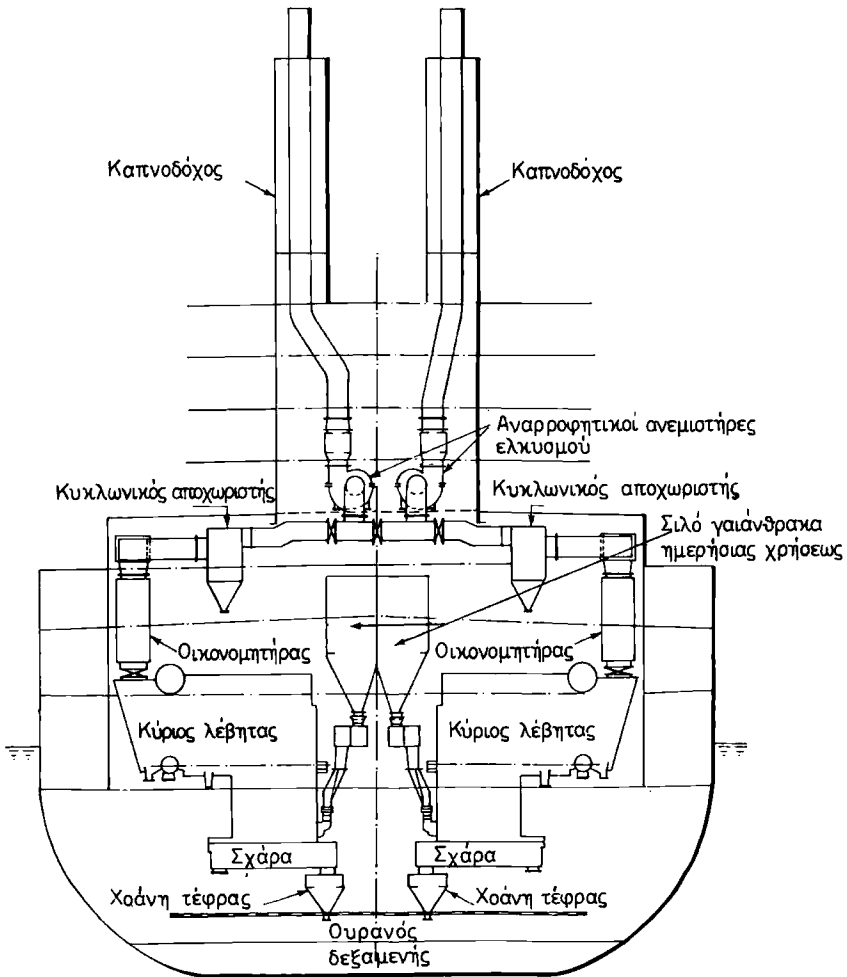
- 1) Αεροφυλάκιο αέρα μεταφοράς γαιάνθρακα. 2) Ατμοστρόβιλος Χ.Π. 3) Δεξαμενή διακινήσεως τέφρας. 4) Φυσητήρας αέρα μεταφοράς. 5) Κύρια αντλία συμπυκνώματος. 6) Κύριος λέβητας. 7) Ανεμιπλτήρες αέρα καύσεως. 8) Ατμοστρόβιλος Υ.Π. 9) Κύρια αντλία κυκλοφορίας. 10) Κύριος λέβητας. 11) Βοηθητική αντλία κυκλοφορίας. 12) Κιβώτιο αναρροφήσεως αντλίας κυκλοφορίας 13) Αντλία νερού Υ.Π.



Σχ. 12.206.

Τυπική διάταξη μηχανολεβητοστασίου σύγχρονου στροβιλοκίνητου πλοίου με γαϊανθρακολέβητα. Σημειώνεται το πνευματικό σύστημα μεταφοράς του γαϊάνθρακα από τις κύριες γαϊανθρακαποθήκες στα σιλό ημερήσιας χρήσεως.





Σχ. 12.20στ.

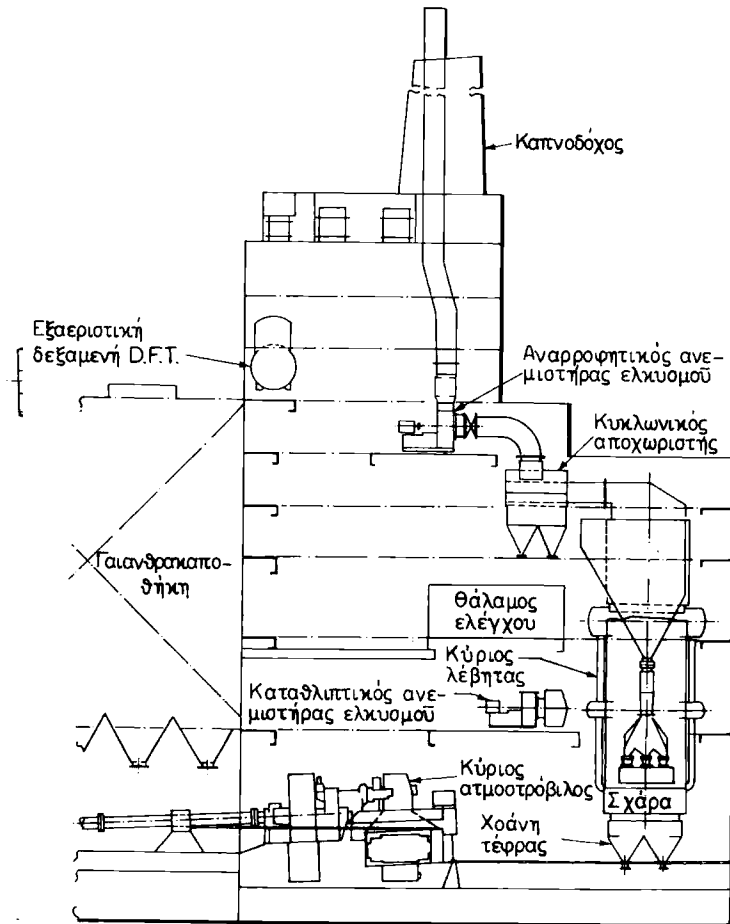
Εγκατάσταση μηχανολεβητοστασίου για γαιάνθρακολέβητες με μηχανική σχάρα σε εγκάρσια τομή.

- Κατασκευή με το σύστημα μονών μεμβρανοειδών διαφραγμάτων.
- Ο λέβητας εφοδιάζεται προαιρετικά και με καυστήρες για την καύση και πετρελαίου.

β) Η καύση κονιοποιημένου γαιάνθρακα (PF).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο γιάνθρακας καίγεται με τη μορφή σκόνης, δηλαδή σε κόκκους με διάμετρο 0,1 - 0,2 mm ή μεγέθους, συνήθως, N:75 του κοσκίνου των βρετανικών προδιαγραφών. Η καύση του μοιάζει με την καύση του πετρελαίου, είναι υψηλότερης αποδόσεως από την καύση του στερεού γαιάνθρακα και γίνεται με περίσσεια αέρα 15 - 20%, όση περίπου και του πετρελαίου.

Μια εγκατάσταση κονιοποιημένου γαιάνθρακα μοιάζει πολύ με τις εγκαταστάσεις καύσεως σε μηχανικές σχάρες. Περιλαμβάνει τα αναγκαία μηχανήματα μεταφοράς του γαιάνθρακα από τις γαιάνθρακαποθήκες του πλοίου μέχρι τις γαιάνθρακαποθήκες ημερήσιας χρήσεως και τις υπόλοιπες βοηθητικές συσκευές των εγκαταστάσεων με μηχανικές σχάρες, δηλαδή ανεμιστήρες αναρροφητικούς



Σχ. 12.20ζ.

Εγκατάσταση μηχανολεβητοστασίου για γαιάνθρακαλέβητες με μηχανική σχάρα σε διαμήκη τομή.

(I.D. Fans) και καταθλιπτικούς (F.D Fans), ηλεκτροστατικούς διαχωριστές στην έξοδο των καυσαερίων, κониосуλλέκτες και συστήματα εκβολής της τέφρας και της σκόνης.

Το κυριότερο μηχανήμα όμως της εγκαταστάσεως είναι ο μύλος αλέσεως του γαιάνθρακα σε σκόνη.

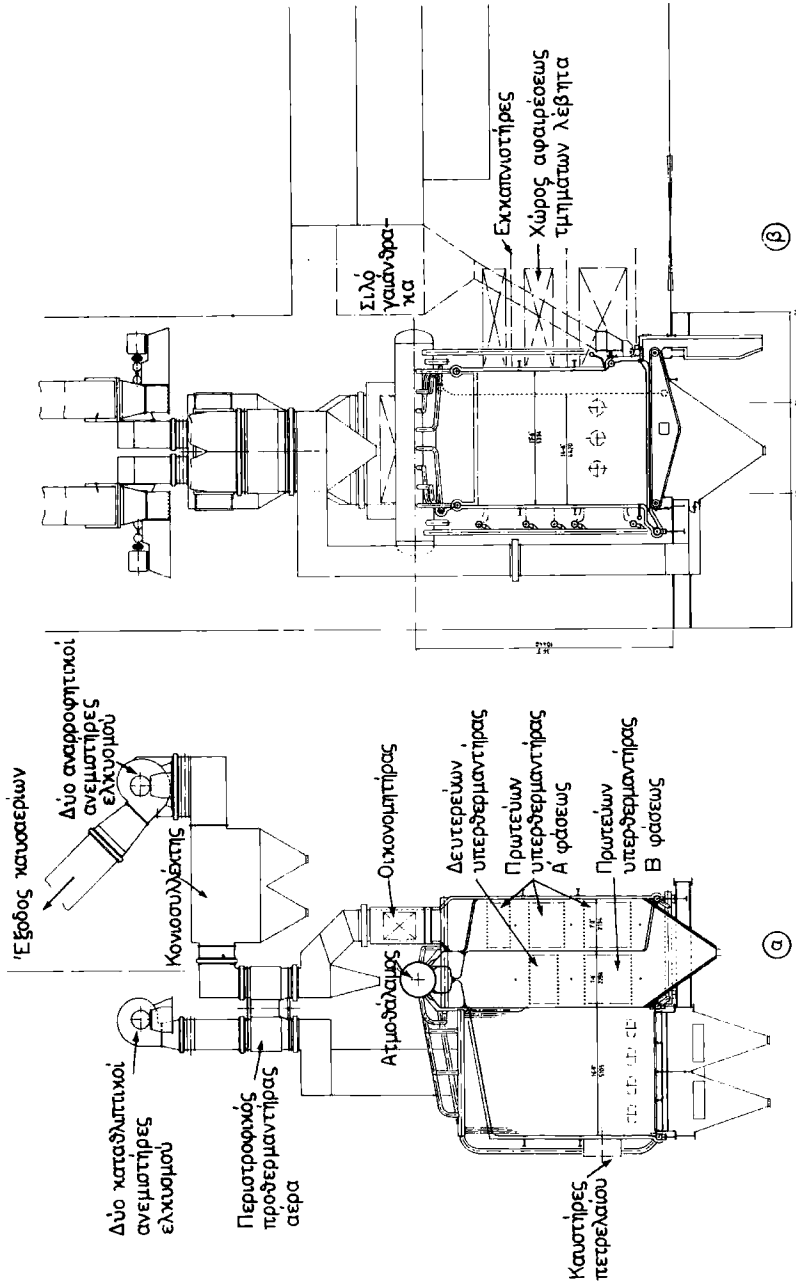
Υπάρχουν διαφόρων τύπων μύλοι. Από αυτούς οι κυριότεροι είναι:

1) Μύλοι περιστρεφόμενων σφυρών.

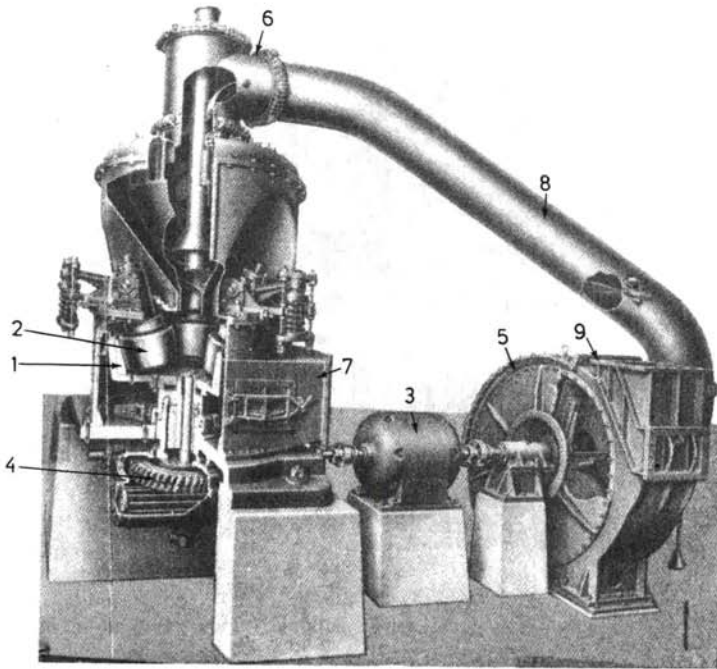
Σ' αυτούς ένας οδοντωτός τροχός με 4 - 6 δόντια περιστρέφεται μέσα στο κέλυφος του μύλου και με τα δόντια αυτά που ενεργούν ως σφύρες συνθλίβει και κониοποιεί το γαιάνθρακα σε μέγεθος σκόνης.

2) Σφαιρόμυλοι.

Αποτελούνται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο μέσα στο οποίο βρίσκονται ελεύθερα χαλύβδινα σφαιρίδια (μπίλιες) που προσκρούουν στα τεμάχια του γαιάνθρακα και τον συντρίβουν και τον κониοποιούν στο επιθυμητό μέγεθος.



Σχ. 12.20η.
 Λείβητας κατασκευής Babcock.
 α) Σε εγκάρσια τομή, β) Σε διαμήκη τομή.



Σχ. 12.20θ.

Συγκρότημα κονιοποιήσεως γαιάνθρακα τύπου Raymond.

3) Μύλοι περιστρεφόμενων δακτυλίων και τροχών.

Αυτοί θεωρούνται τελειότεροι και γι' αυτό χρησιμοποιούνται περισσότερο.

Στο σχήμα 12.20θ εικονίζεται μύλος αυτής της κατηγορίας, τύπου Raymond. Αποτελείται από περιστρεφόμενο δακτύλιο (1) σε μορφή ανοικτού δοχείου (λεκάνης) και τρεις κωνικούς τροχούς (2) που περιστρέφονται σ' αυτόν.

Ο ηλεκτροκινητήρας (3) κινεί μέσω οδοντωτού τροχού (4) το μύλο και τον απορροφητήρα (5) της παραγόμενης σκόνης.

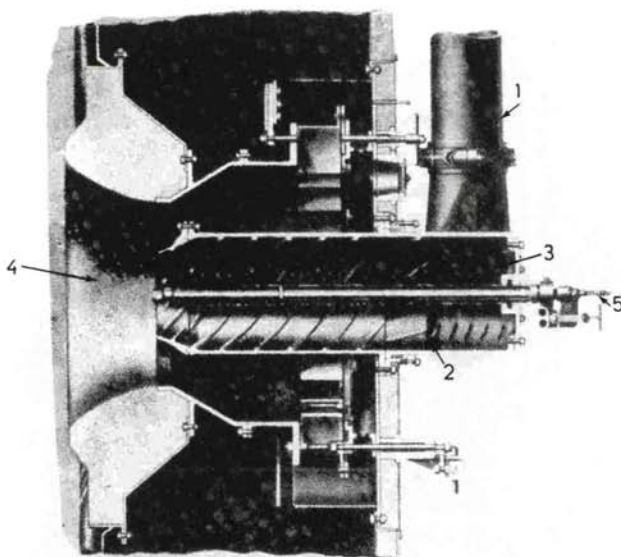
Στο ψηλότερο μέρος του μύλου υπάρχει ο κεντρικός σωλήνας (6) τροφοδοτήσεως του μύλου με γαιάνθρακα σε μικρά κομμάτια, η μεγαλύτερη διάσταση των οποίων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 30 mm.

Από το ορθογωνικό περιαυχέριο (7) που είναι πλευρικά τοποθετημένο κάτω δεξιά στο μηχάνημα, εισάγεται αέρας υπό πίεση. Αυτός έχει προηγουμένως προθερμανθεί και συντελεί έτσι στην ξήρανση του γαιάνθρακα.

Η παραγόμενη από την άλεση του γαιάνθρακα σκόνη απορροφάται από τον απορροφητήρα με το σωλήνα (8) και καταθλίβεται στην έξοδο (9) με πίεση προς τους καυστήρες. Έτσι δημιουργείται το μίγμα σκόνης - αέρα όσο ο αέρας χρησιμεύει για τη μεταφορά της σκόνης του γαιάνθρακα και ονομάζεται **πρωτογενής**.

Στον καυστήρα τώρα (σχ. 12.20ι) το μίγμα σκόνης - αέρα εισέρχεται από το σωλήνα (1). Ο καυστήρας (2) είναι σωλήνας με εσωτερικές ελικοειδείς πτερυγώσεις (3) μέσα στις οποίες το μίγμα αποκτά περιστροφική κίνηση (στροβιλίζεται) και εξέρχεται από το στόμιό του όταν αναμιγνύεται με το **δευτερογενή αέρα** που καταθλίβεται από τον καταθλιπτικό ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού (F.D Fan), ώστε το μίγμα και ο δευτερογενής αέρας να αναμιγνύονται στον κώνο αέρα (4) και να επακολουθή η τέλεια καύση της σκόνης, όπως είναι περίπου η καύση του πετρελαίου.

Ο καυστήρας είναι εφοδιασμένος και με καυστήρα πετρελαίου (5), που είναι τοποθετημένος στο κέντρο του για την καύση και πετρελαίου, όταν απαιτείται, και για την αρχική αφή του λέβητα.



Σχ. 12.20.

Καυστήρας κονιοποιημένου γαιάνθρακα τύπου Raymond.

Στο σχήμα 12.20α παριστάνεται σε τομή μύλος Raymond με όλες του τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Στο σχήμα 12.20β παριστάνεται καυστήρας κονιοποιημένου γαιάνθρακα ο οποίος φέρει στο κέντρο καυστήρα πετρελαίου γύρω από τον οποίο υπάρχει δακτυλιοειδής οχετός για τη διοχέτευση και φυσικού αερίου.

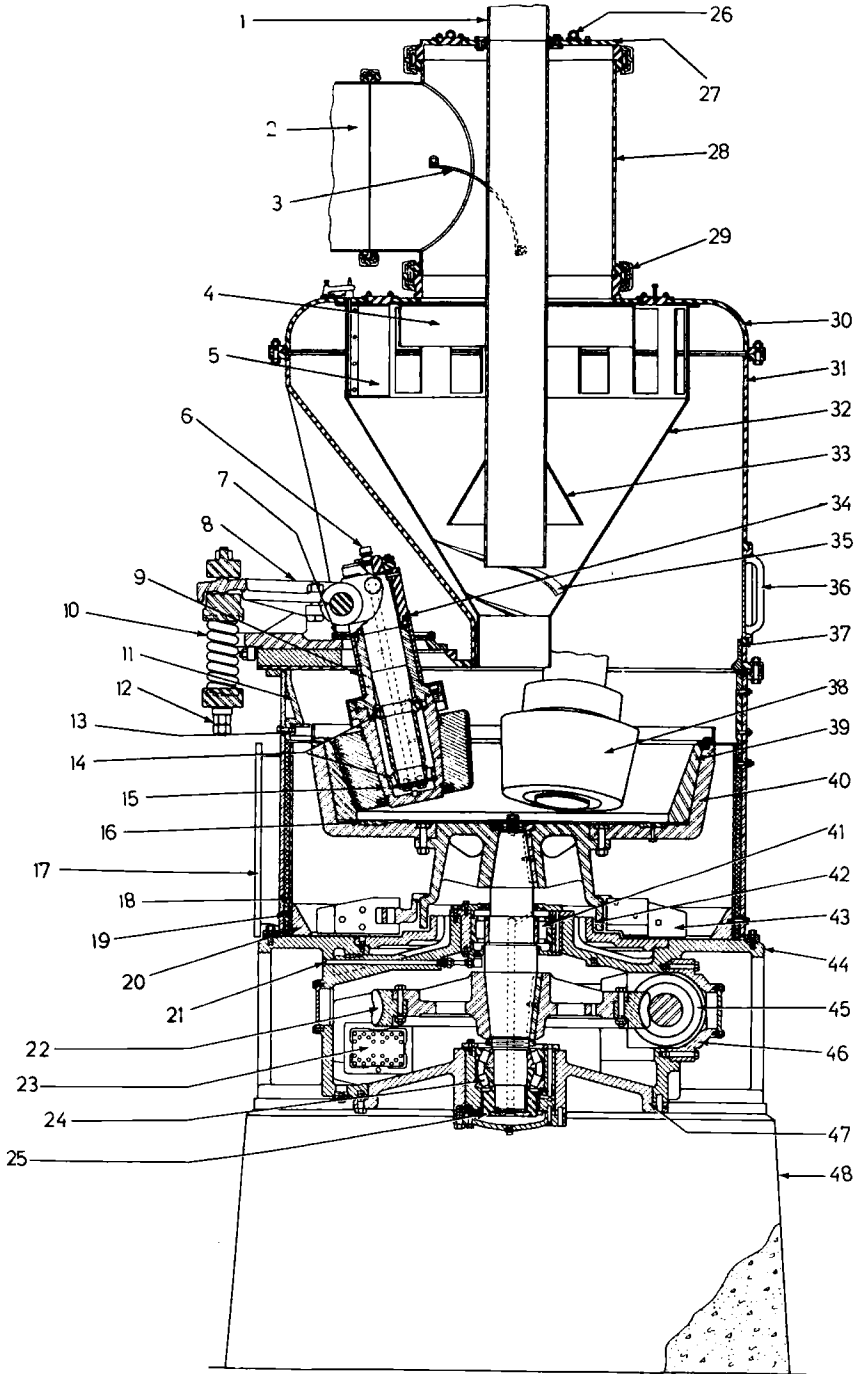
Κατά την έναρξη και την κράτηση των μύλων αλέσεως υπάρχει πάντοτε κίνδυνος να εισέλθει το μίγμα στο πεδίο εκρήξεως με δυσάρεστα επακόλουθα. Εξαιτίας αυτού και λόγω και άλλων τεχνικών δυσχερειών της λειτουργίας του μύλου κατά τον πλου η χρήση του κονιοποιημένου γαιάνθρακα στα πλοία είναι οπωσδήποτε περιορισμένη.

Οι δυσχέριες αυτές συνίστανται στο ότι οι μύλοι και τα με αυτούς σχετιζόμενα μηχανήματα δημιουργούν την ανάγκη αυξημένης συντηρήσεως χωρίς να προσφέρουν αντίστοιχα πλεονεκτήματα.

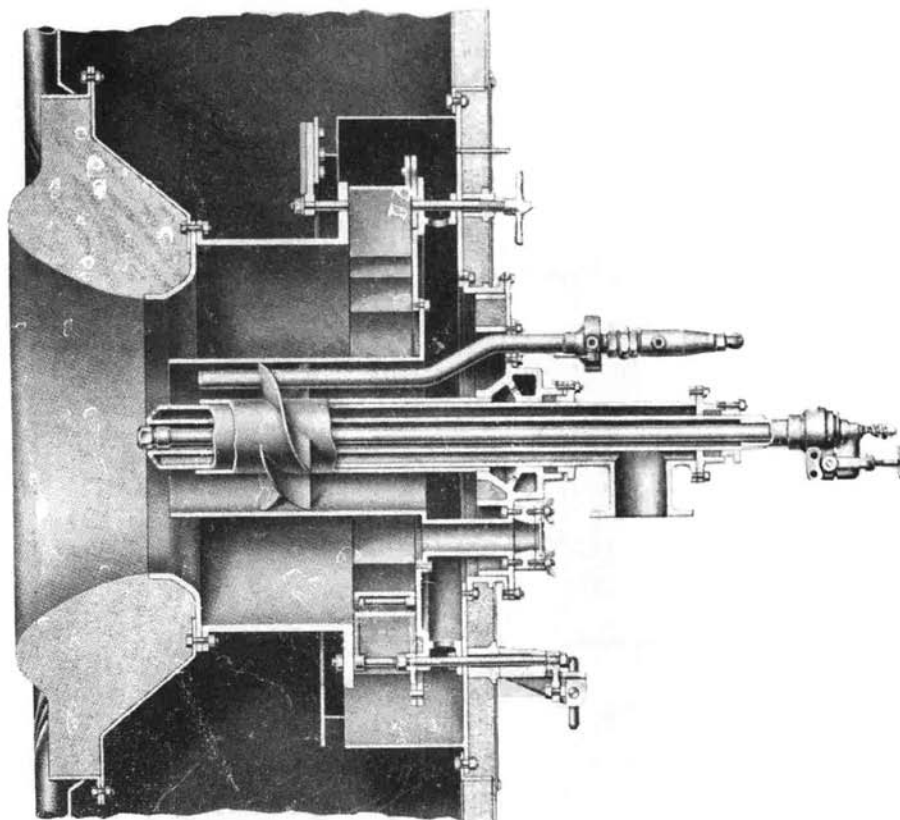
Σχ. 12.20α.

Διαμήκης τομή τυπικής μορφής περιστροφικού μύλου αλέσεως γαιάνθρακα κατασκευής C-E Raymond.

- 1) Κεντρικός σωλήνας τροφοδοτήσεως. 2) Έξοδος προς απορροφητήρα σκόνης. 3) Οδηγητικό περύγιο. 4) Δακτύλιος εκτροπέα. 5) Πτερύγιο εκτροπέα. 6) Λιπαντήριο. 7) Στυπαιοθλίπτης αέρα στροφείου. 8) Συγκρότημα στροφία τροχών λειάνσεως. 9) Κιβώτιο στροφία τροχών. 10) Ελατήριο. 11) Άνω πλευρικά χιτώνια του μύλου. 12) Ρυθμιστικά περικόχλια. 13) Περιοριστική γωνία. 14) Τριβείς στροφία. 15) Κιβώτιο κάτω τριβεία. 16) Πλάκα φθοράς λεκάνης. 17) Είσοδος αέρα στο μύλο.
- 18) Κάτω πλευρικά χιτώνια του μύλου. 19) Μόνωση του μύλου. 20) Πλευρικά χιτώνια του πυθμένα του μύλου. 21) Επιστροφή λαδιού και οπτικός έλεγχος εξόδου του. 22) Οδοντωτός τροχός. 23) Ψυκτήρας λαδιού. 24) Ωστικός τριβείας. 25) Αντλία λαδιού. 26) Διάταξη ανυψώσεως κεφαλής. 27) Κάλυμμα κεφαλής. 28) Κεφαλή του μύλου. 29) Σύνδεσμος. 30) Ουρανός αποχωριστή. 31) Σώμα αποχωριστή. 32) Εσωτερικός κώνος. 33) Κώνος διαχωρισμού σκόνης. 34) Εξαεριστικά. 35) Πτερύγια διαχωρισμού. 36) Θυρίδα επιθεωρήσεως. 37) Χιτώνιο σώματος αποχωριστή. 38) Τροχός λειάνσεως. 39) Δακτύλιος λειάνσεως. 40) Περιστρεφόμενη λεκάνη. 41) Ακτινικός τριβείας. 42) Στυπαιοθλίπτης αέρα. 43) Αποξέστης. 44) Βάση του μύλου. 45) Ατέρμονας κοχλίας. 46) Αφαιρετό πώμα. 47) Πώμα πυθμένα κιβωτίου οδοντωτών τροχών και ατέρμονα. 48) Βάση του μηχανήματος.



Συναφή είναι και η δυσχέρεια και η επιβάρυνση του κόστους του συστήματος αποβολής της σκόνης που αναγκαστικά τοποθετείται μέσα στην καπνοδόχο εξαιτίας των μεγάλων ποσοτήτων αιωρούμενης τέφρας η οποία διέρχεται από το λέβητα.



Σχ. 12.20β.

Καυστήρας κονιοποιημένου γαιάνθρακα με καυστήρα πετρελαίου και οχετό φυσικού αερίου.

γ) Η καύση σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα (FBC).

Η καύση αυτή είτε γαιάνθρακα είτε πετρελαίου επάνω σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα (fluidised bed combustion) είναι τό πιο πρόσφατο επίτευγμα (1981) της τεχνικής των ατμολεβήτων και συνδυάζει οικονομική και αποδοτική εκμετάλλευση του καυσίμου με ελαχιστοποίηση της διαβρώσεως των υπο υψηλή θερμοκρασία θερμαινόμενων επιφανειών.

Ο όρος **ρευστοποιημένο υπόστρωμα** καλύπτει σωρεία τεχνικών μεθόδων που αποσκοπούν στην παραγωγή ενέργειας καίγοντας και το πιο φτηνό και ακάθαρτο ακόμη καύσιμο πάνω σε ένα στρώμα **αδρανούς υλικού** που παραμένει αιωρούμενο. Η καύση αυτή έχει επίσης το πλεονέκτημα να ελαττώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση γιατί τα δημιουργούμενα καυσαέρια όταν εξέρχονται από την καπνοδόχο περιέχουν ελάχιστο SO_2 ή διοξείδια του αζώτου NO_x .

Σε περιπτώσεις όπου το υπόστρωμα είναι σχεδιασμένο για θερμοκρασίες $1500 \sim 1600^\circ F$ το SO_2 που ελευθερώνεται από την καύση γαιάνθρακα με υψηλή περιεκτικότητα σε S απορροφάται χημικά από τον ασβεστόλιθο που χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό του υποστρώματος.

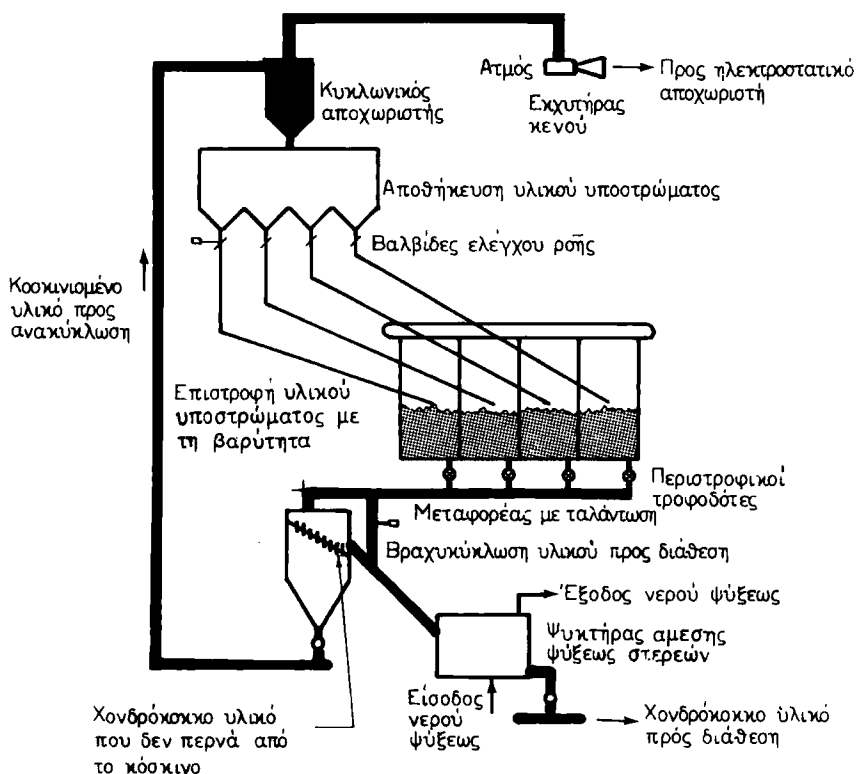
Ανθρακίδια επίσης εξερχόμενα από την καπνοδόχο μπορούν να συλλαμβάνονται από ένα συμβατικό ηλεκτροστατικό διαχωριστή ή άλλο κατάλληλο φίλτρο. Η μετάδοση της θερμότητας μεταξύ καυσαερίων, υλικού υποστρώματος και υλικού αυλών είναι 4 με 5 φορές μεγαλύτερη από τη συνήθη μετάδοση μεταξύ καυσαερίων και επιφανειακών αυλών. Αυτό σημαίνει ότι τελικά απαιτείται μικρότερη

Θερμαινόμενη επιφάνεια για μια δεδομένη ατμοπαραγωγή, με αποτέλεσμα μικρότερο και φθηνότερο λέβητα.

Η αρχή λειτουργίας της καύσεως σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα συνίσταται στην εμφύσηση αέρα διαμέσου ενός στρώματος θρυμματισμένου υλικού, π.χ. **πυροτούβλων, ασβεστολίθου, τέφρας γαϊάνθρακα, οξειδίου του αργιλίου** (αλουμίνας) κ.α. Όλα τα χρησιμοποιούμενα για το σκοπό αυτό υλικά πρέπει να έχουν μεγάλη πυκνότητα, υψηλή αντοχή στη φθορά, να ανευρίσκονται εύκολα και να είναι φθηνά.

Το μέγεθος των κόκκων (με συνηθισμένο κόσκινο Νο 36 των βρετανικών τυποποιημένων προδιαγραφών) πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία του υποστρώματος με ταχύτητες καυσαερίων 1,2 ~ 1,5 m/sec.

Μετά από λειτουργία του λέβητα αρκετών ωρών ένα μικρό μέρος του υλικού του υποστρώματος θά συμπαρασύρεται με τα καυσαέρια. Γι' αυτό στους λέβητες αυτούς χρησιμοποιούνται κατάλληλοι συλλέκτες για τη σύλληψη του αδρανούς αυτού υλικού και την επαναφορά του στην εστία, όπως φαίνεται στο σχήμα 12.20γ.

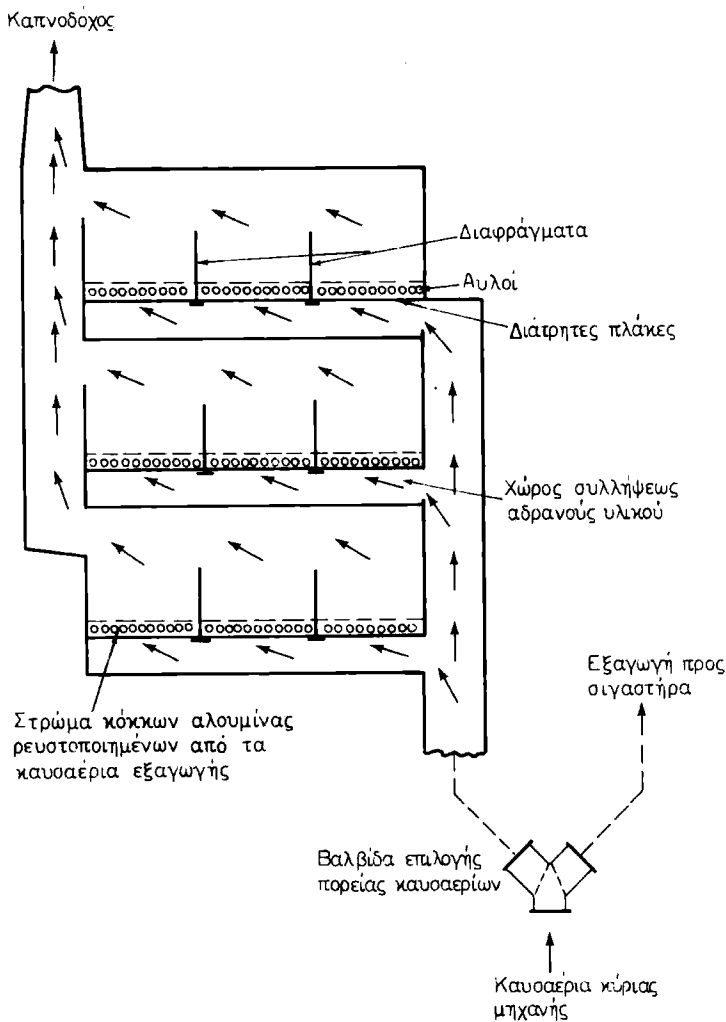


Σχ. 12.20γ.

Διαγραμματική παράσταση ανακυκλώσεως αδρανούς υλικού.

Το αδρανές θρυμματισμένο υλικό με τους ομοιομέγεις κόκκους του τοποθετείται πάνω σε μια σχάρα μέσω της οποίας διέρχεται ένα ανοδικό ρεύμα καυσιγόνου αέρα (ή καυσαερίων αν πρόκειται για βοηθητικό λέβητα εργαζόμενο με τα καυσαέρια) με αρκετή ταχύτητα ώστε να ανακατεύει τους κόκκους και κατά κάποιο τρόπο αυτοί να ανυψώνονται και να αιωρούνται. Καύσιμο (γαϊάνθρακας ή πετρέλαιο) εισέρχεται στην αιωρούμενη μάζα αδρανούς υλικού και έτσι δημιουργούνται φυσαλίδες ώστε η μάζα καυσίμου - αδρανούς υλικού να δίνει την εντύπωση ότι βράζει. Το ρευστοποιημένο υπόστρωμα έρχεται σε επαφή με τους αυλούς (ΧΣΧ. 12.20ιδ). Τα καυσαέρια αφού μεταδώσουν τη θερμότητά τους οδηγούνται σε κυκλωνικούς αποχωριστές ή άλλου είδους συλλέκτες για την παγίδευση του τυχόν συμπαρασυρόμενου αδρανούς υλικού.

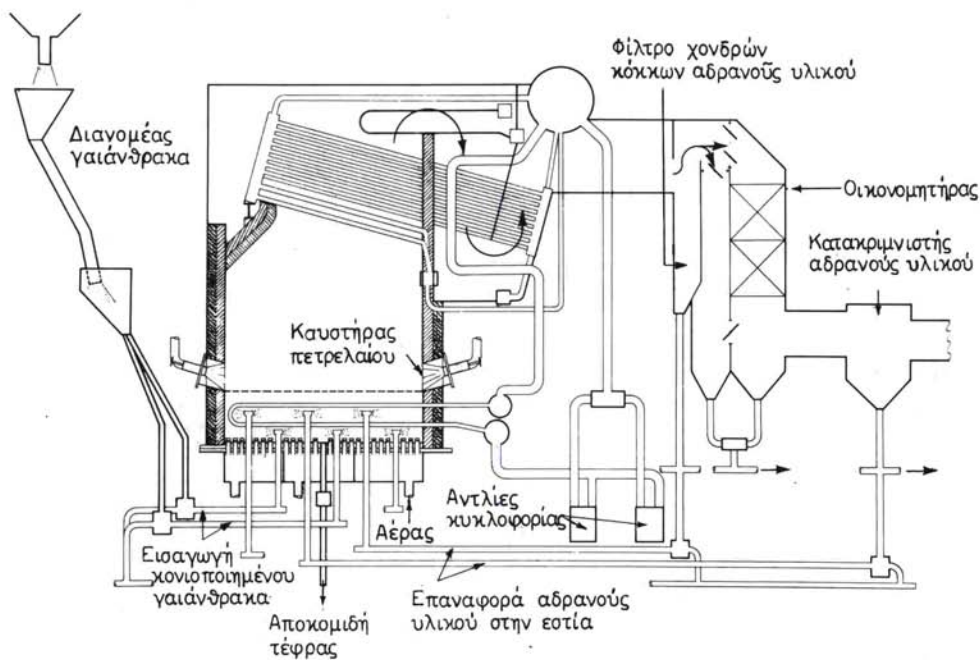
Στο σχήμα 12.20ι φαίνεται ένας συμβατικός λέβητας B & W για καύση γαιάνθρακα και πετρελαίου πάνω σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα. Διακρίνουμε την εισαγωγή αέρα, την έγχυση πετρελαίου, την τροφοδότηση και εμφύσηση του γαιάνθρακα, τις αντλίες κυκλοφορίας του νερού, το λέβητα, οικονομητήρα, υπερθερμαντήρα, συλλέκτη αδρανούς υλικού, διαχωριστή των ανθρακιδίων και τα κυκλώματα επαναφοράς αυτών στην εστία. Η καύση σε ρευστοποιημένο υπόστρωμα εφαρμόστηκε και σε βοηθητικούς λέβητες λειτουργούντες με τα καυσαέρια των ΜΕΚ. Μια τέτοια διάταξη παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 12.20ιστ. Η αρχή λειτουργίας του έχει εξηγηθεί στην παράγραφο 8.14. Η διαφορά του από τους κύριους λέβητες FBC είναι ότι αυτός αντί για αέρα χρησιμοποιεί τα καυσαέρια της ΜΕΚ. Εργάζεται σε συνδυασμό με ένα βοηθητικό πετρελαιολέβητα τύπου Aalborg (Δανικής κατασκευής).



Σχ. 12.20ιδ.

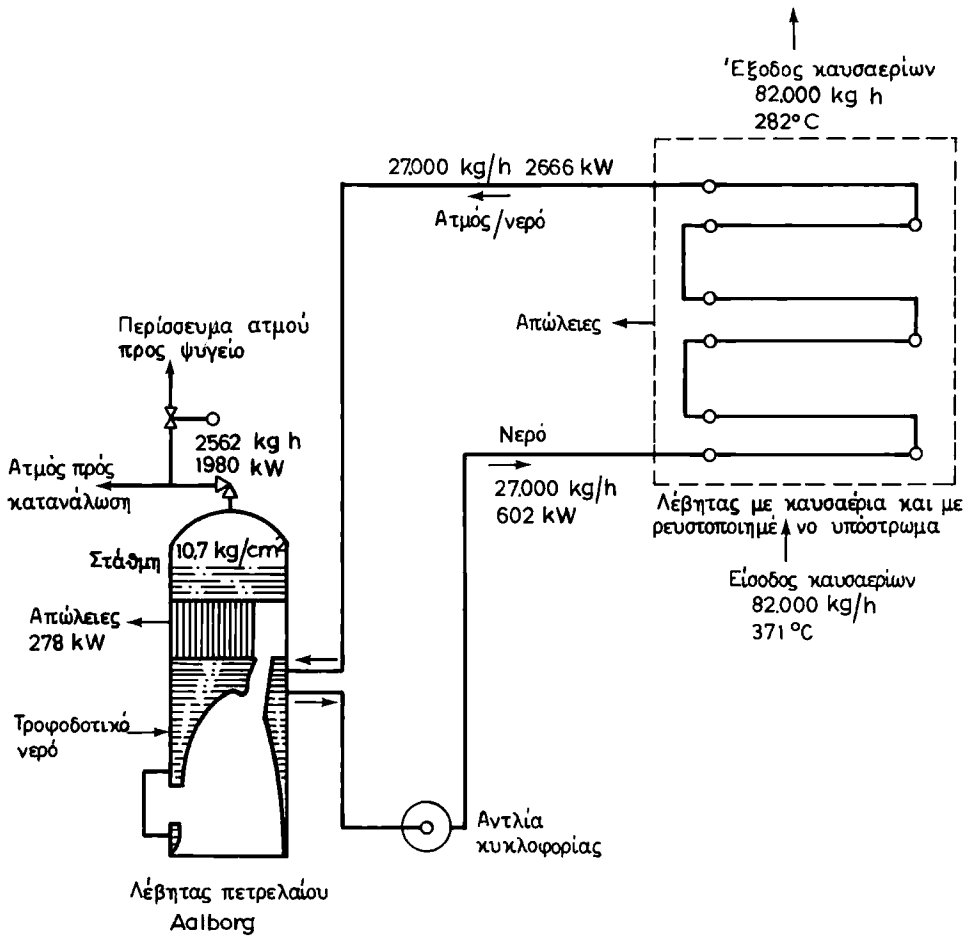
Διαγραμματική παράσταση λέβητα FBC που λειτουργεί με καυσαέρια.

Στο διάγραμμα επεξηγούνται τα βασικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας του. Ανάλογη είναι και η διάταξη με χρησιμοποίηση καυσαερίων προερχομένων από τους κύριους λέβητες του πλοίου.



Σχ. 12.20ιε.

Διάταξη λέβητα FBC κατασκευής B & W που λειτουργεί με πετρέλαιο και κονιοποιημένο γαϊάνθρακα.



Σχ. 12.20ιστ.

Διάταξη λέβητα FBC που λειτουργεί σε συνδυασμό με βοηθητικό λέβητα πετρελαίου τύπου Aalborg.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ Ή ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΑΚΤΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

13.1 Προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού.

Η προθέρμανση του νερού είναι απαραίτητη, γιατί με αυτή επιτυγχάνεται οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου και καλύτερη συντήρηση της όλης εγκαταστάσεως του λέβητα.

Είναι γνωστό ότι το νερό του συμπυκνώματος του ψυγείου έχει θερμοκρασία που κυμαίνεται στους 40°C, ενώ η θερμοκρασία, με την οποία συντελείται η ατμοποίηση στο λέβητα, φθάνει και τους 250°C σε ναυτικές εγκαταστάσεις και είναι ακόμη μεγαλύτερη στις εγκαταστάσεις ξηράς, όπου χρησιμοποιούνται λέβητες πάρα πολύ υψηλής πίεσεως.

Με την προθέρμανση μειώνεται αισθητά η διαφορά μεταξύ των δύο και αποφεύγεται η ψύξη των μερών του λέβητα, που είναι πλησιέστερα προς το τροφοδοτικό επιστόμιό του. Η ψύξη αυτή θα προκαλούσε ανομοιόμορφες συστολές του υλικού του λέβητα, ισχυρές τάσεις παραμορφώσεως και διαρροές.

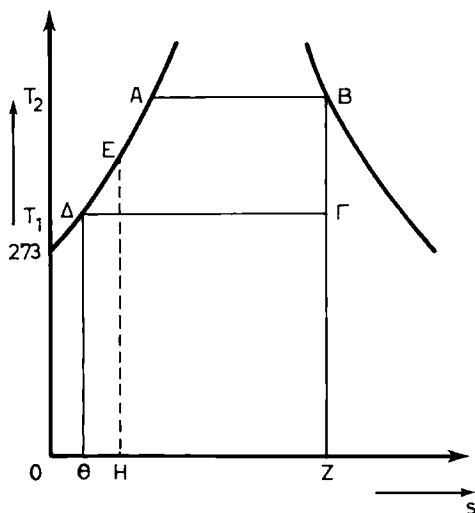
Με την προθέρμανση ελαττώνεται επίσης η περιεκτικότητα του νερού σε αέρα όπως γίνεται και στους εξαερωτήρες, και γι' αυτό περιορίζονται στο ελάχιστο οι διαβρώσεις των μερών του λέβητα που οφείλονται στο ελεύθερο οξυγόνο.

Η προθέρμανση διευκολύνει την κυκλοφορία και δημιουργεί ευνοϊκότερες συνθήκες ατμοπαραγωγής.

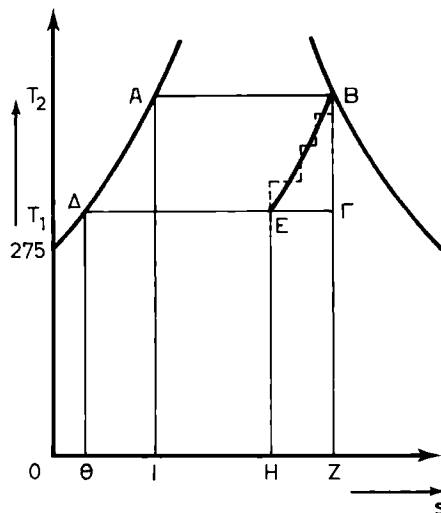
Η οικονομία στην κατανάλωση προέρχεται από το γεγονός ότι η θερμότητα που περιέχεται στις εξατμίσεις των μηχανημάτων χρησιμοποιείται επωφελώς για τη θέρμανση του νερού, το οποίο έτσι απορροφά λιγότερες θερμίδες από αυτές που παράγονται με την καύση στο λέβητα. Η θερμότητα αυτή διαφορετικά θα χάνονταν απαγόμενη από το νερό κυκλοφορίας του ψυγείου. Το ίδιο ισχύει και για την προθέρμανση του νερού με τη βοήθεια των προς την ατμόσφαιρα απαγομένων καυσαερίων του λέβητα. Τη θερμότητα των καυσαερίων αυτών εκμεταλλευόμαστε μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή που ονομάζεται **οικονομητήρας** και ενσωματώνεται στο λέβητα.

Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις, η προθέρμανση εκτελείται σε πολλές **φάσεις** ή **στάδια**, γι' αυτό και αποκαλείται **πολυσταδιακή**. Μ' αυτή το τροφοδοτικό νερό προθερμαίνεται περνώντας σε σειρά από πολλούς προθερμαντήρες, στους οποίους ως θερμαντικό μέσο χρησιμοποιείται ατμός απομαστεύσεως από ορισμένες διαβαθμίσεις του ατμοστρόβιλου.

Στο σχήμα 13.1α παριστάνεται διαγραμματικά διάταξη πολυσταδιακής προθερμάνσεως τριών φάσεων.



Σχ. 13.1β.



Σχ. 13.1γ.

πτωση που χρησιμοποιείται προθέρμανση, από τη σχέση $ΑΒΓΔΑ : ΑΒΖΗΕΑ$ και είναι προφανώς μεγαλύτερη από την προηγούμενη.

Η περίπτωση πάλι της πολυσταδιακής προθερμάνσεως, με χρησιμοποίηση ατμού από ενδιάμεσες εκτονωτικές βαθμίδες της μηχανής, παριστάνεται στο διάγραμμα $T-S$ του σχήματος 13.1γ. Αντί για την αδιαβατική εκτόνωση $ΒΓ$ έχουμε εδώ, κλιμακωτή εκτόνωση, που οφείλεται στη διαδοχική αφαίρεση θερμότητας από ενδιάμεσες βαθμίδες και ανάλογα με τον αριθμό τους· αυτό παριστάνεται στο σχήμα με τη διακοπόμενη τεθλασμένη γραμμή μεταξύ $Β$ και $Ε$, την οποία για ευκολία αντικαθιστούμε με την καμπύλη $ΒΕ$, παράλληλη προς την πρώτη ορική καμπύλη $ΑΔ$. Έτσι η θερμότητα που αφαιρείται για την προθέρμανση μετρείται με την επιφάνεια $ΒΖΗΕΒ$ και θα είναι ίση με αυτή που μετρείται με την επιφάνεια $ΑΙΘΔΑ$, δηλαδή με την αισθητή θερμότητα του νερού. Έτσι για την ατμοποίηση χορηγείται μόνο η μετρούμενη από την επιφάνεια $ΑΒΖΙΑ$.

Η απόδοση του κυκλώματος χωρίς προθέρμανση είναι $ΑΒΓΔΑ : ΑΒΖΘΔΑ$, ενώ αυτή με προθέρμανση είναι $ΑΒΕΔΑ : ΑΒΖΙΑ$, μεγαλύτερη από την προηγούμενη, γιατί παρόλο ότι δαπανάται η ωφέλιμη θερμότητα $ΒΓΕΒ$, κερδίζεται σε χορηγούμενη θερμότητα η $ΑΙΘΔΑ$, που είναι μεγαλύτερη κατά το τμήμα $ΓΖΗΕΓ$, το οποίο άλλωστε θα χανόταν στο ψυγείο.

Στην περίπτωση της προθερμάνσεως με τις εξαμίσεις η βελτίωση της απόδοσης της εγκατάστασης φθάνει τα 3-4%, ενώ στην πολυσταδιακή φθάνει μέχρι και 8% παρά την ελάττωση του έργου που παράγεται από τη μηχανή.

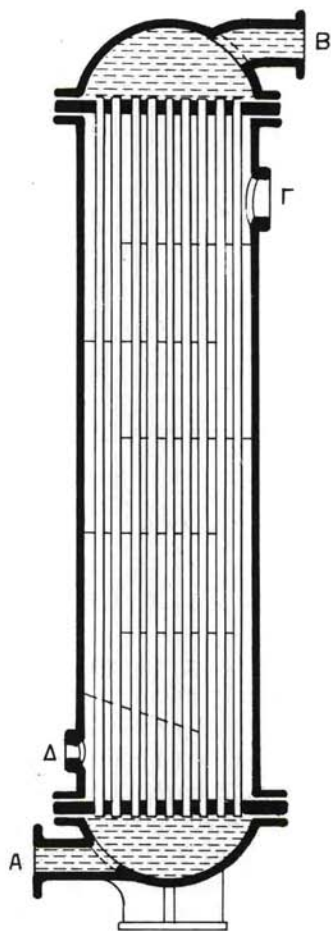
13.1.2 Είδη προθερμαντήρων.

Οι προθερμαντήρες νερού διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Σε προθερμαντήρες **αναμίξεως** και σε προθερμαντήρες **επιφάνειας**.

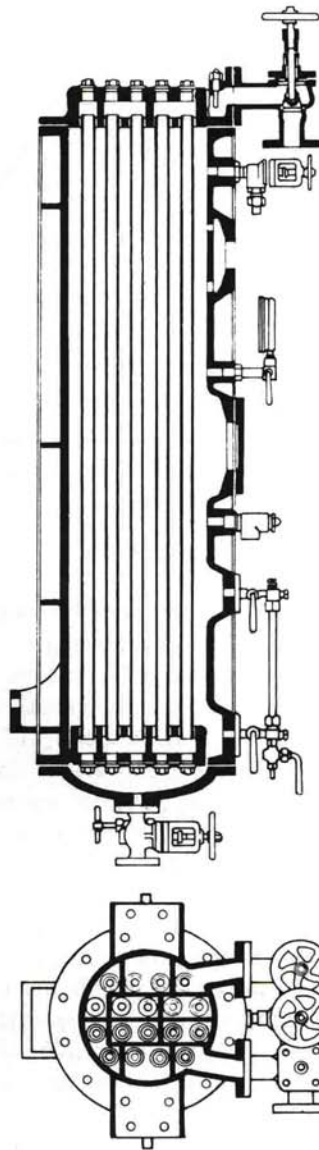
α) Προθερμαντήρες αναμίξεως.

Στους προθερμαντήρες αναμίξεως, που δε χρησιμοποιούνται σήμερα, η προ-



Σχ. 13.16.

A) Είσοδος νερού. B) Έξοδος νερού.
Γ) Είσοδος ατμού, ο οποίος πραγματοποιεί
κυματοειδή διαδρομή λόγω των
διαφραγμάτων. Δ) Εξαγωγή συμπυκνώματος.



Σχ. 13.1ε.

Κατακόρυφος προθερμαντήρας νερού
«Multiflow» κατασκευής Weir.

θέρμανση γίνεται με ράντιση του τροφοδοτικού νερού επάνω στις εξατμίσεις των μηχανημάτων μέσα στο ίδιο κέλυφος. Το μίγμα που προκύπτει είναι καθαρό τροφοδοτικό νερό θερμοκρασίας κατά μέγιστο όση αυτή των εξατμίσεων, οι οποίες συμπυκνούμενες χορηγούν τη λανθάνουσα θερμότητά τους.

Οι προθερμαντήρες αναμίξεως χρησίμεψαν ως πρόδρομοι της απαραίτητης σήμερα για όλες τις σύγχρονες εγκαταστάσεις εξαεριστικής δεξαμενής.

Παρακάτω θα περιγράψουμε τους προθερμαντήρες επιφάνειας και τους κυριότερους τύπους εξαεριστικής δεξαμενής ή απλά εξαεριστή.

β) Προθερμαντήρες επιφάνειας.

Οι προθερμαντήρες επιφάνειας χαρακτηρίζονται ως προθερμαντήρες Χ.Π., όταν λειτουργούν με πιέσεις νερού μέχρι 7 kp/cm^2 και Υ.Π. όταν λειτουργούν με υψηλότερες πιέσεις, μέχρι και 60 kp/cm^2 .

Οι Χ.Π. εγκαθίστανται στη σωλήνωση της αναρροφήσεως της τροφοδοτικής αντλίας, ενώ οι Υ.Π. στη σωλήνωση της καταθλίψεως αυτής προς το λέβητα.

Σε πολυσταδιακά συστήματα αναθερμάνσεως του νερού είναι αναγκαίο να χαρακτηρίζονται ως προθερμαντήρες Υ.Π., Μ.Π., Χ.Π. αντίστοιχα.

Από κατασκευαστική άποψη οι προθερμαντήρες αυτοί δε διαφέρουν ουσιαστικά από τα ήδη γνωστά μας ψυγεία.

Με τη βοήθεια καταλλήλων διαφραγμάτων, τα οποία τοποθετούνται στους δύο συλλέκτες, ρυθμίζεται ώστε το νερό που κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς, να πραγματοποιεί περισσότερες από μια διαδρομές (μέχρι 8). Ανάλογη κυματοειδής διαδρομή πραγματοποιείται από το θερμαίνοντα ατμό, ο οποίος περιβάλλει τους αυλούς με τη βοήθεια εγκαρσίων προς τους αυλούς διαφραγμάτων, τα οποία χρησιμοποιούν και για τη στήριξη των αυλών.

Με την πολλαπλή αυτή ροή των δύο ρευστών επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση κατά τη μετάδοση της θερμότητας και η μέγιστη ελάττωση των διαστάσεων της συσκευής.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αυλοί κατασκευάζονται σε σχήμα U, οπότε η συσκευή κατασκευάζεται με ένα μόνο πώμα και μία αυλοφόρα πλάκα, στην οποία εκτονώνονται και τα δύο άκρα των αυλών σχήματος U. Με τη βοήθεια διαμήκους διαφράγματος στο πώμα το νερό πραγματοποιεί τότε δύο μόνο διαδρομές.

Οι προθερμαντήρες Χ.Π. κατασκευάζονται με τραβηκτούς αυλούς και πλάκες από ορείχαλκο ή από μέταλλο Muntz, ενώ τα πώματα και τα κελύφη γίνονται χυτοσιδερένια ή από μαλακό χάλυβα.

Οι προθερμαντήρες Υ.Π. κατασκευάζονται αντίστοιχα με τραβηκτούς αυλούς και πλάκες από χαλκό ή κράμα χαλκού-νικελίου (cupro-nickel), τα πώματα από μαλακό σφυρήλατο χάλυβα και τα κελύφη από ελάσματα μαλακού χάλυβα.

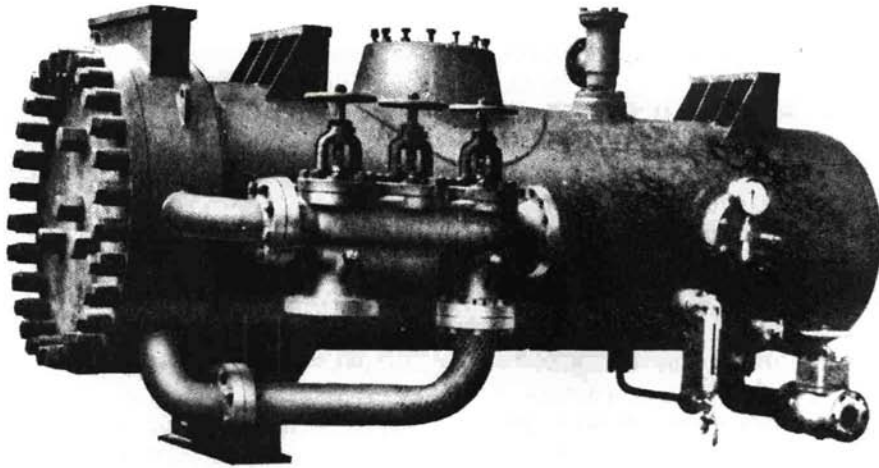
Οι προθερμαντήρες κατασκευάζονται οριζόντιοι ή κατακόρυφοι.

Τα συνήθη εξαρτήματα, τα οποία φέρουν (εκτός από τα κύρια μέρη, από τα οποία αποτελούνται), είναι: θυρίδες επιθεωρήσεως και καθαρισμού, βαλβίδες εισόδου και εξόδου του νερού και του ατμού, εξαεριστικά του χώρου ατμού και νερού, ασφαλιστικά, βαλβίδες ατμού και νερού και υδροδεικτών υγρών, δηλαδή του συμπυκνώματος του ατμού θερμάνσεως.

Στο σχήμα 13.1δ παριστάνεται απλός προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού απλής διαδρομής.

Στο σχήμα 13.1ε παριστάνεται κατακόρυφος προθερμαντήρας πολλαπλής ροής τύπου «Multi Flow» κατασκευής Weir, όπου διακρίνουμε καθαρά την εσωτερική διαμόρφωση των διαφραγμάτων των πωμάτων για την επίτευξη των επανειλημμένων διαδρομών του νερού.

Ανάλογος είναι και ο πολυσταδιακός προθερμαντήρας Weir (multi stage feed walter heater) που φαίνεται σε φωτογραφία στο σχήμα 13.1στ).



Σχ. 13.1στ.

Πολυσταδιακός προθερμαντήρας Weir.

13.1.3 Η εξαεριστική δεξαμενή (De-aerating feed tank—D.F.T.).

Η εξαεριστική δεξαμενή ή δεξαμενή απαερίωσης του νερού (θερμοδοχείο) αποτελεί μέρος της όλης εγκαταστάσεως που σχετίζεται με το τροφοδοτικό νερό. Αποσκοπεί στην απαλλαγή του από τα σε διάλυση μέσα σ' αυτό ευρισκόμενα αέρια, πριν αυτό εισέλθει στο λέβητα.

Είναι γνωστό ότι τα αέρια είναι διαλυτά στα υγρά σε έκταση, η οποία εξαρτάται από τη φύση του αερίου και του υγρού, την πίεση και τη θερμοκρασία τους.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει άζωτο, οξυγόνο, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα, που εισέρχονται στο νερό όταν αυτό βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα, σε ποσότητα που εξαρτάται από τη διαλυτότητα του αερίου στο νερό και τη θερμοκρασία του νερού και η οποία είναι ανάλογη προς τη μερική πίεση του κάθε αερίου.

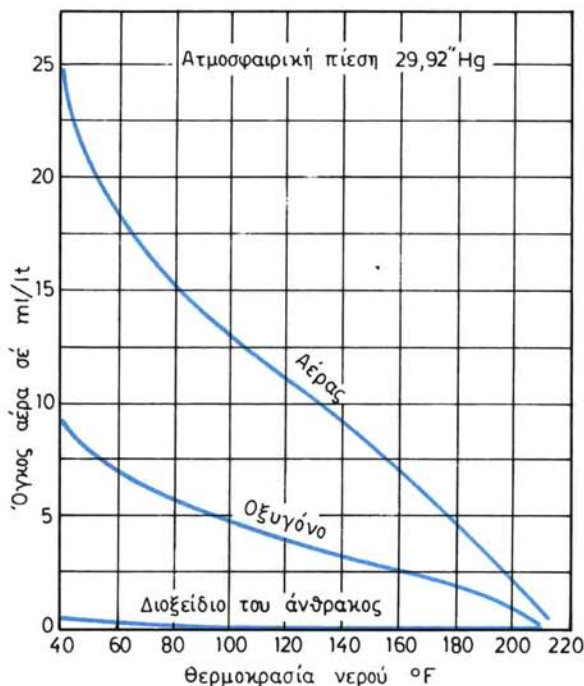
Σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία 0°C οι συντελεστές απορροφήσεως δίνονται στον πίνακα 13.1.1 όπου περιλαμβάνονται και άλλα δεδομένα που σχετίζονται με τη διάλυση των αερίων αυτών στο νερό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.1.1.

Αέριο	Κατ' όγκο περιεκτικότητα στον αέρα	Μερική πίεση επί συνόλου 1 Ata	Συντελεστής απορροφήσεως	Ποσότητα του αερίου που βρίσκεται σε διάλυση στο νερό σε ml/lit	Αναλογία διαλυμένου αερίου κατ' όγκο
Άζωτο N ₂	78%	0,78	0,0239	18,64	63,3
Οξυγόνο O ₂	21%	0,21	0,0489	10,26	34,9
Διοξείδιο ανθρακα CO ₂	0,03%	0,0003	1,713	0,51	1,8

Παρατηρούμε ότι το CO₂ παρουσιάζει μεγάλη τάση απορροφήσεως του από το νερό και σχηματισμό ανθρακικού οξέος, η δε παρουσία του O₂ μέσα στο νερό του λέβητα, σε συνδυασμό προς την οξύτητά του λόγω του ανθρακικού οξέος, προκαλεί διαβρώσεις στα ελάσματα των λεβήτων.

Το αγνό τροφοδοτικό νερό εκτιθέμενο στην ατμόσφαιρα απορροφά γρήγορα οξυγόνο και CO₂, η δε αύξηση της θερμοκρασίας του το καθιστά περισσότερο οξειδωτικό.



Σχ. 13.1ζ.

Οι καμπύλες του σχήματος 13.1ζ δίνουν την εικόνα του φαινομένου της διαλυτότητας των αερίων και ιδιαίτερα του O_2 , CO_2 και αυτού τούτου του αέρα. Παρέχουν δηλαδή τον όγκο του αέρα, O_2 και CO_2 , που μπορεί να συγκρατηθεί από το νερό σε διάφορες θερμοκρασίες όταν είναι κορεσμένο από αέρα και σε ατμοσφαιρική πίεση.

Για να ελαττωθούν στο ελάχιστο τα επιβλαβή αποτελέσματα από την επίδραση των διαλυμένων αερίων στο τροφοδοτικό νερό απαιτείται η πλήρης απαλλαγή του από τον αέρα με τον οποίο έρχεται σε επαφή. Σ' αυτό το σημείο έτεινε η διαμέσου των ετών προσπάθεια των κατασκευαστών να βελτιώσουν το τροφοδοτικό σύστημα.

Έτσι τα τροφοδοτικά συστήματα εξελίχθηκαν από το ανοικτό, στο ημίκλειστο, το κλειστό υπό κενό και κλειστό υπό πίεση, τα οποία και περιγράφονται λεπτομερώς στους ατμοστρόβιλους. Εδώ θα περιγράψουμε τη δεξαμενή απαερίωσης, με την οποία επιτυγχάνεται η πλήρης απαλλαγή του νερού, προτού εισέλθει στο λέβητα από τον αέρα και τα άλλα αέρια.

Η λειτουργία της βασίζεται στη μείωση της τάσεως του νερού να απορροφά οξυγόνο και αέρια, όσο η θερμοκρασία του ανεβαίνει. Η τάση αυτή μηδενίζεται, όπως διαπιστώνεται από τις καμπύλες του σχήματος 13.1ζ όταν η θερμοκρασία του νερού φθάσει σ' αυτή του βρασμού ($212^\circ F$ ή $100^\circ C$) υπό ατμοσφαιρική πίεση.

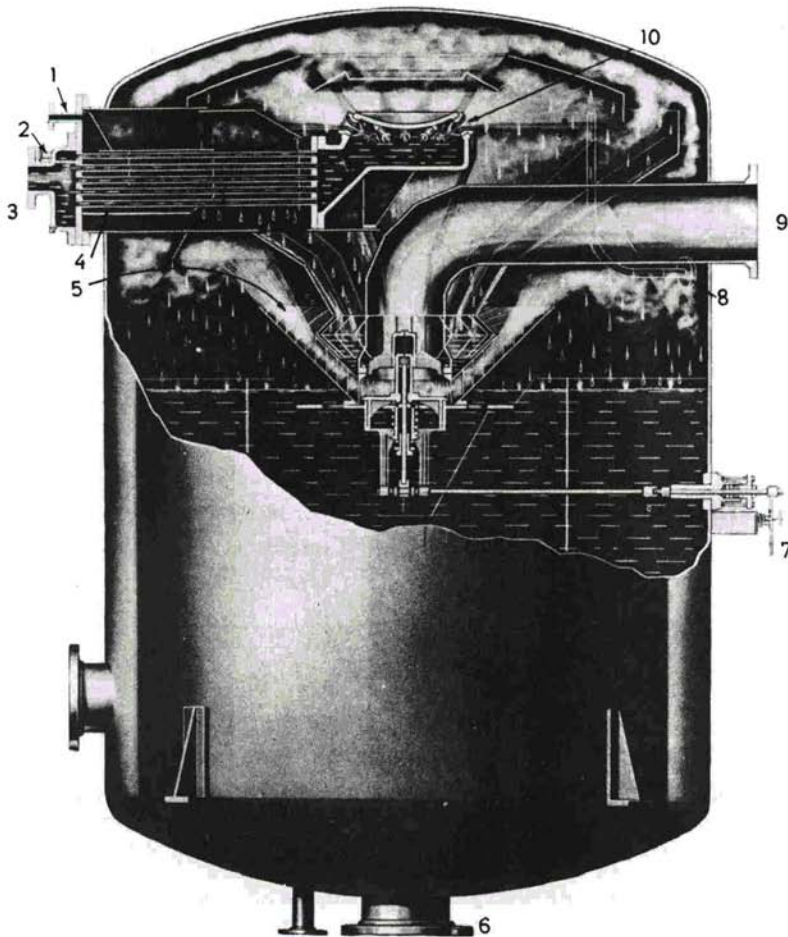
Η εξαεριστική δεξαμενή αποτελεί μέρος του τελευταίου από τα τροφοδοτικά συστήματα που προαναφέραμε, δηλαδή του λεγόμενου κλειστού υπό πίεση.

α) Δεξαμενή απαερίωσης τύπου Elliot.

Αποτελεί τυπική μορφή εξαεριστικής δεξαμενής (σχ. 13.1η).

Η λειτουργία της έχει ως εξής: Το καταθλιβόμενο συμπύκνωμα περνά πρώτα από το ψυγείο εξαερισμού και στη συνέχεια διαμέσου ακροφυσίων. Αυτά διασκορπίζουν το νερό σε λεπτότατα σταγονίδια, τα οποία λόγω του βάρους τους πέφτουν στο κάτω μέρος του κωνικού συλλέκτη περνώντας διαμέσου διατρήτων ελασμάτων.

Από το κέντρο του κωνικού συλλέκτη περνούν οι εξατμίσεις του βοηθητικού δικτύου ή ατμός από



Σχ. 13.1η.

Δεξαμενή απαερίωσης τύπου Elliot.

- 1) Έξοδος αέρα. 2) Ανακυκλοφορία. 3) Είσοδος νερού. 4) Ψυγείο αερίων. 5) Εξαεριστικό συγκρότημα. 6) Έξοδος νερού. 7) Βαλβίδα ελέγχου. 8) Υγρά υψηλής πίεσης. 9) Είσοδος ατμού. 10) Βαλβίδες διασκορπισμού.

απομάκρυνση από τον κύριο στρόβιλο, ο οποίος με τη βοήθεια εκχυτήρα συμπυκνώνει το συγκεντρωμένο νερό αναμιγνυόμενος με αυτό. Το νερό άγεται έτσι σε θερμοκρασία βρασμού, όπου η ικανότητά του για διάλυση αέρα μηδενίζεται και απαλλάσσεται τελείως από τον αέρα και τα υπόλοιπα αέρια. Το νερό που απαερίωθηκε καταλήγει στο κάτω μέρος της δεξαμενής, από εκεί δε το αναρροφά η ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως και το καταθλίβει υπό πίεση 5,17 bar προς την αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας.

Τα αέρια του νερού μαζί με ποσότητα υγρασίας συγκεντρώνονται στο υψηλότερο σημείο της δεξαμενής όπου με τη βοήθεια του ψυγείου εξαερισμού η υγρασία συμπυκνούμενη οδηγείται προς τον κωνικό συλλέκτη ενώ τα αέρια που δεν συμπυκνώθηκαν απάγονται προς την ατμόσφαιρα.

Το τροφοδοτικό νερό με την επεξεργασία που υφίσταται μέσα στην εξαεριστική δεξαμενή, προθερμαίνεται ταυτόχρονα επαρκώς σε θερμοκρασία 100°C περίπου. Χρησιμοποιεί άρα η εξαεριστική δεξαμενή και σαν ένα είδος προθερμαντήρα τροφοδοτικού νερού.

β) Δεξαμενή απαερίωσης τύπου Weir.

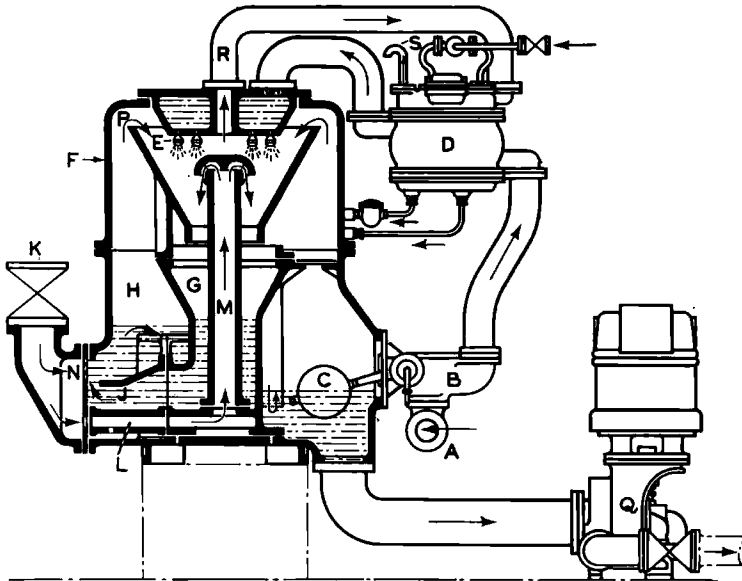
Ο τύπος αυτός εξαεριστικής δεξαμενής ο οποίος στην αγγλική ονομάζεται Weir Optimum Deaerator εικονίζεται στο σχήμα 13.1θ σε τυπική διάταξη, η οποία περιλαμβάνει επίσης εκχυτήρα αέρα δύο φάσεων και εξαγωγική αντλία.

Το ψυχρό μη επεξεργασμένο νερό εισέρχεται στο Α, περνά τη βαλβίδα ελέγχου Β, ελεγχόμενη από τον πλωτήρα C, και από τους ψυκτήρες των εκχυτήρων D. Με την ψύξη του ατμού, με τον οποίο λειτουργούν οι εκχυτήρες, η θερμοκρασία υψώνεται μερικούς βαθμούς και το νερό περνά στα ακροφύσια Ε.

Το σώμα του εξαεριστή F έχει δύο κύριους χώρους G και Η.

Ο κεντρικός G βρίσκεται σε επικοινωνία με τον εξωτερικό Η με τη δίοδο J.

Ο ατμός θερμάνσεως εισέρχεται στο K και ένα μέρος του περνά κατευθείαν στην κορυφή του εξαεριστή διαμέσου της δίοδου L και του εσωτερικού σωλήνα Μ. Ο ατμός που εναπομένει περνά από τη διάτρητη πλάκα διανομής Ν διαμέσου του νερού στο χώρο Η και στη συνέχεια με τη δίοδο Ρ ρέει στους διασκορπιστήρες στο ανώτερο μέρος του εξαεριστή.



Σχ. 13.1θ.

Δεξαμενή απαερίωσης τύπου Weir.

Το νερό όταν εισέρχεται στον εξαεριστή με τα διασκορπιστικά ακροφύσια Ε διασπάται, ώστε να ελευθερώνεται το μεγαλύτερο μέρος των αερίων.

Ταυτόχρονα ο ατμός που παρέχεται διαμέσου του εσωτερικού σωλήνα Μ και της δίοδου Ρ θερμαίνεται το διασκορπιζόμενο νερό σε θερμοκρασία βρασμού. Έτσι επαυξάνεται ο εξαερισμός του νερού το οποίο και πέφτει στο χαμηλότερο χώρο G. Το νερό που διασκορπίστηκε στη συνέχεια άγεται στη θερμοκρασία βρασμού την αντίστοιχη προς το κενό που δημιουργείται από τους εκχυτήρες αέρα και από το μεγαλύτερο μέρος των μη συμπυκνωμένων αερίων, τα οποία ελευθερώθηκαν. Το νερό στη συνέχεια πέφτει μέσα στο χώρο G και ρέει προς το χώρο Η διαμέσου της δίοδου J και συναντά τον ατμό από τις οπές της διάτρητης πλάκας Ν.

Το νερό όταν περνά από το J στο Η υπόκειται σε έντονο αναβρασμό και ενέργεια αποξέσεως πραγματοποιούμενη από τον ατμό που προέρχεται από την πλάκα Ν. Έτσι το σύνολο του νερού **κτενίζεται** από τον εισερχόμενο ατμό, ο οποίος διώχνει κάθε υπόλοιπο από μη συμπυκνωμένα αέρια.

Προβλέπεται ένας υδροφράκτης, ώστε οι οπές της πλάκας Ν να είναι πάντοτε βυθισμένες. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι όλο το νερό κατά τη διαδρομή του από τον εξαεριστή θα υποβληθεί στην έντονη απόξεση από τον ατμό, που έρχεται μέσα από τις οπές της πλάκας Ν.

Το νερό που θερμάνθηκε και εξαερίωθηκε μετά τη δίοδο του από τον υδροφράκτη υποχρεώνεται να περάσει κάτω από διάφραγμα προς την εξαγωγή και από εκεί προς την εξαγωγική αντλία Q, η οποία το καταθλίβει στην αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας.

Ο πλωτήρας C ελέγχει τη βαλβίδα εισαγωγής B και διατηρεί τη στάθμη σε αντιστοιχία προς τις απαιτήσεις της εξαγωγικής αντλίας σε όλες τις διακυμάνσεις του φορτίου.

Ο ελευθερούμενος αέρας περνά από το διασκορπιστήρα νερού, γίνεται προοδευτικά ψυχρότερος, απαλλάσσεται τελείως από τον ατμό και ψύχεται προτού εισέλθει διαμέσου του σωλήνα R στον εκχυτήρα D, από όπου τελικά εξάγεται στην ατμόσφαιρα διαμέσου του σωλήνα S.

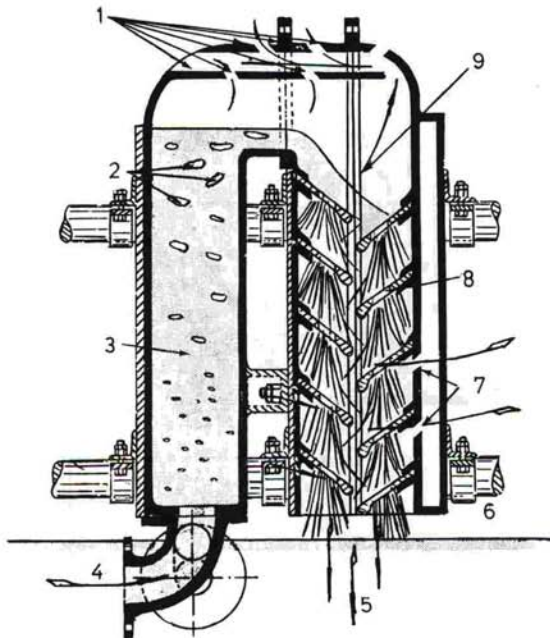
Η πίεση κάτω από την αντλία εξαγωγής είναι συνήθως 1,03-1,37 bar.

Ο εκχυτήρας είναι τύπου 2 φάσεων και εργάζεται με ατμό 10 bar περίπου.

Αν ο εξαεριστήρας είναι δυνατό να τοποθετηθεί ψηλά, ώστε να δίνει την αναγκαία στήλη προς την τροφοδοτική αντλία, τότε μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς εξαγωγική αντλία.

γ) Εξαεριστής τύπου Thermo.

Αξιοσημείωτος είναι ο εξαεριστής του οίκου Thermo (σχ. 13.1ι) ο οποίος τοποθετείται αυτοίσιος μέσα στον ατμοθάλαμο, όπου και επιτυγχάνεται ο εξαερισμός του νερού.



Σχ. 13.1ι.

1) Εξαεριστικές οπές διαλυμένου O_2 και CO_2 . 2) Ανερχόμενες φυσαλίδες αερίων. 3) Θάλαμος προ-θερμάνσεως. 4) Είσοδος τροφοδοτικού νερού. 5) Κάθοδος νερού από τον εξαεριστή προς τον υδροθάλαμο υπό θερμοκρασία αντίστοιχη με την πίεση του λέβητα. 6) Στάθμη νερού. 7) Εξαεριστικά ατμού. 8) Διάτρητοι δίσκοι. 9) Μέγιστος αποχωρισμός O_2 και CO στο σημείο αυτό.

Το νερό εισερχόμενο στο λέβητα περνά από την κύρια ή βοηθητική τροφοδοτική σωλήνωση, η οποία συνδέεται με την εισαγωγή του εξαεριστή. Μέσα σ' αυτόν ανεβαίνει, υπερεκχειλίζει και ρέει στη συνέχεια προς το θάλαμο διατρήτων δίσκων. Εκεί, καθώς κατεβαίνει διασπάται σε λεπτά σταγονίδια στιγμιαία θερμαινόμενα στη θερμοκρασία βρασμού, η οποία αντιστοιχεί στον ατμοθάλαμο και όλο το διαλυμένο οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα εγκαταλείπουν το τροφοδοτικό νερό που πέφτει έτσι ελεύθερο προς τον υδροθάλαμο.

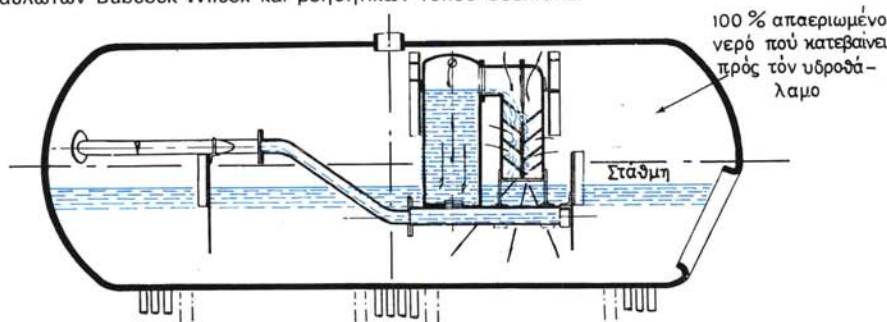
Το O_2 και CO_2 διαφεύγουν με κατάλληλα εξαεριστικά προς τον ατμοθάλαμο, όπου η παρουσία τους είναι απόλυτα αβλαβής.

Αυτά τελικά εξέρχονται από το λέβητα μαζί με τον ατμό.

Με το σύστημα αυτό είναι απολύτως αδύνατο στο O_2 και το CO_2 να μπουν μέσα στον υδροθάλαμο.

Στο σχήμα 13.1α παριστάνεται ένας εξαερωτήρας αυτού του τύπου εγκατεστημένος σε λέβητα Foster-Wheeler.

Ανάλογη είναι και η τοποθέτησή του σε ατμοθάλαμους λεβήτων κυλινδρικών Howden-Jonson, υδραυλικών Babcock-Wilcox και βοηθητικών τύπου Cochran.



Σχ. 13.1α.

Εξαερωτήρας τύπου Thermco σε ατμοϋδροθάλαμο υδραυλικού λέβητα Foster-Wheeler.

13.2 Οικονομητήρες.

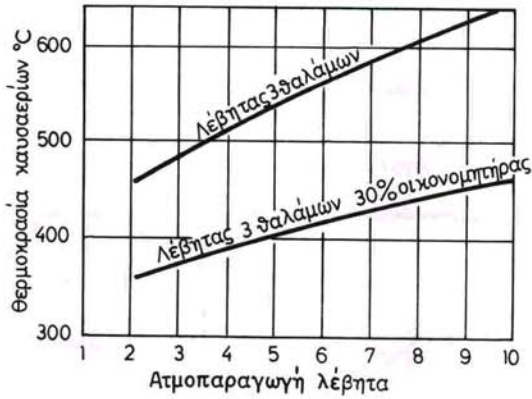
Ο οικονομητήρας αποτελείται από συγκρότημα αυλών, οι οποίοι τοποθετούνται επάνω από τις δέσμες των ατμογόνων αυλών. Συνδέεται με εξωτερικές σωληνώσεις προς το τροφοδοτικό σύστημα, ώστε το νερό να ρέει από τους αυλούς του, προτού εισέλθει στο λέβητα. Τα θερμά καυσαέρια του καπνοθάλαμου περιβάλλουν τους αυλούς και δίνουν σ' αυτούς θερμότητα, με αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του τροφοδοτικού νερού και την εξοικονόμηση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας. Η οικονομία που επιτυγχάνεται ανέρχεται σε 10% περίπου ανά $10^{\circ}F$ ή $5,5^{\circ}C$ ανυψώσεως της θερμοκρασίας του τροφοδοτικού νερού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ καυσαερίων και νερού στη βάση της καπνοδόχου, η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται καλύτερα στον οικονομητήρα παρά στα ατμογόνα στοιχεία του λέβητα.

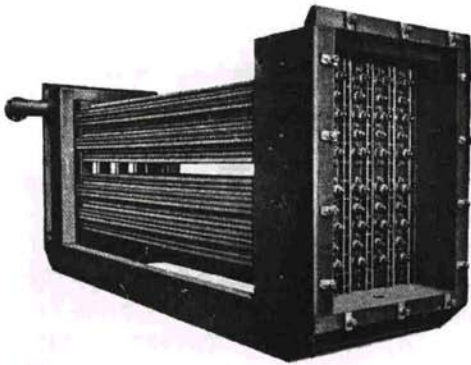
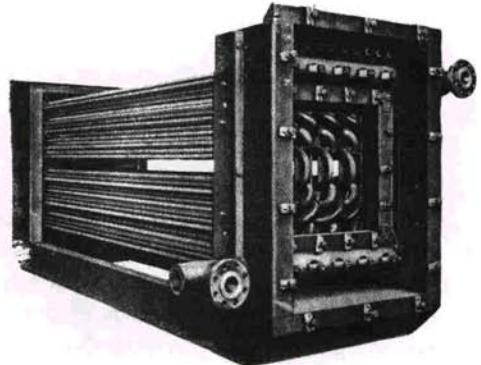
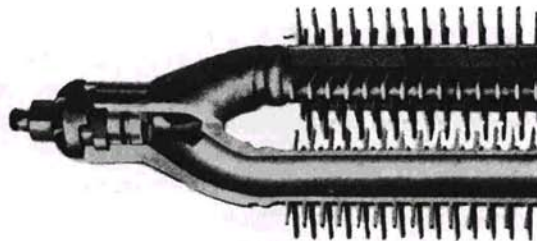
Το σχήμα 13.2α παριστάνει σύγκριση μεταξύ θερμοκρασιών καυσαερίων στην καπνοδόχο δύο ομοίων λεβήτων, του ενός χωρίς οικονομητήρα και του άλλου με οικονομητήρα 30%, δηλαδή με επιφάνεια οικονομητήρα 30% της ολικής θερμοαίμενης επιφάνειας του ατμολέβητα (συμπεριλαμβανομένων των θερμοαίμενων επιφανειών υπερθεμαντήρα και οικονομητήρα).

Οι καμπύλες δείχνουν ότι στην ειδική αυτή περίπτωση επιτυγχάνεται μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων καπνοδόχου κυμαινόμενη από $30^{\circ}C$ (στο χαμηλό φορτίο) μέχρι $80^{\circ}C$ (στο πλήρες φορτίο). Στον οριζόντιο άξονα του σχήματος σημειώνονται τα ποσοστά του φορτίου σε δέκατα.

Στα σχήματα 13.2β και 13.2γ δίνονται η εμπρός και πίσω όψη ενός οικονομητήρα. Στα σχήματα 13.2δ και 13.2ε εικονίζονται τα συγκολλητά πτερύγια, τα οποία προσαρμόζονται στους αυλούς του οικονομητήρα, με σκοπό την επαύξηση της επιφάνειας μεταδόσεως της θερμότητας του στοιχείου. Στο σχήμα 13.2στ εικονίζονται οι αυλοί άλλου τύπου οικονομητήρα, οι οποίοι περιβάλλονται από πτερυγωτούς δακτύλιους.



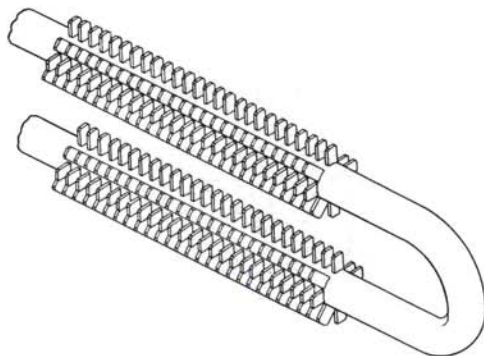
Σχ. 13.2α.

Σχ. 13.2β.
Εμπρόσθια όψη οικονομητήρα.Σχ. 13.2γ.
Οπίσθια όψη οικονομητήρα.Σχ. 13.2δ.
Συγκολλητά πτερύγια αυλού οικονομητήρα.

Στο σχήμα 13.2ζ φαίνεται ένας οικονομητήρας με ευθείς αυλούς τη στιγμή που εκκαπνίζεται με τον ειδικό για το σκοπό αυτό εκκαπνιστήρα.

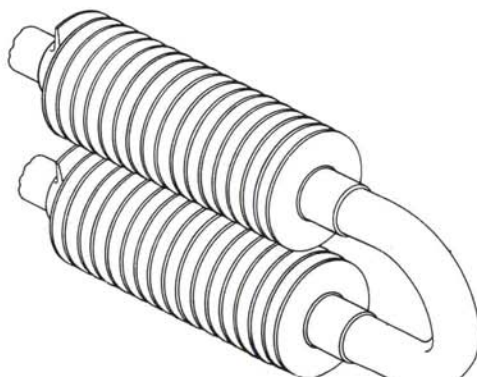
Στο σχήμα 13.2η φαίνεται οικονομητήρας ο οποίος αποτελείται από στοιχεία

πολλαπλού βρόχου (multi-loop), που αναγκάζουν το νερό να διασταυρωθεί πολλές φορές με τα θερμά καυσαέρια.



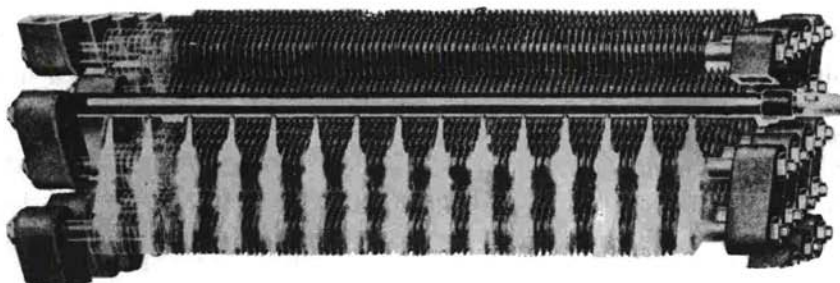
Σχ. 13.2ε.

Στοιχείο οικονομητήρα με συγκολλητά πτερύγια.



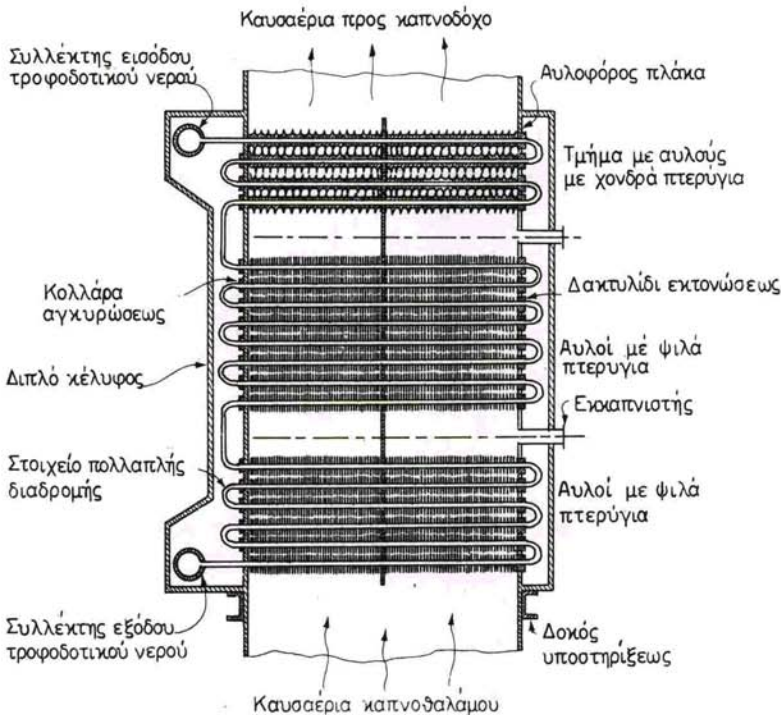
Σχ. 13.2στ.

Στοιχείο οικονομητήρα με δακτύλιους.



Σχ. 13.2ζ.

Οικονομητήρας τη στιγμή που εκκαπνίζεται.



Σχ. 13.2η.

Οικονομητής με στοιχεία πολλαπλού βρόχου.

13.3 Υπερθερμαντήρες (superheaters).

Ένας υπερθερμαντήρας σε γενικές γραμμές αποτελείται από συγκρότημα αυλών που εσωτερικά διαρρέονται από τον κορεσμένο ατμό, ενώ εξωτερικά θερμαίνονται με ακτινοβολία της εστίας ή με αγωγή από τα καυσαέρια.

Μέσα στον υπερθερμαντήρα γίνεται η υπό σταθερή πίεση θέρμανση του κορεσμένου ατμού. Έτσι εξατμίζεται η υγρασία του ατμού, ο οποίος αρχικά γίνεται ξηρός, και στη συνέχεια αποκτά υψηλότερη θερμοκρασία και αντίστοιχα μεγαλύτερο ειδικό όγκο.

13.3.1 Το κέρδος από την υπερθέρμανση.

Συνίσταται στην επαύξηση της θερμικής αποδόσεως των μηχανών και στην επίτευξη ορισμένων άλλων πλεονεκτημάτων που σχετίζονται με την ίδια τη λειτουργία και συντήρησή τους.

Στο σχήμα 13.3α παραστήνεται σε διάγραμμα T-S, κατά τη γνωστή μέθοδο, η λειτουργία της ατμομηχανής (παλινδρομικής ή ατμοστρόβιλου) με υπέρθερμο ατμό.

Μας είναι γνωστό ότι ο βαθμός αποδόσεως με χρήση κορεσμένου ατμού παραστήνεται από τη σχέση των εμβαδών ΑΒΓΕΑ : ΑΒΖΘΕΑ. Αντίστοιχα με χρήση υπέρθερμου, θα είναι ίσος με το λόγο ΑΒΙΚΕΑ : ΑΒΙΛΘΕΑ που είναι μεγαλύτερο από τον προηγούμενο.

Με βάση τα παραπάνω, τα παραδεκτά όρια κυμαίνονται γύρω στους 315°-371°C προς χρήση υπέρθερμου στις παλινδρομικές μηχανές και 426°-565°C στους ατμοστρόβιλους.

13.3.3 Η ταχύτητα ροής του ατμού στον υπερθερμαντήρα.

Αυτή αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την καλή συντήρηση του υπερθερμαντήρα.

Η επαρκής ροή ατμού κατά τη λειτουργία του υπερθερμαντήρα ψύχει το υλικό και το προστατεύει από την υπερθέρμανση.

Κατά την «εν όρμω» λειτουργία εξασφαλίζεται η ροή αυτή με την τροφοδότηση ορισμένων μηχανημάτων, όπως των στροβιλοηλεκτρικών, με υπέρθερμο ατμό ή με άνοιγμα του επιστομίου υγρών του υπερθερμαντήρα. Εξασφαλίζεται επίσης με πρόσμιξη μικρής ποσότητας υπέρθερμου στον κορεσμένο των βοηθητικών μηχανημάτων.

Σε σύγχρονους λέβητες τοποθετούνται κατάλληλα ροήμετρα (flow meters) για τον έλεγχο της ταχύτητας ροής. Φέρουν ενδείξεις της ροής και των ορίων, κάτω από τα οποία αρχίζει ο κίνδυνος υπερθερμάνσεως του υλικού του υπερθερμαντήρα. Τα όργανα αυτά εκπέμπουν μερικές φορές, και ακουστικά ή οπτικά προειδοποιητικά σήματα και φέρουν πάνω τους χαραγμένη την περιοχή κινδύνου λόγω μικρής ταχύτητας ροής του ατμού.

Η μικρή ταχύτητα ροής του ατμού μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανση του υλικού του υπερθερμαντήρα, από την οποία προέρχεται η καταστροφή του, τοπική ή και γενικότερη.

Η γενικότερη οφείλεται βασικά σε εσωτερική πυρκαϊά, που αρχίζει από έλλειψη ατμού, η οποία και προκαλεί την αρχική υπερθέρμανση των αυλών. Το αποτέλεσμα είναι η διάσπαση των υδρατμών σε υδρογόνο και οξυγόνο. Το υδρογόνο αρχίζει να καίγεται στους 704°C, ενώ το εκλυόμενο οξυγόνο υποβοηθεί την καύση του σιδήρου. Ο σίδηρος αρχίζει να καίγεται προς μέλαν οξειδίο του σιδήρου.

Η πυρκαϊά σιδήρου συνεχίζεται από μόνη της και είναι αδύνατο να καταπολεμηθεί με αποπνιγμό του καυσιγόνου αέρα ή με ράντιση με νερό, δεδομένου ότι το νερό διασπάται ξανά και αποδίδει υδρογόνο και οξυγόνο. Έτσι επέρχεται ολοσχερής η καταστροφή των αυλών του υπερθερμαντήρα [πράγμ. 17.3(9)].

Για την καταπολέμησή της απαιτείται η χρήση πολύ μεγάλων ποσοτήτων νερού, ώστε να επέλθει ψύξη του υλικού και να κατεβεί η θερμοκρασία του καιόμενου σιδήρου κάτω από τη θερμοκρασία εναύσεώς του.

13.3.4 Είδη υπερθερμαντήρων.

Οι υπερθερμαντήρες βασικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: υπερθερμαντήρες **φλογαυλωτών** λεβήτων και υπερθερμαντήρες **υδραυλωτών**.

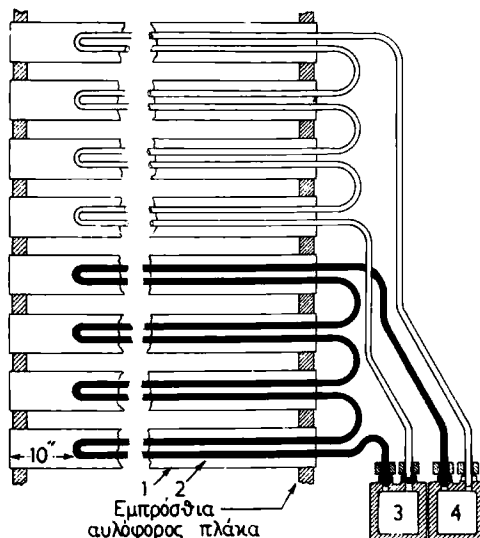
Οι υπερθερμαντήρες φλογαυλωτών λεβήτων υποδιαιρούνται σε υπερθερμαντήρες, που βρίσκονται μέσα στους φλογόδρομους, υπερθερμαντήρες φλογοθάλαμου και υπερθερμαντήρες καπνοθάλαμου.

Οι υπερθερμαντήρες υδραυλωτών λεβήτων διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο που απορροφούν τη θερμότητα σε υπερθερμαντήρες **ακτινοβολίας** (radiant type) και υπερθερμαντήρες **με αγωγή** (convection type). Ανάλογα με τη σχετική θέση

τους ως προς τους ατμογόνους αυλούς σε **εξωτερικούς** (overdeck) και **ενδιάμεσους** ή **παρεντιθέμενους** (interdeck).

α) Υπερθερμαντήρες φλογαυλωτών λεβήτων.

Αντιπροσωπευτικός τύπος τους είναι αυτός που φαίνεται στο σχήμα 13.3β που είναι υπερθερμαντήρας τύπου Smith. Αποτελείται από αυλούς-στοιχεία που εισέρχονται από το μέρος του καπνοθάλαμου μέσα στους φλογαυλούς του λέβητα συνδεδεμένα εξωτερικά στα δύο άκρα τους με δύο συλλέκτες, το συλλέκτη κορεσμένου και το συλλέκτη υπέρθερμου.



Σχ. 13.3β.
Υπερθερμαντήρας τύπου Smith.

Στο σχήμα (1) είναι οι **φλογόδρομοι** του λέβητα, (2) οι **αυλοί** του υπερθερμαντήρα, (3) ο **συλλέκτης του κορεσμένου** και (4) ο **συλλέκτης του υπέρθερμου**.

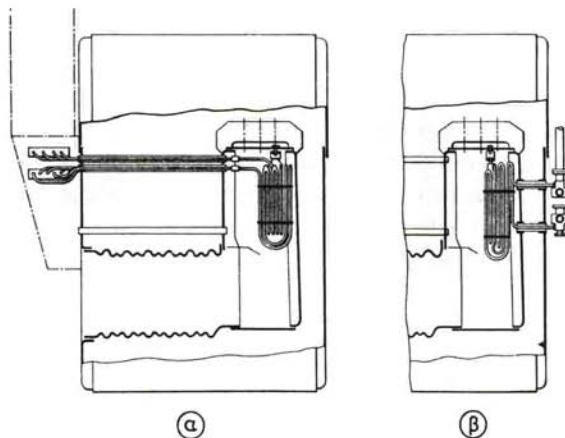
Ο κορεσμένος ατμός από τον ατμοθάλαμο εισέρχεται στο συλλέκτη κορεσμένου, κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς του υπερθερμαντήρα και συλλέγεται ως υπέρθερμος από το συλλέκτη του υπέρθερμου, από όπου εξέρχεται ως υπέρθερμος και στη συνέχεια οδηγείται στην κατανάλωση.

Οι υπερθερμαντήρες τύπου Smith δίνουν θερμοκρασίες υπέρθερμου μέχρι 350°C.

Άλλο είδος υπερθερμαντήρων φλογαυλωτών λεβήτων είναι οι υπερθερμαντήρες φλογοθάλαμου (σχ. 13.3γ) όπου εικονίζονται δύο τύποι, ο ένας με τους συλλέκτες στον καπνοθάλαμο και ο άλλος με τους συλλέκτες πίσω από τον πυθμένα του λέβητα.

Οι υπερθερμαντήρες του τύπου αυτού δίνουν υψηλές θερμοκρασίες υπέρθερμου, η χρήση τους όμως είναι πολύ περιορισμένη λόγω του μειονεκτημού τους ότι ελαττώνουν τον ελκυσμό.

Υπάρχουν ακόμη και οι υπερθερμαντήρες καπνοθαλάμου που αποτελούνται από οφιοειδείς σωλήνες, τοποθετούνται στον καπνοθάλαμο και θεωρούνται ως



Σχ. 13.3γ.

Υπερθερμαντήρες φλογοθάλαμου.

α) Υπερθερμαντήρας με τους συλλέκτες στον καπνοθάλαμο. β) Υπερθερμαντήρας με τους συλλέκτες πίσω στο λέβητα.

λον ως ξηραντήρες. Χρησιμεύουν δηλαδή για την ξήρανση του ατμού ή έστω τη μικρή υπερθέρμανσή του κατά $25^{\circ}\text{--}40^{\circ}\text{C}$ περίπου.

β) Υπερθερμαντήρες υδραυλικών λεβήτων.

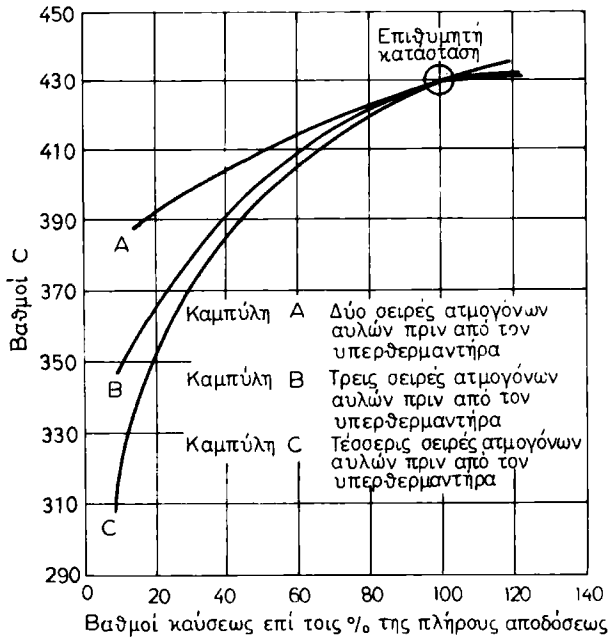
Όπως έχουμε αναφέρει διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο δέχονται τη θερμότητα. Δηλαδή σε:

- α) Υπερθερμαντήρες με ακτινοβολία.
- β) Υπερθερμαντήρες με αγωγή.

Ο υπερθερμαντήρας τύπου **ακτινοβολίας** παίρνει θερμότητα κυρίως από ακτινοβολία από την εστία. Δεδομένου ότι ο βαθμός της μεταφερόμενης θερμότητας με ακτινοβολία ελάχιστα αυξάνει με την αύξηση του βαθμού καύσεως, συνεπάγεται ότι ένας υπερθερμαντήρας τύπου καθαρής ακτινοβολίας παίρνει περίπου την ίδια ποσότητα θερμότητας σε όλα τα φορτία. Το αποτέλεσμα είναι ότι η υπερθέρμανση ελαττώνεται σε περίπτωση αυξήσεως του βαθμού ατμοποίησης, γιατί το ποσό του προς υπερθέρμανση ατμού αυξάνει γρηγορότερα σε σύγκριση με τη μικρή αύξηση του βαθμού μεταδόσεως της θερμότητας με ακτινοβολία προς τον υπερθερμαντήρα.

Ο υπερθερμαντήρας τύπου με **αγωγή** παίρνει θερμότητα κυρίως με αγωγή. Η μεταφορά της θερμότητας με αγωγή είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία των αερίων και την ποσότητα, που περνά ανά λεπτό, διαμέσου των αυλών. Η ταχύτητα και η θερμοκρασία των αερίων, τα οποία περνούν από τη δέσμη των αυλών του υπερθερμαντήρα ενός λέβητα ταχείας ατμοποίησης αυξάνουν με την αύξηση του βαθμού καύσεως. Αποτέλεσμα είναι η αντίστοιχη αύξηση του βαθμού απορροφήσεως της θερμότητας από τους ατμογόνους αυλούς του λέβητα.

Στην περίπτωση ενός υπερθερμαντήρα με αγωγή (και για το μεγαλύτερο μέρος του φορτίου) το αυξημένο ποσό θερμότητας, που απορροφάται από τον υπερθερμαντήρα, είναι μεγαλύτερο από τον αυξημένο βαθμό ροής του ατμού διαμέσου



Σχ. 13.36.

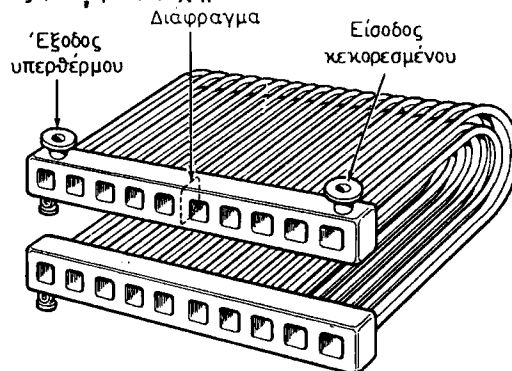
Καμπύλες θερμοκρασιών υπέρθερμου ανάλογα με τον αριθμό σειρών προστατευτικών αυλών.

των αυλών του υπερθερμαντήρα, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού.

Όσο πλησιάζομε όμως στο πλήρες φορτίο του λέβητα, η διαφορά αυτή μικραίνει και η ανύψωση της χαρακτηριστικής καμπύλης είναι μικρότερη.

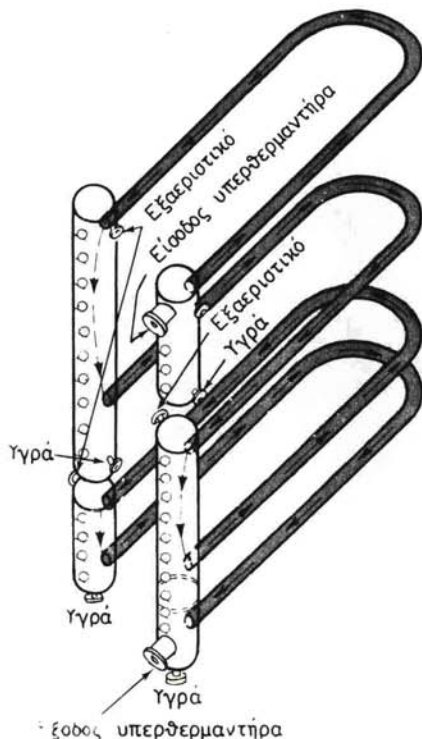
Με συνδυασμό των χαρακτηριστικών των δύο τύπων υπερθερμαντήρων μπορούμε να έχουμε πλέον ομοιόμορφη υπερθέρμανση όπως φαίνεται στις καμπύλες του σχήματος 13.36.

Ένας τύπος υπερθερμαντήρα ναυτικών λεβήτων είναι αυτός με αυλούς τύπου U ή τύπου φουρκέτας (hair pin) (σχήματα 13.3ε και 13.3στ). Ο αριθμός των δια-



Σχ. 13.3ε.

Υπερθερμαντήρας με αυλούς τύπου U.



Σχ. 13.3στ.

Υπερθερμαντήρας τύπου φουρκέτας.

δρομων που πραγματοποιεί ο ατμός μέσα στον υπερθερμαντήρα, επηρεάζει το βαθμό της υπερθερμάνσεως και περιορίζεται μόνο από την πτώση της πίεσεως μέσα σ' αυτόν.

Οι διαδρομές του ατμού ρυθμίζονται με διαφράγματα που βρίσκονται πάνω στους συλλέκτες του υπερθερμαντήρα, και ο ατμός οδηγείται διαμέσου του υπερθερμαντήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 13.3στ.

Άλλοι συντελεστές που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του υπερθερμαντήρα είναι η θέση του σε σχέση με την εστία, ο αριθμός των ατμογόνων αυλών που παρεμβάλλονται μεταξύ εστίας και υπερθερμαντήρα και η απόσταση μεταξύ των αυλών του υπερθερμαντήρα.

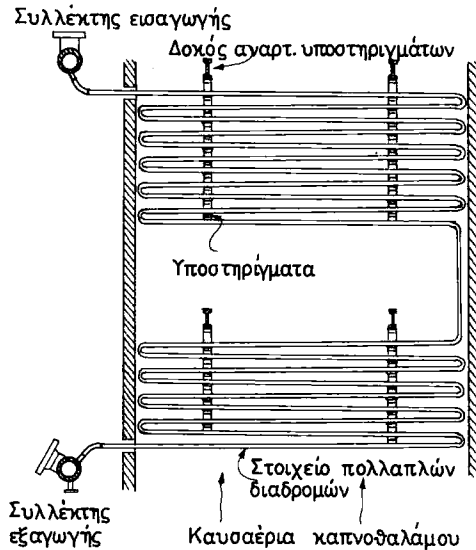
Οι πρώτοι λέβητες, οι οποίοι είχαν χαμηλό βαθμό υπερθερμάνσεως έχουν τοποθετημένο τον υπερθερμαντήρα πάνω από τους ατμογόνους αυλούς, ώστε να προστατεύονται οι αυλοί του υπερθερμαντήρα από την πύρα και τα αέρια υψηλής θερμοκρασίας. Αυτοί λέγονται **εξωτερικοί υπερθερμαντήρες** (overdeck).

Οι εξελίξεις στη μεταλλουργία και το γεγονός ότι ήταν περισσότερο οικονομική η κίνηση του υπερθερμαντήρα πλησιέστερα προς την εστία, αντί για αύξηση της επιφάνειάς του, επέβαλαν την τοποθέτησή του ανάμεσα στους ατμογόνους αυλούς (interdeck).

Εξωτερικούς και ενδιάμεσους ή παρεντιθέμενους υπερθερμαντήρες έχουμε ήδη αναφέρει στα κεφάλαια 4 και 7. Αυτοί οι υπερθερμαντήρες απαιτούσαν πετρέ-

λαιο καλής ποιότητας το οποίο όμως προοδευτικά έπαψε να διατίθεται για ναυτικούς λέβητες στην παγκόσμια αγορά. Τα πετρέλαια κακής ποιότητας που περιέχουν βανάδιο, φράζουν με κατάλοιπα τους ενδιάμεσους υπερθερμαντήρες. Έτσι αναγκαστικά οι υπερθερμαντήρες τοποθετήθηκαν σε εξωτερική θέση, με μεγάλες δόδους καυσαερίων και εύκολη προσπέλαση για καθαρισμό.

Στο σχήμα 13.3ζ εικονίζεται υπερθερμαντήρας πολλαπλού βρόχου (multi-loop) σε ευρεία χρήση στους νεότερους τύπους λεβήτων και στις ατμογεννήτριες.



Σχ. 13.3ζ.

Υπερθερμαντήρας πολλαπλού βρόχου.

13.3.5 Η ρύθμιση του βαθμού υπερθερμάνσεως.

Επιτυγχάνεται με τους παρακάτω τρόπους:

- α) Με ανάμιξη κορεσμένου ατμού στον υπέρθερμο.
- β) Με διέλευση του ατμού μέσω αφυπερθερμαντήρα.
- γ) Με τον αναθερμαντήρα, εφόσον διαθέτει η μηχανή.

Στον αναθερμαντήρα ο ατμός εξαγωγής από την Υ.Π. αναθερμαίνεται με τον υπέρθερμο του λέβητα, προτού εισέλθει στη Μ.Π. ή τη Χ.Π. Έτσι ο αναθερμαντήρας ενεργεί και ως αφυπερθερμαντήρας του ατμού του λέβητα.

δ) Με ραντισμό του παραγόμενου ατμού με νερό μέσα στον ατμοθάλαμο μέσω ιδιαίτερου επιστομίου. Ο παραγόμενος ατμός εισέρχεται με υψηλότερο ποσοστό υγρασίας στον υπερθερμαντήρα, ώστε όταν καταναλώνεται μια ποσότητα θερμότητας για την εξάτμιση της υγρασίας να επιτυγχάνεται ελάττωση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου.

ε) Με τη χρήση ιδιαίτερης εστίας υπέρθερμου.

στ) Με χρήση καπνοφρακτών στη βάση της καπνοδόχου. Με αυτούς επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ποσότητας των αερίων, τα οποία περνούν μέσω της δέσμης των αυλών, που περιέχει τον υπερθερμαντήρα.

ζ) Με μεταβολή της κατευθύνσεως των φλογών προς ή μακριά από τον υπερθερμαντήρα. Η τελευταία μέθοδος εφαρμόζεται σε λέβητες ξηράς και σε ορισμένους λέβητες με εφαιπτομενικούς καυστήρες.

η) Με κατεύθυνση του υπέρθερμου σε εξωτερικό αφυπερθερμαντήρα, ο οποίος χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού και μοιάζει με τον προθερμαντήρα του.

θ) Με τον αναθερμαντήρα του λέβητα.

Όλες αυτές τις μεθόδους ρυθμίσεως της θερμοκρασίας υπέρθερμου έχομε δει στις περιγραφές των λεβήτων, σε προηγούμενες παραγράφους.

13.3.6 Υπολογισμός επιφάνειας υπερθερμάνσεως.

Παρακάτω δίνεται τύπος υπολογισμού της επιφάνειας τού υπερθερμαντήρα.

$$F = \frac{A[x \cdot L + c_p (t_s - t_2)]}{k \cdot t}$$

όπου: F είναι η επιφάνεια παραγωγής υπέρθερμου ατμού σε m², A η προς υπερθέρμανση ωριαία ποσότητα κορεσμένου ατμού σε kg, x η σχετική υγρασία του ατμού, L η λανθάνουσα θερμότητα του ατμού σε kcal, C_p η ειδική θερμότητα του υπέρθερμου κυμαινόμενη από 0,48-0,55, t_s η επιθυμητή θερμοκρασία υπέρθερμου, t₂ θερμοκρασία του κορεσμένου, t η μέση διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ καυσαερίων και ατμού, k ο συντελεστής θερμοπερατότητας της υπερθερμαινόμενης επιφάνειας.

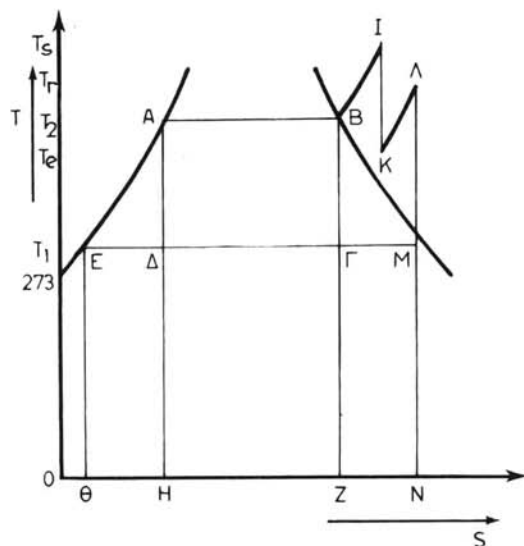
13.4 Αναθερμαντήρες.

Οι αναθερμαντήρες κατασκευάζονται σε δύο μορφές. Στη μία ο ατμός, που χρησιμοποιήθηκε μερικώς στη μηχανή, αναθερμαίνεται ενδιάμεσως με ατμό υψηλής πίεσεως που παραλαμβάνεται μετά από τον ατμοφράκτη του λέβητα. Στην άλλη η αναθέρμανση γίνεται μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή του ίδιου του λέβητα με τα καυσαέρια του. Εμείς θα ασχοληθούμε με τόν αναθερμαντήρα που χρησιμοποιεί τα καυσαέρια του λέβητα, γιατί ο πρώτος τύπος είναι συσκευή του μηχανοστασίου.

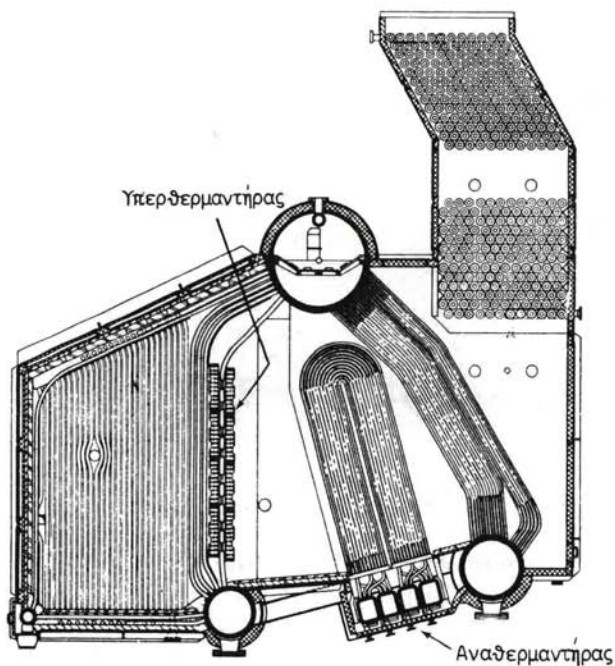
Στο διάγραμμα T-S του σχήματος 13.4α παριστάνεται μονοσταδιακή αναθέρμανση. Η γραμμή ΒΙ παριστάνει την υπερθέρμανση υπό σταθερή πίεση μέχρι τη θερμοκρασία T_s, η ΙΚ την αδιαβατική εκτόνωση μέχρι το σημείο Κ, όπου ο ατμός είναι ακόμη υπέρθερμος με χαμηλότερη θερμοκρασία T_e. Το σημείο Κ βρίσκεται πολύ κοντά στη δεύτερη ορική καμπύλη του ξηρού ατμού ή και επάνω σ' αυτή ή και κάτω από αυτή, δηλαδή στην περιοχή του υγρού ατμού. Η καμπύλη ΚΛ παριστάνει την υπό σταθερή πίεση αναθέρμανση του ατμού μέχρι τη θερμοκρασία T_r και η ΛΜ την αδιαβατική επανεκτόνωση του ατμού μέχρι τη θερμοκρασία T₁ του ψυγείου.

Ο βαθμός αποδόσεως του κυκλώματος με αναθέρμανση παριστάνεται κατά τα γνωστά με το λόγο των εμβαδών ΑΒΙΚΛΜΕΑ : ΑΒΙΚΛΜΝΘΕΑ.

Η αναθέρμανση προσφέρει μικρή βελτίωση στο βαθμό αποδόσεως, γύρω στο 1%, που αντιστοιχεί σε οικονομία στην κατανάλωση ατμού ή καυσίμου γύρω στο 2,5-3%, και εξαρτάται από την τελική θερμοκρασία T_r της αναθερμάνσεως. Αυτή συνήθως είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία υπέρθερμου, αν και σε ορισμένες



Σχ. 13.4α.



Σχ. 13.4β.

περιπτώσεις, όπως π.χ. των λεβήτων MRR της B & W και Kawasaki που είδαμε, φθάνει ακριβώς τη θερμοκρασία υπερθέρμανσης.

Στο σχήμα 13.4β φαίνεται ο αναθερμαντήρας σε λέβητα F και W.

Από κατασκευαστική άποψη, οι αναθερμαντήρες είναι όμοιοι με τους υπερθερμαντήρες.

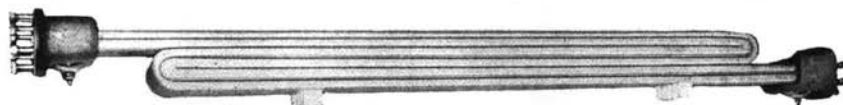
Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως αναθερμάνσεως είναι:

- α) Αύξηση του παραγόμενου έργου ανά kg ατμού, άρα ελάττωση της ειδικής καταναλώσεως καυσίμου.
- β) Αύξηση του βαθμού ξηρότητας του ατμού στις τελευταίες διαβαθμίσεις του στροβίλου Χ.Π., με συνέπεια την προστασία των περυγίων των τελευταίων σειρών από τη διάβρωση (erosion) που προκαλούν τα αιωρούμενα σταγονίδια νερού που περιέχονται στον υγρό ατμό.
- γ) Ελάττωση των απωλειών, λόγω τριβών του υδρατμού, οι οποίες είναι τόσο μεγαλύτερες όσο ο υδρατμός είναι υγρότερος.

13.5 Αφυπερθερμαντήρας (desuperheater).

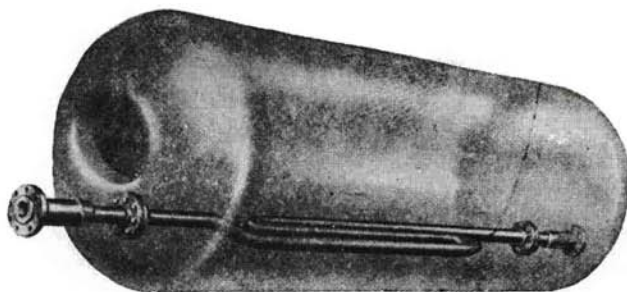
Οι αφυπερθερμαντήρες είναι συσκευές με τις οποίες κατά κανόνα υποβιβάζεται η θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού. Βασικά ένας αφυπερθερμαντήρας μετατρέπει τον υπέρθερμο ατμό σε κορεσμένο προς χρήση κυρίως των βοηθητικών μηχανημάτων.

Στο σχήμα 13.5α παριστάνεται το συγκρότημα αφυπερθερμαντήρα.



Σχ. 13.5α.

Συγκρότημα αφυπερθερμαντήρα.

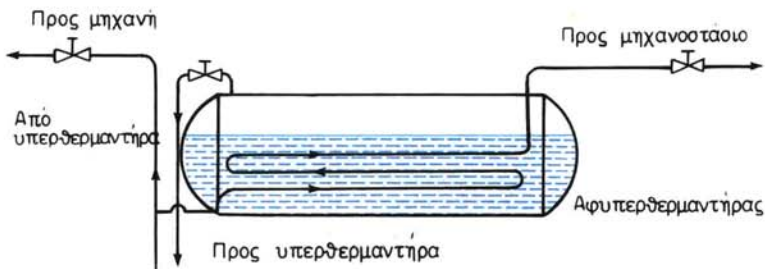


Σχ. 13.5β.

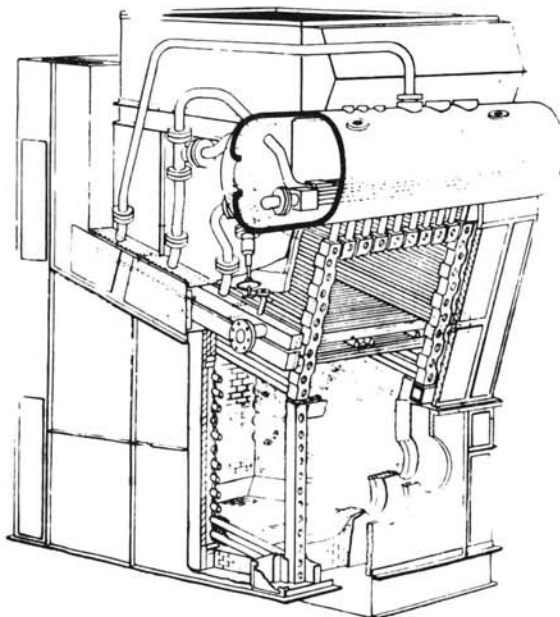
Αφυπερθερμαντήρας τοποθετημένος στον ατμοϋδροθάλαμο.

Στο σχήμα 13.5β παριστάνεται ο αφυπερθερμαντήρας μέσα στον ατμοϋδροθάλαμο και στο σχήμα 13.5γ η διάταξη αφυπερθερμάνσεως.

Η απαιτούμενη ποσότητα ατμού για τα βοηθητικά μηχανήματα οδηγείται μέσω οφιοειδούς σωλήνα βυθισμένου στο τμήμα του νερού του υδροθάλαμου. Ο προς αφυπερθέρμανση ατμός οδηγείται από την έξοδο του υπερθερμαντήρα στην είσοδο του αφυπερθερμαντήρα. Κατά τη δίοδο του από τον τελευταίο χάνει την υπερθέρμανσή του μεταδίδοντας θερμότητα στο νερό το οποίο βρίσκεται στη θερμοκρασία κορεσμένου. Εγκαταλείπει την έξοδο του αφυπερθερμαντήρα σχεδόν σε θερμοκρασία κορεσμένου και εισέρχεται στο δίκτυο του βοηθητικού κορεσμένου.



Σχ. 13.5γ.
Διάταξη αφυπερθερμάνσεως.



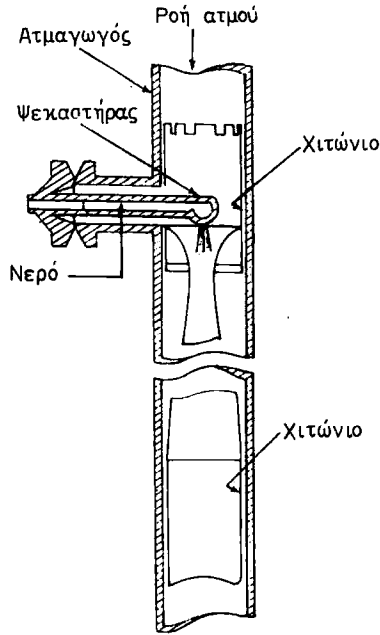
Σχ. 13.5δ.
Διάταξη αφυπερθερμάνσεως σε λέβητα B & W

Στο σχήμα 13.5δ εικονίζεται άλλη μέθοδος χρήσεως του αφυπερθερμαντήρα με εισαγωγή ατμού που αφυπερθερμάνθηκε μεταξύ δεύτερης και τρίτης διαβαθμίσεως του υπερθερμαντήρα σε λέβητα B & W.

13.6 Μειωτήρας θερμοκρασίας ατμού (attemperator).

Είναι συσκευή που χρησιμοποιείται επίσης για τη μείωση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου (σχ. 13.6α).

Διακρίνουμε ότι με ένα ακροφύσιο ψεκασμού εγχέεται καθαρό νερό στο στόμιο μιας χοάνης τύπου Venturi, η οποία βρίσκεται στο σωλήνα υπέρθερμου ατμού. Το νερό πάρα πολύ γρήγορα αναμιγνύεται με τον ατμό και προκαλεί την ψύξη του, δηλαδή τη μείωση της θερμοκρασίας του, ενώ το ίδιο εξατμίζεται ακαριαίως. Πρέπει γι' αυτό να είναι όσο το δυνατόν καθαρό.

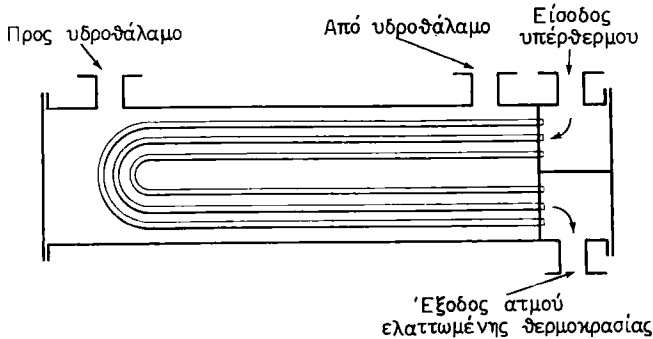


Σχ. 13.6α.
Μειωτήρας θερμοκρασίας υπέρθερμου.

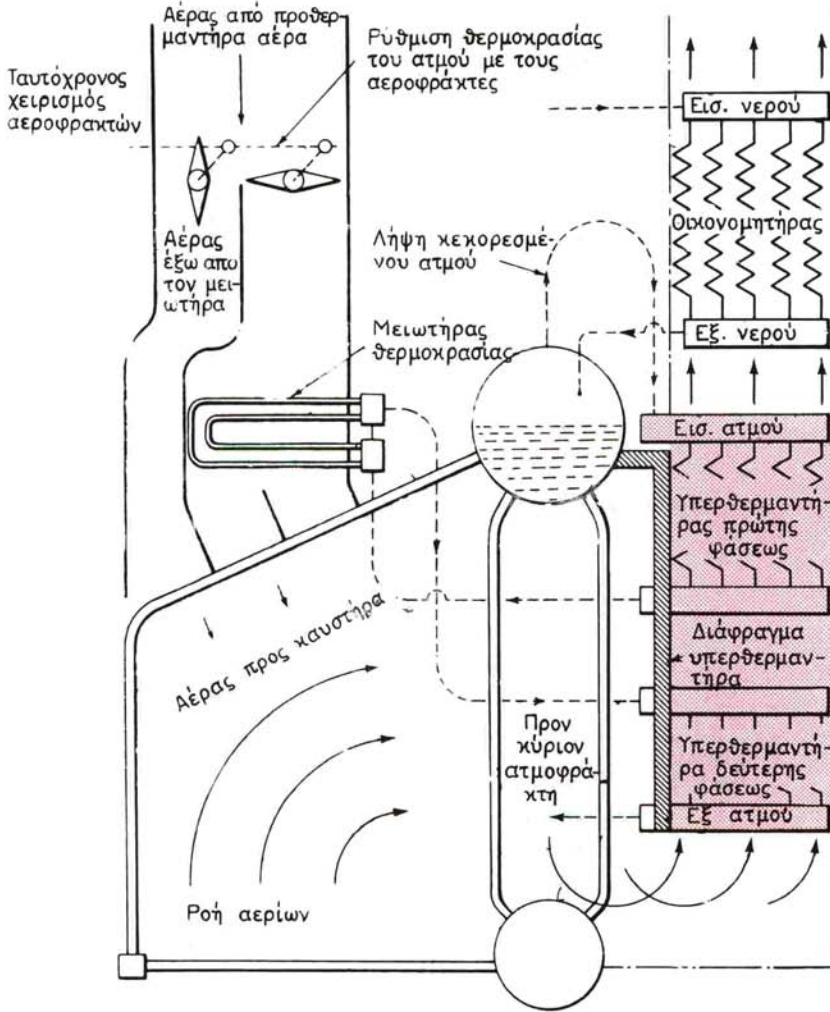
Άλλη μορφή μειωτήρα θερμοκρασίας του ατμού είναι του μειωτήρα με το νερό του υδροθάλαμου (σχ. 13.6β).

Το σχήμα 13.6γ παριστάνει την όλη διάταξη του μειωτήρα αυτού σε ένα λέβητα εφοδιασμένο επίσης με υπερθερμαντήρα και αφυπερθερμαντήρα.

Άλλη μέθοδος μείωσης της θερμοκρασίας του ατμού είναι η με **μειωτήρα με αέρα**. Αυτός εικονίζεται στη διάταξη του σχήματος 13.6δ και είναι τοποθετημένος μετά τον αγωγό του τεχνητού ελκυσμού (σχ. 13.6ε). Χρησιμοποιεί ως ψυκτικό μέσο τον καυσιγόνο αέρα. Η τελική θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού επιτυγχάνεται με χειρισμό των αεροφρακτών ή δικλείδων βραχυκυκλώσεως.



Σχ. 13.6β.
Μειωτήρας θερμοκρασίας ατμού με το νερό του υδροθάλαμου.



Σχ. 13.6ε.

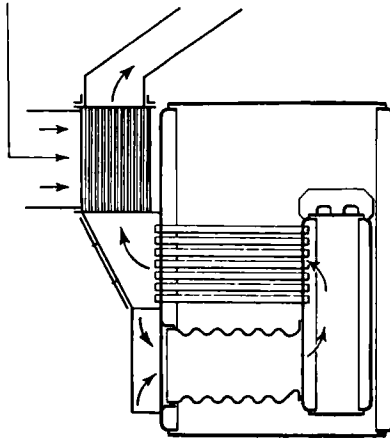
Μειωτήρας θερμοκρασίας ατμού με αέρα.

Στο σχήμα 13.7α παριστάνεται ο συνηθισμένου τύπου αυλωτός προθερμαντήρας κυλινδρικού λέβητα σκωτικού τύπου.

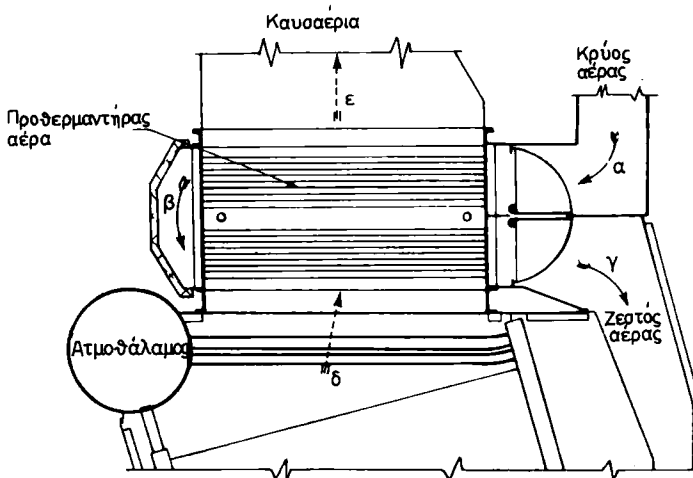
Στο σχήμα 13.7β εικονίζεται προθερμαντήρας που είναι πάνω από τη δέσμη των ατμογόνων αυλών σε λέβητα B & W. Τα βέλη α-γ δείχνουν την πορεία του αέρα, ενώ τα δ-ε των καυσαερίων. Ο προθερμαντήρας αυτός καλείται **προθερμαντήρας αέρα δύο διαδρομών**.

Στο σχήμα 13.7γ εξάλλου δίνεται προθερμαντήρας αέρα τριών διαδρομών αντίστοιχα.

Και στους δύο τύπους ο αέρας μετά την προθέρμανσή του οδηγείται με διπλό κέλυφος πίσω και κάτω από το λέβητα προς τους κώνους αέρα. Έτσι προσλαμβάν-



Σχ. 13.7α.
Αυλωτός προθερμαντήρας αέρα
κυλινδρικού λέβητα.



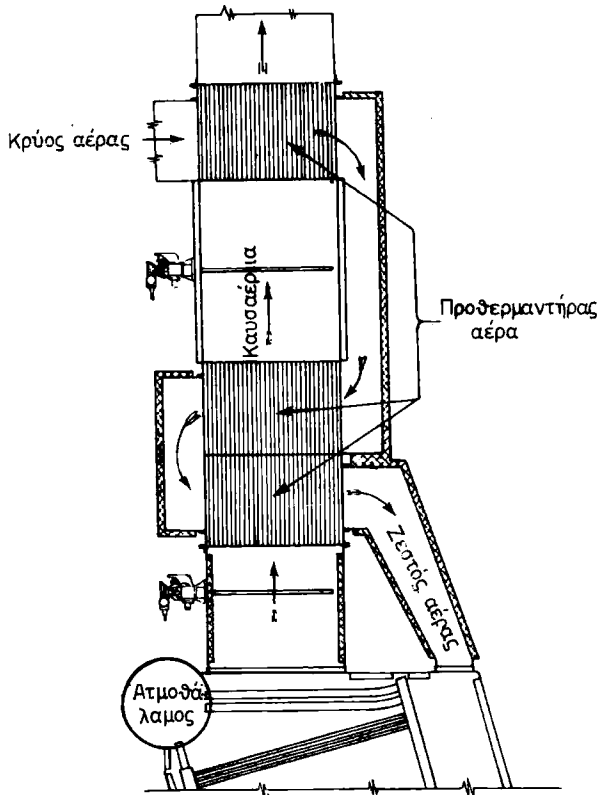
Σχ. 13.7β.
Προθερμαντήρας αέρα δύο διαδρομών υδραυλωτού λέβητα B & W.

νει ο ίδιος πρόσθετη θερμότητα και παρεμποδίζει την ακτινοβολία του λέβητα προς το περιβάλλον.

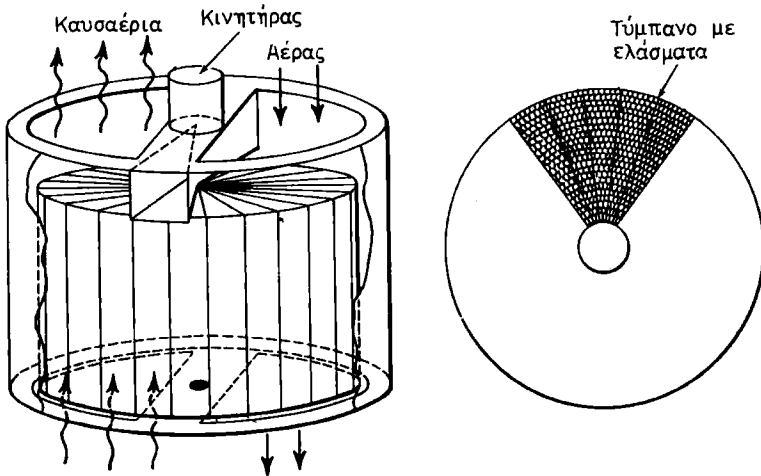
Η πιο ενδιαφέρουσα κατασκευή προθερμαντήρα αέρα είναι του περιστρεφόμενου προθερμαντήρα Ljungström (σχ. 13.7δ). Σ' αυτόν η θερμότητα των αερίων μεταδίδεται στον αέρα με επαφή κατά τον εξής τρόπο:

Ο προθερμαντήρας αποτελείται από αριθμό ελασμάτων, που τοποθετούνται ακτινικά ως προς τον άξονα, ο οποίος με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα 3-4 στροφών ανά λεπτό. Το στροφέιο περιστρέφεται στεγανά μέσα στο κέλυφος, που φέρει δύο αγωγούς, ένα για τα καυσαέρια και ένα για τον αέρα.

Κατά την περιστροφή του στη μία πλευρά θερμαίνεται από τα καυσαέρια με επαφή, ενώ στην άλλη μεταδίδει τη θερμότητα με επαφή πάλι προς το διερχόμενο αέρα. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιείται μία εναλλασσόμενη θέρμανση-ψύξη των περυγίων.



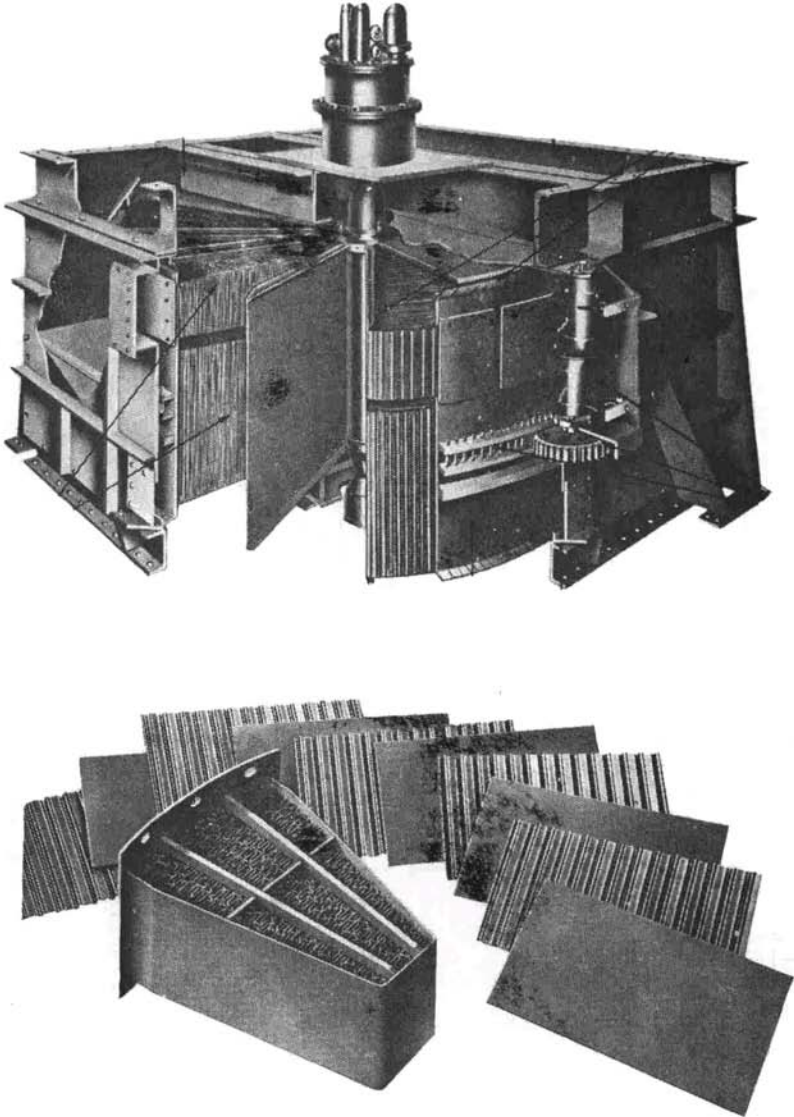
Σχ. 13.7γ.
 Προθερμαντήρας αέρα τριών διαδρομών σε λέβητα B & W.



Σχ. 13.76.
 Περιστρεφόμενος προθερμαντήρας αέρα Ljungström.

Για την επαύξηση της θερμαινόμενης επιφάνειας, το στροφέιο φέρει ομόκεντρα στεφάνια, μεταξύ των οποίων και στερεώνονται ελάσματα κυκλικά δακτυλιωτά που σχηματίζουν κυματοειδές σύστημα με πολύ μικρά διάκενα.

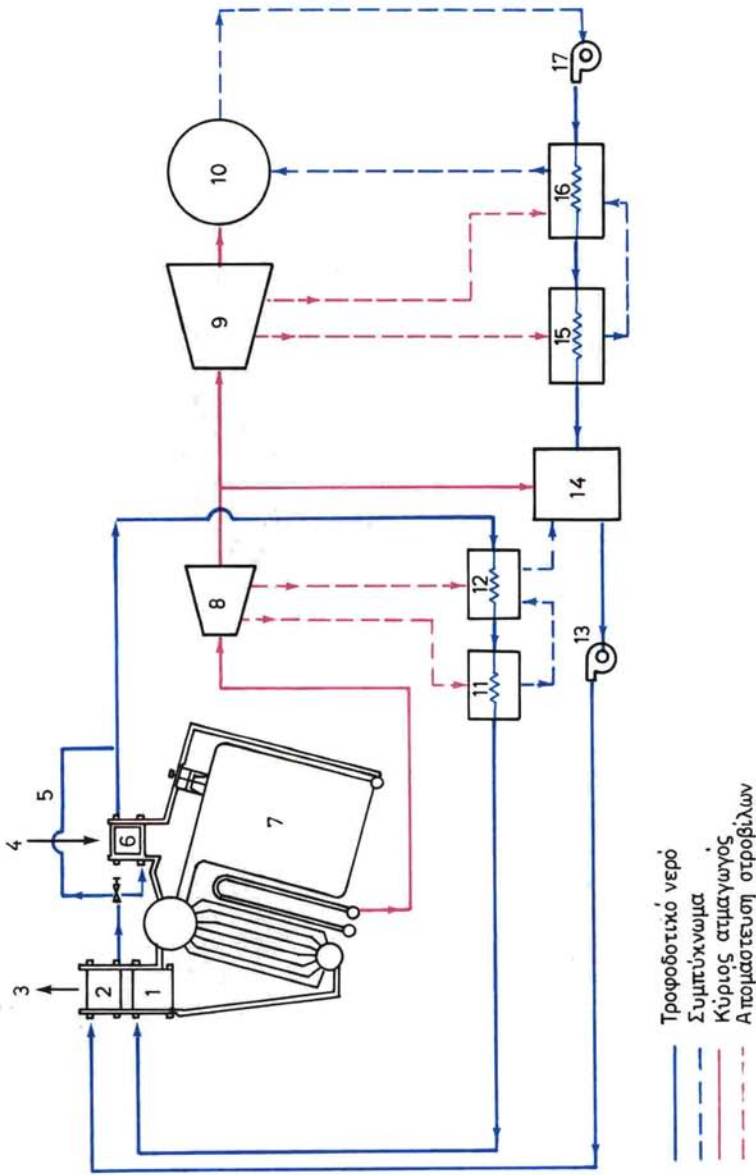
Το σχήμα 13.7ε δείχνει την όλη κατασκευή ενός τέτοιου προθερμαντήρα.



Σχ. 13.7ε

Κατασκευή περιστροφικού προθερμαντήρα αέρα. (σε προοπτική τομή).

Ο εκκαπνισμός του προθερμαντήρα γίνεται με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα ανά τετράωρο της λειτουργίας του.



Σχ. 13.7στ.

Διάταξη προθερμάνσεως αέρα με το σύστημα FRAH.

- 1) Πρώτος οικονομητήρας, 2) Δεύτερος οικονομητήρας, 3) Καυσάφεια, 4) Καυσιγόνος αέρας, 5) Βραχυκύκλιση προθερμαντήρα αέρα, 6) Προθερμαντήρας αέρα, 7) Λέβητας, 8) Στρόβιλος Υ.Π., 9) Στρόβιλος Χ.Π., 10) Συμπυκνωτής, 11) 5ος προθερμαντήρας, 12) 4ος προθερμαντήρας, 13) Τροφοδοτική αντλία, 14) Εξαεριστική δεξαμενή, 15) 2ος προθερμαντήρας, 16) 1ος προθερμαντήρας, 17) Αντλία συμπυκνώματος.

Με την προθέρμανση του καυσιγόνου αέρα επιτυγχάνονται τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μικρότερη περίσσεια αέρα.
- Τελειότερη καύση του καυσίμου.
- Μεγαλύτερη θερμοκρασία της εστίας με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται κατά μεγαλύτερο ποσοστό η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία προς τη θερμαινόμενη επιφάνεια παρά με αγωγή.

Τα κυριότερα από τα μειονεκτήματα των προθερμαντήρων αέρα είναι:

- Πρόσθετο βάρος και όγκος.
- Αδυναμία εντοπισμού αυλών του προθερμαντήρα που διαρρέουν.

Προθερμαντήρες αέρα χρησιμοποιούνται κυρίως σε εμπορικά πλοία και όχι σε πολεμικά. Αυτό, γιατί υπόκεινται σε οξειδώσεις κατά τη διάρκεια της ακινησίας του λέβητα και κατά τη διάρκεια των χαμηλών βαθμών ατμοπαραγωγής. Οι παραπάνω οξειδώσεις οφείλονται στη συμπύκνωση της υγρασίας των καυσαερίων, όταν η θερμοκρασία τους φθάσει το σημείο δρόσου ή συμπυκνώσεως (dew point).

Σε ορισμένες κατασκευές τοποθετούνται προθερμαντήρες αέρα με ατμό. Στους προθερμαντήρες αυτούς χρησιμοποιούνται οι εξατμίσεις βοηθητικών μηχανημάτων για την προθέρμανση του αέρα. Η χρησιμοποίηση των βοηθητικών εξατμίσεων με αυτό τον τρόπο συνεπάγεται οικονομία και αύξηση του ολικού βαθμού αποδόσεως της εγκαταστάσεως προώσεως, γιατί η περιεχόμενη στις εξατμίσεις θερμότητα, η οποία διαφορετικά θα χανόταν εξαιτίας του ψυγείου, χρησιμοποιείται επωφελώς.

Μερικές φορές χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του αέρα και ατμός απομαστεύσεως.

Το συμπύκνωμα από την ψύξη του ατμού παραλαμβάνεται μέσω ατμοπαγίδων.

Άλλη μέθοδος προθερμάνσεως του αέρα είναι η χρησιμοποιούμενη από τη C.E με το τροφοδοτικό νερό ή **υγρού προθερμαντήρα αέρα** (C.E. Fluid Regenerative Air Heater, FRAH).

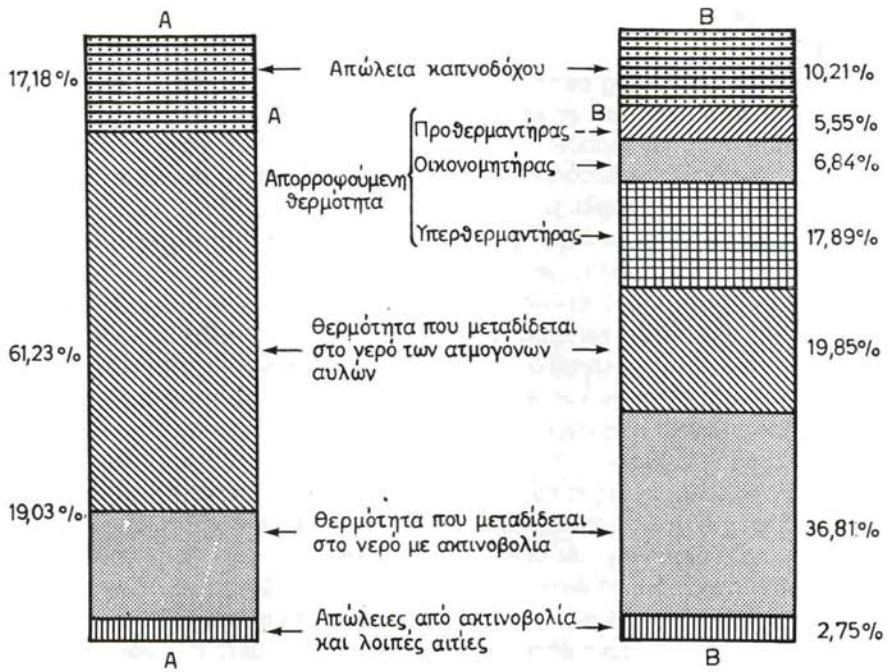
Στο σχήμα 13.7στ εικονίζεται η διάταξη αυτή όπου βλέπουμε τον πρώτο και δεύτερο οικονομητήρα νερού που θερμαίνονται από τα καυσαέρια. Το νερό που θερμαίνεται στο δεύτερο οικονομητήρα θερμαίνει με τη σειρά του τον αέρα μέσα στον προθερμαντήρα του και από εκεί περνά από τους προθερμαντήρες 4ης και 5ης φάσεως για να εισέλθει τελικά στον πρώτο προθερμαντήρα και από εκεί στο λέβητα. Η όλη διάταξη προβλέπει και παρακαμπτήρια σωλήνωση (bypass) του προθερμαντήρα αέρα ανάλογα με τις ανάγκες.

Με τη διάταξη FRAH επιτυγχάνεται οικονομία σε καύσιμο μέχρι και 2,5% συγκριτικά με τη διάταξη προθερμάνσεως του αέρα με ατμό.

Από κατασκευαστική πλευρά αξίζει να αναφερθεί ότι εμφανίσθηκαν και προθερμαντήρες αέρα σε εγκαταστάσεις πλοίων, με αυλούς κατασκευασμένους από ειδική σύνθεση γυαλιού.

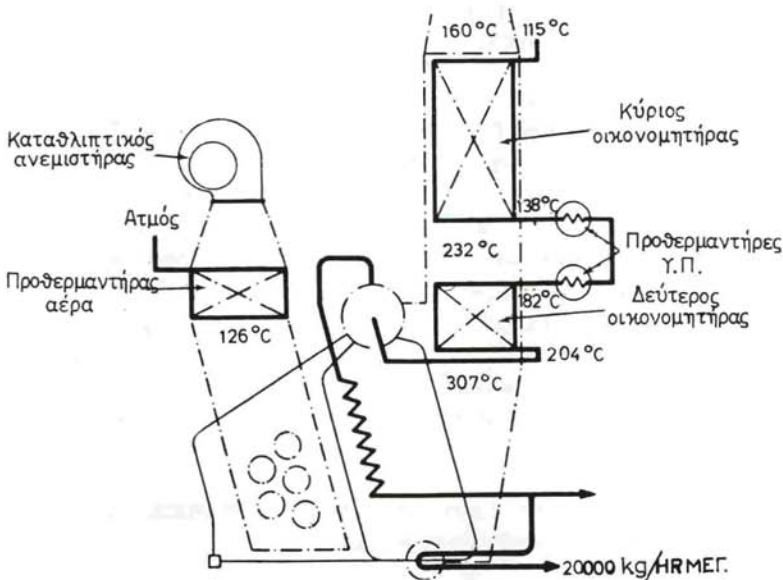
13.8 Κατανομή της θερμότητας κατά τη χρήση των συσκευών ανακτήσεώς της. Συνηθισμένες λειτουργικές θερμοκρασίες.

Το σχήμα 13.8α μας δίνει συγκριτική εικόνα της κατανομής της θερμότητας σε δύο όμοιους λέβητες με οικονομητήρα, υπερθερμαντήρα και προθερμαντήρα αέρα.



Σχ. 13.8α.

(Α) Λέβητας άνευ συσκευών ανακτήσεως θερμότητας. (Β) Λέβητας μετά συσκευών ανακτήσεως θερμότητας.



Σχ. 13.8β.

και χωρίς αυτούς. Αντιλαμβανόμαστε ότι οι απώλειες της καπνοδόχου είναι κατά 7% περίπου υψηλότερες στο λέβητα χωρίς συσκευές ανακτήσεως της θερμότητας.

Στο σχήμα 13.8β εξάλλου παριστάνεται διαγραμματικά λέβητας τύπου «D» με προθερμαντήρα αέρα με ατμό, οικονομητήρα, υπερθερμαντήρα ατμού και αφυπερθερμαντήρα. Στο σχήμα σημειώνονται οι συνήθεις θερμοκρασίες που επιτυγχάνονται μέσα στις συσκευές αυτές κατά τις διαμέσου αυτώνεναλλαγές της θερμότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΝΕΡΟ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

14.1 Γενικά.

Τροφοδοτικό νερό ονομάζεται το νερό που χρησιμοποιείται για το αρχικό γέμισμα του λέβητα και την κατά τη λειτουργία τροφοδότησή του.

Ως τροφοδοτικό νερό για τους Ναυτικούς Ατμολέβητες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το γλυκό νερό ή το αποσταγμένο.

14.1.1 Το θαλάσσιο νερό.

Περιέχει σε μεγάλη αναλογία άλατα και γαιώδεις ύλες και είναι ακατάλληλο για χρήση στους Ναυτικούς Ατμολέβητες.

Έχει ειδικό βάρος 1,027 περίπου και η κατά βάρος περιεκτικότητά του σε άλατα υπολογίζεται σε 35%ο κατά το μετρικό σύστημα ή περίπου 1/32 αυτού κατά το αγγλικό.

Τα περιεχόμενα σ' αυτό άλατα έχουν περίπου όπως παρακάτω:

		g /kg	p.p.m	Κόκκοι ανά γαλόνι
Χλωριούχο νάτριο	NaC	26,5	27,215	1706
Χλωριούχο μαγνήσιο	MgCl	3,8	3,807	244
Θειικό μαγνήσιο	MgSO ₄	2,2	1,658	114
Θειικό ασβέστιο	CaSO ₄	1,3	1,260	79
Θειικό κάλιο	K ₂ SO ₄	1,0	863	54
Ανθρακικό ασβέστιο	CaCO ₃	0,14	121	7,5
Υπόλοιπα άλατα	0,06	76	4,5	
Σύνολο		35,00	35 000	2209

Η μονάδα μετρήσεως p.p.m κατά το αμερικανικό σύστημα δίνει την περιεκτικότητα σε αναλογία βάρους, δηλαδή σε μέρη ανά εκατομμύριο (parts per million). Η μονάδα κόκκων ανά γαλόνι κατά το αγγλικό σύστημα δίνει την περιεκτικότητα σε κόκκους περιεχόμενης ουσίας ανά γαλόνι νερού (1 γαλόνι περιέχει 7000 κόκκους).

14.1.2 Το γλυκό νερό.

Ως **γλυκό νερό** χαρακτηρίζεται το νερό των πηγών, των λιμνών και των ποταμών που τροφοδοτούνται από τα όμβρια (βρόχινα) νερά και τα χιόνια.

Το όμβριο νερό είναι τελείως καθαρό, κατά την πτώση του όμως, όταν περνά μέσα από τα στρώματα της ατμόσφαιρας, απορροφά αέρα, σκόνη και ελεύθερα οξέα. Στη συνέχεια, όταν ρέει στην επιφάνεια της γης ή κάτω από αυτή, διαλύει διάφορα άλατα και γαιώδεις ύλες. Τα άλατα αυτά δημιουργούν τη λεγόμενη **σκληρότητα** του νερού και είναι κυρίως ανθρακικά ή θειικά, του ασβεστίου ή του μαγνησίου, και χλωριούχα, του νατρίου και του μαγνησίου.

Μια περίπτωση σύνθεση γλυκού νερού έχει όπως παρακάτω σε κόκκους ανά γαλόνι:

Χλωριούχο νάτριο	NaCl	1,80
Θειικό μαγνήσιο	MgSO ₄	0,25
Θειικό ασβέστιο	CaSO ₄	1,25
Ανθρακικό μαγνήσιο	MgCO ₃	1,25
Ανθρακικό ασβέστιο	CaSO ₃	10,50
Πυρίτιο, οξείδια κλπ.		3,15
Σύνολο		18,20

Από τα άλατα αυτά, τα ανθρακικά άλατα, που αποχωρίζονται από το νερό και πέφτουν κατά τη διάρκεια του βρασμού σε 100°C (212°F), προσδίδουν την **παροδική** σκληρότητά του και συμβάλλουν στο σχηματισμό των **μαλακών καθαλατώσεων**, ενώ τα θειικά, τα νιτρικά, τα χλωριούχα και τα πυριτικά τη **μόνιμη** σκληρότητά του, της οποίας αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός των **σκληρών καθαλατώσεων**.

Τα όμβρια νερά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία προς τροφοδότηση των λεβήτων, υπάρχει όμως μεγάλη δυσχέρεια ως προς την περισυλλογή τους. Τα υπόλοιπα γλυκά νερά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις χημικής επεξεργασίας και αποσκληρύνσεώς τους. Συνθεστέρα όμως μέθοδος χρησιμοποίησεώς τους είναι η παραγωγή από αυτά αποσταγμένου νερού με τους βραστήρες.

14.1.3 Το αποσταγμένο νερό.

Παράγεται μέσα σε ιδιαίτερες συσκευές που ονομάζονται **βραστήρες** ή **αποστακτήρες** με εξάτμιση θαλάσσιου ή γλυκού νερού και συμπυκνώσεως των παραγομένων ατμών. Είναι χημικώς καθαρό νερό απαλλαγμένο από οποιοσδήποτε προσμίξεις ή αέρα.

Αποσταγμένο νερό είναι και το συμπύκνωμα των εξατμίσεων της μηχανής και των μηχανημάτων.

Το αποσταγμένο νερό μπορεί να μολυνθεί λόγω κακής λειτουργίας των βραστήρων (**προβολής**), οπότε σταγόνες νερού παρασύρονται μέσα στη μάζα των παραγομένων από το βραστήρα εξατμίσεων.

Επίσης το αποσταγμένο νερό του τροφοδοτικού δικτύου της εγκαταστάσεως μπορεί να μολυνθεί και αυτό από κάποια διαρροή του ψυγείου. Μπορεί επίσης αυτό να μολυνθεί αν διαλύσει αέρα ή άλλα αέρια ή αν συμπαρασύρει λάδια από τη λίπανση των μηχανών και των μηχανημάτων.

Ευνόητο είναι ότι το αποσταγμένο νερό είναι το καταλληλότερο από όλα για την τροφοδότηση των λεβήτων.

14.2 Ξένες ουσίες που μολύνουν το τροφοδοτικό νερό.

Το τροφοδοτικό νερό μπορεί να περιέχει διάφορες ξένες ουσίες είτε μηχανικά αναμιγμένες είτε διαλυμένες μέσα σ' αυτό. Καθεμιά από αυτές ασκεί και ανάλογη βλαβερή επίδραση στη λειτουργία και τη συντήρηση του λέβητα.

Οι ουσίες αυτές και τα αποτελέσματά τους αναφέρονται παρακάτω:

α) Άλατα γενικά.

Προέρχονται από το θαλάσσιο ή το γλυκό νερό εφόσον ο λέβητας τροφοδοτείται με αυτά, ή περιέχονται μέσα στο τροφοδοτικό νερό λόγω διαρροής του ψυγείου ή προβολής του βραστήρα. Τα άλατα διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: 1) Άλατα που σχηματίζουν καθαλατώσεις, 2) Άλατα που υποβοηθούν την ανάβραση και 3) άλατα που ενισχύουν τη διάβρωση της μεταλλικής επιφάνειας του λέβητα.

Τα κυριότερα από αυτά είναι:

Το **θειικό ασβέστιο** (CaSO_4), το οποίο αυξάνει τη σκληρότητα του νερού του υδροθαλάμου και σχηματίζει σκληρή καθαλάτωση.

Το θειικό ασβέστιο κατακαθίζει σχηματίζοντας σκληρή καθαλάτωση αν σε ορισμένη θερμοκρασία η αναλογία διαλυτότητάς του είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη. Παράδειγμα, στους 40°C η μέγιστη διαλυτότητα είναι 1551 ppm, στους 100°C η μέγιστη διαλυτότητα είναι 1246 ppm και 40 ppm στους 220°C . Το θειικό ασβέστιο έχει δηλαδή αντίθετη διαλυτότητα — όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία τόσο μικρότερη η διαλυτότητα — με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων από καθαλατώσεις. Το χαρακτηριστικό αυτό της αρνητικής διαλυτότητας του θειικού ασβεστίου έχει ως αποτέλεσμα να κρυσταλλοποιείται, εκεί όπου η θερμοκρασία είναι πιο μεγάλη και βασικά στον πυθμένα των αυλών, όπου έρχεται σε επαφή με τη φλόγα.

Τα συνήθη οξέα δεν κατορθώνουν να διαλύσουν αυτές τις καθαλατώσεις.

Το **ανθρακικό ασβέστιο** (CaSO_3), το οποίο αυξάνει ομοίως τη σκληρότητα του νερού του υδροθαλάμου και σχηματίζει μαλακή καθαλάτωση. Μαζί με θειικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο υποβοηθεί το σχηματισμό σκληρής καθαλατώσεως.

Το **θειικό μαγνήσιο** (MgSO_4), το οποίο όταν το νερό περιέχει και ανθρακικό ασβέστιο δίνει σκληρή καθαλάτωση, ενώ όταν περιέχει και χλωριούχο νάτριο δίνει θειικό νάτριο και χλωριούχο μαγνήσιο.

Το **χλωριούχο νάτριο** (NaCl), το οποίο παρουσιάζει μεγάλη διαλυτότητα στο νερό που μπορεί να φθάσει σε 7/32 πυκνότητα διαλύσεως, δηλαδή επταπλάσια από την πυκνότητα της θάλασσας, προτού αρχίσει να κατακρημνίζεται. Δεν σχηματίζει καθαλάτωση γιατί ποτέ η πυκνότητα αυτή δεν δημιουργείται μέσα στον υδροθάλαμο. Αυξάνει την πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου και δημιουργεί **κίνδυνο αναβράσεως**, ενώ κάτω από προϋποθέσεις άλλων χημικών αντιδράσεων μέσα σ' αυτό συντελεί στη δημιουργία **υδροχλωρικού οξέος**, HCl , το οποίο διαβρώνει τη μεταλλική επιφάνεια του λέβητα.

Το **χλωριούχο μαγνήσιο** ($MgCl_2$), το οποίο αποσυντίθεται σε θερμοκρασία πάνω από $180^\circ C$ και δίνει υδροξείδιο του μαγνησίου και υδροχλωρικό οξύ που διαβρώνει τη μεταλλική επιφάνεια του υδροθαλάμου.

Το **διοξείδιο πυριτίου**. Αυτό γενικά δε βρίσκεται στους Ναυτικούς Λέβητες παρά σε ελάχιστες ποσότητες. Το πυρίτιο δημιουργεί μιά πάρα πολύ σκληρή καθαλάτωση. Η παρουσία του μπορεί να οφείλεται σε προβολή των αποστακτήρων, όταν το πλοίο βρίσκεται σε ποτάμι όπου το ποσοστό του πυριτίου είναι μεγάλο, ή σε τροφοδότηση με νερό που αποθηκεύεται σε δεξαμενές καλυμμένες με τσιμέντο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν τροφοδοτείται ο αποστακτήρας με πηγαίο νερό υψηλής περιεκτικότητας σε πυρίτιο, μπορεί με τις προβολές να εισέλθει πυρίτιο στο σύστημα αποσταγμένου νερού. Σε μερικά νεότευκτα πλοία, όπου χρησιμοποιούνται στις δεξαμενές τροφοδοτικού νερού επιχρίσματα με βάση το πυρίτιο οι αρχικές μετρήσεις για πυρίτιο μπορεί να είναι υψηλές. Τότε πρέπει οι μετρήσεις να είναι συχνές και το πυρίτιο να ελέγχεται με εξαγωγές.

β) Οξέα.

Αυτά είτε ελεύθερα είτε σε διάλυση στο νερό προκαλούν τη διάβρωση του μετάλλου της βρεχόμενης επιφάνειας του υδροθαλάμου και υποβοηθούν την ηλεκτρόλυση. Είναι κυρίως: ανθρακικό οξύ, νιτρικό, θειικό, υδροχλωρικό αλλά και διάφορα οργανικά οξέα, όπως το ελαϊκό και στεατικό οξύ, που προέρχονται από τα λάδια της λιπάνσεως των μηχανών και των μηχανημάτων.

γ) Λάδια - λιπαρές ουσίες - πετρέλαια.

Τα λάδια και οι λιπαρές γενικά ουσίες προέρχονται, όπως είπαμε, από τη λίπανση των μηχανών και μηχανημάτων, τα δε πετρέλαια από διαρροή προθερμαντήρα πετρελαίου. Και τα δύο δημιουργούν επικαθίσεις στο εσωτερικό των αυλών με αποτέλεσμα κακή μετάδοση της θερμότητας, πώση της αποδόσεως του λέβητα και κίνδυνο παραμορφώσεως ή και εκρήξεων των αυλών του. Εξάλλου συσσωρεύονται πάνω στην επιφάνεια της στάθμης και σχηματίζουν αδιαπέραστη για τον παραγόμενο ατμό στοιβάδα και δημιουργούν έτσι κίνδυνο αναβράσεως.

δ) Οξυγόνο.

Αυτό διαλύεται μέσα στο νερό, όταν το δίκτυο τροφοδοτήσεως είναι ανοικτό και απορροφά αέρα και διάφορα αέρια ή όταν δεν λειτουργεί καλά η εξαεριστική δεξαμενή. Προσβάλλει το μέταλλο του λέβητα και το οξειδώνει. Ενώνεται, όπως θα δούμε, με το υδρογόνο που προέρχεται από την ηλεκτρόλυση που προστατεύει τη βρεχόμενη επιφάνεια, το οποίο έτσι την αποκαλύπτει ξανά σε ηλεκτρόλυση και διάβρωση.

ε) Στερεές και γαιώδεις ύλες.

Αποτελούνται από προϊόντα οξειδώσεως, λάσπη, άμμο, πηλό κλπ. Η ενέργειά τους συνίσταται βασικά στο ότι υποβοηθούν το σχηματισμό και τη συνεκτικότητα των καθαλάτωσης.

στ) Διαλυμένα αέρια.

Διαλυμένα αέρια υπάρχουν στο αποσταγμένο νερό με τη μορφή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Καθένα απ' αυτά μπαίνει στο σύστημα συμπυκνώσεως από διαρροές της πλευράς υπό κενό ή επαφής με τον ατμοσφαιρικό αέρα, το θερμοδοχείο της δεξαμενής υπερπληρώσεως (surge tank), ή τη δεξαμενή φιλτραρίσματος τροφοδοτικού. Λόγω των χημικών αντιδράσεων στο νερό, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να δημιουργήσει ανθρακικό οξύ (HCO_3), με αποτέλεσμα την ελάττωση του pH του συμπυκνώματος και τη μετατροπή του σε διαβρωτικό. Το οξυγόνο είναι εξαιρετικά διαβρωτικό και δημιουργεί τοπικές ευλογιάσεις (pitting) και προσβολές του μετάλλου του λέβητα.

Μηχανικοί απαερωτές (Deaerators) αν είναι εγκαταστημένοι, αφαιρούν το περισσότερο απ' αυτά τα διαλυμένα αέρια. Παρόλα αυτά, τα πιο αποτελεσματικά Deaerators αφήνουν να περάσουν περίπου 5 μέρη ανά δισεκατομμύριο διαλυμένα αέρια. Χημική επεξεργασία απαιτείται, για να καταστούν τα αέρια αυτά ακίνδυνα.

ζ) Χαλκός.

Ο χαλκός εισάγεται στο σύστημα από τη διάβρωση των χαλκίνων σωληνώσεων και κραμάτων χαλκού.

Στους λέβητες η πηγή της διαβρώσεως αυτής είναι η υπερβολική χρήση υδραζίνης ή η διαρροή στοιχείων εσωτερικού του αφυπερθεμαντήρα (Desuperheater) στους θαλάμους του λέβητα. Η διαρροή επιτρέπει αλκαλικό νερό του λέβητα να εισέλθει στο σύστημα του αφυπερθεμαντήρα και να διαβρώσει χαλκό και κράμα-τα χαλκού με αποτέλεσμα την είσοδο χαλκού στο λέβητα.

Ο χαλκός στο λέβητα εκτοπίζει το χάλυβα των αυλών. Αυτό συνήθως γίνεται από τις καθαλατώσεις ή τη λάσπη και συχνά περιγράφεται ως διάβρωση από καθαλάτωση.

Οι επικαθίσεις χαλκού είναι ένα σοβαρό πρόβλημα στους νέους υψηλής πίεσεως λέβητες. Τα κατάλοιπα της πλευράς νερού πρέπει να στέλνονται περιοδικά σε χημικό εργαστήριο για ανάλυση, για να εξακριβωθεί η παρουσία χαλκού και ο άμεσος εντοπισμός και η διακοπή της πηγής εισόδου χαλκού στο σύστημα παραγωγής ατμού.

η) Οξειδία του σιδήρου (FeO - Fe_2O_3 - Fe_3O_4).

Σίδηρος μπορεί να εισέλθει στο λέβητα ως αποτέλεσμα διαβρώσεως στα προ του λέβητα τμήματα ή μέρη του συστήματος τροφοδοτήσεως ή μπορεί να επανακαθίσει ως αποτέλεσμα διαβρώσεως του ίδιου του λέβητα. Συχνά όταν το οξείδιο του σιδήρου επικαθίσει σε ένα αυλό έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της μεταδόσεως θερμότητας και καμιά φορά τη ζημιά του αυλού.

Όταν δεν υπάρχει σίδηρος στο πηγαίο τροφοδοτικό νερό, η παρουσία του στο λέβητα ή στο σύστημα ψύξεως, δείχνει ενεργή διάβρωση που είναι πολύ πιο σοβαρό πρόβλημα από την παρουσία του στις καθαλατώσεις, όπου εμφανίζεται με εμφράξεις.

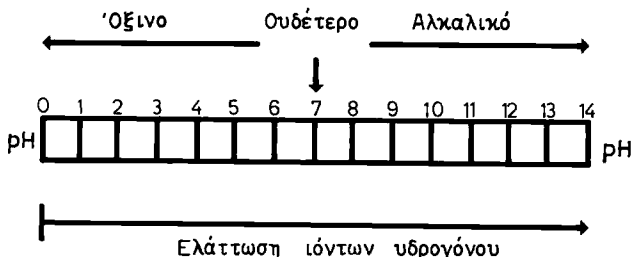
Η σκουριά στην κοκκινωπή μορφή της είναι πλήρως οξειδωμένη. Πολύ συχνά σ' ένα λέβητα με περιορισμένο οξυγόνο παρουσιάζεται σε περιορισμένη ή τη μαύρη μορφή (Fe_3O_4). Αυτή είναι μαγνητική και μπορεί εύκολα να επισημανθεί μ' ένα μαγνήτη.

14.3 Οξύτητα, ουδετερότητα και αλκαλικότητα.

Όλα τα νερά μπορούν να καταταγούν σε μια απ' αυτές τις κατηγορίες, δηλαδή οξύτητα, ουδετερότητα και αλκαλικότητα. Είναι όμως μόνο πολύ γενικοί όροι και για να γνωρίζουμε το βαθμό κάθε κατηγορίας, χρειαζόμαστε περισσότερο ακριβείς μεθόδους παρακολούθησης.

Ο καθιερωμένος ορισμός που φανερώνει τα ακριβή χαρακτηριστικά που επιθυμούμε είναι το pH. Το pH είναι ένας αριθμός μεταξύ 0 και 14 με το 7 (το μέσο) ουδέτερο (σχ. 14.3). Οποιαδήποτε τιμή από το 7 προς το 0 είναι στην περιοχή της οξύτητας, ενώ από τα 7 μέχρι το 14 είναι στην περιοχή της αλκαλικότητας. Το pH είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της πυκνότητας των ιόντων ενός διαλύματος. Επομένως μια συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου 10^{-7} εκφράζεται ως pH 7 (ουδέτερο), 10^{-1} ως pH 1 (οξύ) και 10^{-14} ως pH 14 (αλκαλικό).

Είναι λοιπόν φανερό ότι η διαφορά μεταξύ κάθε αριθμού είναι 10 φορές και η διαφορά μεταξύ pH 7 και pH 10 είναι 1000 φορές.



Σχ. 14.3.
Κλίμακα pH.

14.4 Η επίδραση και τα αποτελέσματα των ξένων ουσιών.

14.4.1 Η επίδραση των αλάτων και ο σχηματισμός των καθαλατώσεων.

Κατά τη λειτουργία του λέβητα το νερό εξατμίζεται, ενώ οι ύλες που περιέχονται μέσα σ' αυτό παραμένουν στον υδροθάλαμο. Οι παραπάνω ξένες ύλες αυξάνονται προοδευτικά αυξάνοντας και την πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου τόσο περισσότερο όσο περισσότερη είναι και η ποσότητά του νερού, που εισάγεται μέσα στο κύκλωμα προς αναπλήρωση των απωλειών, ή όσο μεγαλύτερη είναι η τυχόν διαρροή του ψυγείου ή η προβολή του βραστήρα.

Το νερό παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα διαλύσεως κάθε άλατος, υπάρχει δε ένα όριο στη διαλυτότητα αυτή που ονομάζεται **σημείο κορεσμού**. Πέρα από το όριο αυτό η ποσότητα άλατος που πλεονάζει δεν μπορεί να συγκρατηθεί από το νερό και πέφτει στον πυθμένα του υδροθαλάμου. Η διαλυτότητα των αλάτων μέσα στο νερό μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Ορισμένα άλατα είναι πολύ περισσότερο διαλυτά σε ζεστό νερό, ενώ για άλλα ισχύει το αντίθετο. Τα τελευταία αυτά είναι εκείνα, τα οποία και σχηματίζουν τις καθαλατώσεις στο λέβητα.

Έτσι, αν ποσότητα νερού χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής σε περιεκτικότητα ενός άλατος σε διάλυση εισέλθει στον υδροθάλαμο, όπου επικρατεί

υψηλότερη θερμοκρασία, θα απορρίψει την ποσότητα άλατος που πλεονάζει στον πυθμένα του υδροθαλάμου. Και αυτό, γιατί στην υψηλότερη θερμοκρασία του υδροθαλάμου αντιστοιχεί χαμηλότερο σημείο κορεσμού. Με αυτό τον τρόπο αρχίζει ο σχηματισμός των καθαλατώσεων. Αυτές, ανάλογα με τα άλατα, από τα οποία προέρχονται, διακρίνονται σε **σκληρές** ή **απολιθωτικές** και σε **μαλακές** ή **πολυώδεις**.

Οι σκληρές προέρχονται από τα άλατα του θειικού ασβεστίου κυρίως, το οποίο περιέχεται σε υψηλή αναλογία στο θαλάσσιο νερό, ενώ οι μαλακές από τα άλατα ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου, άλλων γαιωδών υλών ή από καθιζήματα των διαφόρων μιγμάτων της χημικής επεξεργασίας του νερού που χρησιμοποιούνται μέσα στον υδροθάλαμο.

Οι σκληρές καθαλατώσεις είναι οι πιά ανεπιθύμητες, γιατί προσκολλώνται στο έλασμα και αφαιρούνται δύσκολα μόνο κατά τον εσωτερικό καθαρισμό του λέβητα. Είναι λεπτόκοκκες, μοιάζουν με γύψο και σπάζουν όπως το γυαλί.

Οι μαλακές εξάγονται ευκολότερα με τις εξαγωγές, είναι χονδρόκοκκες, μοιάζουν με κιμωλία και ξύνονται εύκολα με την ξύστρα.

Ένας λόγος, για τον οποίο χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες μέσα στον υδροθάλαμο, είναι ότι συντελούν στη μετατροπή των θειικών αλάτων σε ανθρακικά, τα οποία και δίνουν, όπως είπαμε, μαλακές καθαλατώσεις.

Μία μέση ανάλυση των καθαλατώσεων, που σχηματίζονται από αποσταγμένο νερό το οποίο προέρχεται από απόσταξη με τους βραστήρες, είναι η εξής:

Ανθρακικό ασβέστιο	1 %
Θειικό ασβέστιο	85 %
Χλωριούχο νάτριο	2,8%
Υδροξείδιο του μαγνησίου	3,4%
Πυρίτιο	1,1%
Τετροξείδιο του σιδήρου	0,3%
Διάφορες οργανικές ουσίες	0,1%
Υγρασία	6,3%
Σύνολο	100 %

Οι καθαλατώσεις παρουσιάζονται συνήθως στα χαμηλότερα μέρη του λέβητα, η δε ενέργειά τους είναι πολλαπλά επιβλαβής για το λέβητα, γιατί:

α) Είναι δυσθερμαγωγές και παρεμποδίζουν τη μετάδοση της θερμότητας στο νερό, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και ερυθροπύρωση του υλικού. Αυτή δημιουργεί τοπικό εξόγκωμα και πιθανή διάρρηξη του υλικού η οποία μπορεί να καταλήξει και σε μεγαλύτερη έκρηξη.

β) Αυξάνουν λόγω του δυσθερμαγωγού τους την κατανάλωση σε καύσιμο, ώστε για πάχος καθαλατώσεως 1,5 mm να παρατηρείται αύξηση καταναλώσεως κατά 20%, ενώ για πάχος 12,5 mm μέχρι και 150% αντίστοιχα.

γ) Υποβοηθούν τη διάβρωση του λέβητα, γιατί, όταν σχηματίζονται, ελευθερώνουν οξέα.

δ) Υποβοηθούν την ανάβραση.

ε) Δημιουργούν αυξημένη δαπάνη συντηρήσεως λόγω ανάγκης συχνών καθαρισμών.

14.4.2 Η επίδραση των οξέων.

Τα οξέα που περιέχονται στο νερό του υδροθαλάμου είναι πολλαπλά επιβλαβή για τη συντήρησή του, γιατί προσβάλλουν τα μέταλλα. Τα οξέα αυτά είναι το **ανθρακικό οξύ**, το **νιτρικό**, το **θειικό**, το **υδροχλωρικό** και ορισμένα **λιπαρά οξέα**.

Το πίο επικίνδυνο από όλα είναι το υδροχλωρικό οξύ, άκρως διαβρωτικό, το οποίο προέρχεται κυρίως από χλωριούχο μαγνήσιο, αλλά και από χλωριούχο νάτριο, που περιέχεται στο θαλάσιο νερό.

Το οξύ προσβάλλει το μέταλλο, υποβοηθεί καταρχήν την έναρξη της οξειδώσεως, και συντελεί στη συνέχεια στη γρήγορη επέκτασή της. Από διάφορα πειράματα αποδείχθηκε ότι η επίδραση των οξέων εξαρτάται από:

- α) Την ομοιογένεια και καθαρότητα του μετάλλου.
- β) Την ποσότητα του οξυγόνου στο νερό.
- γ) Τη θερμοκρασία του νερού.

Τα οξέα υποβοηθούν επίσης σε σημαντικό βαθμό στην ηλεκτρόλυση γιατί ενεργούν ως ηλεκτρολύτες του διαλύματος.

14.4.3 Η επίδραση των ελαιωδών ουσιών.

Οι ελαιώδεις ουσίες σχηματίζουν επικαθίσεις στις θερμαινόμενες επιφάνειες και ως δυσθερμαγωγές αυξάνουν την κατανάλωση του λέβητα και δημιουργούν κίνδυνο παραμορφώσεων των αυλών. Οι επικαθίσεις είναι 8 ως 10 φορές περισσότερο δυσθερμαγωγές από τις καθαλατώσεις.

Εκτός από αυτό όμως οι διάφορες λιπαρές ουσίες ανέρχονται στην επιφάνεια της στάθμης του νερού και σχηματίζουν ένα αδιαπέραστο για τον παραγόμενο ατμό στρώμα. Έτσι ο ατμός αναπτύσσει μεγαλύτερη πίεση, για να υπερνικήσει την αντίσταση των λαδιών και εισέρχεται μέσα στον ατμοθάλαμο με μεγάλη ταχύτητα παρασύροντας και ποσότητες νερού και δημιουργείται έτσι το φαινόμενο της **αναβράσεως του** λέβητα.

14.4.4 Η επίδραση των αερίων και του διαλυμένου οξυγόνου.

Τα αέρια που περιέχονται στο νερό και ιδίως ο ατμοσφαιρικός αέρας, ο οποίος περιέχει οξυγόνο, και το διοξείδιο του άνθρακα, αποχωρίζονται από το νερό κατά την ατμοποίηση και ανεβαίνουν προς τον ατμοθάλαμο. Εφόσον δεν έλθουν στο μεταξύ σε επαφή με τη βρεχόμενη επιφάνεια του υδροθαλάμου δεν ασκούν καμιά επίηρεια και απάγονται από το λέβητα μαζί με τον ατμό. Σε αντίθετη περίπτωση παραμένουν στον υδροθάλαμο υπό μορφή φυσαλίδων σε μέρη, όπου η κυκλοφορία του νερού είναι περιορισμένη, και δημιουργούν τοπικές διαβρώσεις της χαρακτηριστικής μορφής της **ευλογιάσεως**, η οποία συχνά απαντάται στους λέβητες.

14.4.5 Η επίδραση των γαιωδών υλών και προϊόντων οξειδώσεως.

Οι γαιώδεις ύλες και τα προϊόντα οξειδώσεως, όπως έχουμε αναφέρει χρησιμεύουν ως συνδετική ύλη και υποβοηθούν σε σημαντικό βαθμό στο σχηματισμό και τη συνεκτικότητα των καθαλατώσεων.

14.5 Τα μέτρα που λαμβάνονται για την προστασία του λέβητα.

Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν κυρίως:

- Στην αποφυγή δημιουργίας **καθαλατώσεων**.
- Στον περιορισμό στο ελάχιστο της διαβρώσεως του μετάλλου από οξέα, οξυγόνο ή **ηλεκτρόλυση**.
- Στην αποφυγή δημιουργίας μεγάλης επιφανειακής **τάσεως** στη στάθμη του νερού, η οποία προκαλεί **ανάβραση** και στη συνέχεια **προβολή** του λέβητα.

Τα μέτρα αυτά συνίστανται κυρίως:

α) Στη χρήση αποσταγμένου νερού ή την ολική **αποσκληρυνσή** του, πριν εισέλθει στο λέβητα, προς αποφυγή δημιουργίας καθαλατώσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με τους αποστακτήρες και με τη χρήση συσκευών αποσκληρύνσεως του νερού με τη βοήθεια χημικών ουσιών.

β) Στη διατήρηση του νερού του υδροθαλάμου ελαφρώς **αλκαλικού**, ώστε να εξασφαλίζεται ότι αυτό δεν περιέχει οξέα. Τούτο επιτυγχάνεται με τη χρήση ορισμένων χημικών ουσιών, που αποκαλούνται **αλκαλικές** όπως η σόδα, η άσβεστος κλπ. Οι παραπάνω ουσίες συχνά παρέχονται σε διάφορες αναλογίες ως βιομηχανοποιημένες συνθέσεις στο εμπόριο, και έχουν εμπορικές ονομασίες, όπως π.χ. μίγμα Ameroid, το Bull and Roberts, το Magnus Maritec, το Nafloc κλπ.

γ) Στην αποφυγή προσμίξεως λαδιού και ελαιωδών ουσιών στο νερό. Αυτό επιτυγχάνεται με τον περιορισμό στο ελάχιστο της εσωτερικής λιπάνσεως και αφορά κυρίως τις εγκαταστάσεις παλινδρομικών μηχανών. Όταν η εσωτερική λίπανση είναι αναγκαία, γίνεται χρήση ουδέτερων ορυκτελαίων εκλεκτής ποιότητας, ώστε να μη παρουσιάζουν όξινη αντίδραση. Εκτός από αυτό το επιμελές φίλτράρισμα του νερού συντείνει στην ελάττωση των λαδιών που εισέρχονται στον υδροθάλαμο ενώ η χρήση σόδας και των υπολοίπων μιγμάτων εξουδετερώνει τα λάδια που βρίσκονται μέσα στον υδροθάλαμο με σαπουνοποίηση. Αποτέλεσμα της σαπυνοποίησης είναι η δημιουργία ελαιωδών αφρών οι οποίοι εξαγονται εύκολα στη θάλασσα με τον εξαφριστικό σωλήνα.

δ) Στην αποφυγή παρουσίας **αέρα**, αερίων και οξυγόνου στο νερό. Επιτυγχάνεται με τα **κλειστά τροφοδοτικά κυκλώματα**, με την εξαέρωση του νερού στη δεξαμενή εξαερώσεως και με τη χημική επεξεργασία του νερού.

ε) Στον περιορισμό στο ελάχιστο της επιδράσεως της **ηλεκτροκλύσεως**. Επιτυγχάνεται με την αποφυγή υπάρξεως οξέων μέσα στον υδροθάλαμο, τα οποία όπως είναι γνωστό, υποβοηθούν την ηλεκτρόλυση.

Για την επιτυχή εφαρμογή των παραπάνω, απαιτείται η εκτέλεση ορισμένων **μετρήσεων**, με τις οποίες προσδιορίζεται το ποσό καθεμιάς από τις επιβλαβείς ουσίες που περιέχονται στο νερό. Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών καθορίζονται και οι αναγκαίες προσθήκες σε χημικές ουσίες.

Τονίζεται εδώ ότι η εργασία αυτή παίζει σοβαρό ρόλο για την καλή συντήρηση του λέβητα και πρέπει να εκτελείται με μεγάλη προσοχή από τους υπεύθυνους μηχανικούς της εγκαταστάσεως.

Στις επόμενες παραγράφους θα ασχοληθούμε με την εκτέλεση των μετρήσεων αυτών και τη χρήση των ειδικών χημικών συνθέσεων με τις οποίες αντιμετωπίζονται οι επιβλαβείς ενέργειες των ξένων ουσιών που περιέχονται στο νερό.

14.6 Η αλατότητα των φλογαυλωτών λεβήτων και η μέτρησή της.

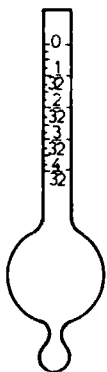
Με τον όρο αλατότητα στους φλογαυλωτούς λέβητες εννοούμε τη συνολική πυκνότητα σε άλατα του νερού του υδροθαλάμου. Η μέτρησή της πραγματοποιείται με ειδικό όργανο, τό **αλατόμετρο**.

Σ' αυτό λαμβάνεται ως βάση ότι 1 βαθμός αλατομέτρου αντιστοιχεί με την πυκνότητα του θαλάσσιου νερού. Έτσι, επειδή κατά την αγγλική μέθοδο μετρήσεως τό ποσό των αλάτων στο θαλάσσιο νερό ισούται με τό $1/32$ του βάρους του, ο αριθμός αυτός ονομάζεται και βαθμός του αγγλικού αλατομέτρου. Επειδή ένα γαλόνι ισούται με 70 000 κόκκους, ένας βαθμός αγγλικού αλατομέτρου θα είναι ίσος με $70\ 000:32 = 2200$ κόκκους. Κατά τη γαλλική μέθοδο εξάλλου το ποσοστό των αλάτων αντιπροσωπεύει τα 35% του βάρους του θαλάσσιου νερού. Ο αριθμός αυτός ονομάζεται αντίστοιχα και βαθμός του γαλλικού αλατομέτρου.

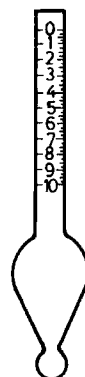
Τό αλατόμετρο γενικά είναι ένα πυκνόμετρο καί μετρά το βάρος των διαλυμένων μέσα στο νερό αλάτων. Αποτελείται από μεταλλικό πλωτήρα, ο οποίος φέρει στο κατώτερο άκρο του μικρό βάρος, ώστε το όργανο να βυθίζεται, προς τα πάνω δε λεπτό στέλεχος, το οποίο και βαθμολογείται με δύο τρόπους, της αγγλικής και της γαλλικής μεθόδου βαθμολογίας.

α) Βαθμολογία αγγλικού αλατομέτρου.

Βυθίζομε τό αλατόμετρο (σχ. 14.6α) σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 200°F και στο σημείο της στάθμης όπου επιπλέει σημειώνομε την ένδειξη «0», η οποία και αποτελεί την αρχή της κλίμακας. Στη συνέχεια τοποθετούμε το όργανο μέσα σε θαλάσσιο νερό ορισμένης ποσότητας (1 γαλόνι) και θερμοκρασίας πάλι 200°F και στο σημείο της στάθμης σημειώνομε πάνω στο όργανο το $1/32$, δηλαδή την πυκνότητα του θαλάσσιου νερού. Βράζομε κατόπιν το νερό, μέχρις ότου αυτό εξατμιζόμενο ελαττωθεί στο μισό κατ' όγκο και στο σημείο της νέας στάθμης σημειώνομε το $2/32$.



Σχ. 14.6α.
Αγγλικό αλατόμετρο.



Σχ. 14.6β.
Γαλλικό αλατόμετρο.

Με τον ίδιο τρόπο δια νέου βρασμού και εξατμίσεώς του κατά το ήμισυ προσδιορίζομε και σημειώνομε το $4/32$. Υποδιαιρούμε κατόπιν το διάστημα μεταξύ των διαδοχικών βαθμών σε δεύτερα και τέταρτα και έχομε έτσι βαθμολογημένο το αλατόμετρο κατά την αγγλική μέθοδο.

β) Βαθμολογία γαλλικού αλατομέτρου.

Όπως καί προηγουμένως, βυθίζομε το όργανο (σχ. 14.6β) μέσα σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 95°C και σημειώνομε πρώτα το μηδέν. Κατόπιν παίρνομε

διάλυμα 350 γραμμαρίων μαγειρικού άλατος μέσα σε αποσταγμένο νερό 650 γραμμαρίων και το θερμαίνουμε στους 95°C και σημειώνουμε την ένδειξη 10.

Το μεταξύ 0 και 10 διαστήμα διαιρούμε σε 10 ίσα διαστήματα και έχουμε το αλατόμετρο βαθμολογημένο κατά τη γαλλική μέθοδο σε 10 βαθμούς. Κάθε βαθμός αντιστοιχεί σε 35 gr/kg νερού αποσταγμένου, εφόσον η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού είναι 35‰. Στην ένδειξη 3 συνεπώς του γαλλικού αλατομέτρου θα έχουμε $3 \times 35 = 105$ gr αλάτων/kg.

Αν ληφθεί υπόψη ότι τα 35 gr είναι 35/1000 και το 1/32 είναι 1000:32 = 31,25/1000, συνάγουμε ότι 1 βαθμός αγγλικού αλατομέτρου = 31,25 : 35 = 0,893 του γαλλικού και 1 βαθμός γαλλικού αλατομέτρου = 35 : 31,25 = 1,12 του αγγλικού.

Εφαρμογή.

2,5 βαθμοί αγγλικού αλατομέτρου να μετατραπούν σε βαθμούς γαλλικού και 2,5 βαθμοί γαλλικού σε βαθμούς αγγλικού αντίστοιχα.

α) $2,5 \times 0,893 \approx 2,23$ γαλλικοί βαθμοί.

β) $2,5 \times 1,12 \approx 2 \frac{7}{8}$ περίπου αγγλικόί βαθμοί.

14.7 Ελάττωση της πυκνότητας του τροφοδοτικού νερού με εξαγωγή.

Κατά τη λειτουργία του λέβητα, η πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου αυξάνεται συνεχώς λόγω της εισόδου νέων αλάτων, τα οποία εισάγονται στο δίκτυο κατά την αναπλήρωση των απωλειών με νέο τροφοδοτικό νερό και λόγω της εισόδου αλάτων σε περιπτώσεις διαρροής ψυγείου ή προβολής του βραστήρα.

Γεννιέται έτσι η ανάγκη εκτέλεσεως εξαγωγών κατά διαστήματα, για να ελαττώνεται η πυκνότητα σέ παραδεκτά όρια. Εξάγεται δηλαδή μία ποσότητα νερού του υδροθαλάμου με τόν εξαγωγικό κρουνό και αναπληρώνεται με ίση ποσότητα τροφοδοτικού νερού πυκνότητας οπωσδήποτε μικρότερης από την πυκνότητα του νερού που εξάγεται. Στους κυλινδρικούς λέβητες πρέπει οπωσδήποτε να γίνονται εξαγωγές, όταν η πυκνότητα φθάσει τα 2,5/32.

Οι εξαγωγές πρέπει να γίνονται περιοδικά και μεθοδικά, ώστε να μην υποφέρει ο λέβητας από τις δονήσεις. Μετά από κάθε εξαγωγή πρέπει να μετρείται η νέα πυκνότητα.

Για τον υπολογισμό του προς εξαγωγή νερού του υδροθαλάμου ισχύει η αρχή ότι, για να διατηρήσομε ορισμένη πυκνότητα, πρέπει να εξαγάγομε όλο το αλάτι, το οποίο συμπληρωματικά εισάγεται. Έχουμε έτσι τη σχέση:

$$Q_1 \cdot d_1 = Q_2 \cdot d_2$$

όπου Q_1 και Q_2 οι ποσότητες και d_1 και d_2 οι πυκνότητες εισαγόμενου και εξαγόμενου νερού.

14.8 Άλλες μετρήσεις σε φλογαυλωτούς λέβητες.

Η μέθοδος μετρήσεως της αλατότητας που αναφέραμε, και η με βάση τα αποτελέσματα αυτά εκτέλεση εξαγωγών εφαρμόζεται σε παλαιότερους φλογαυλωτούς κυλινδρικούς λέβητες κλπ.

Σε σύγχρονους βοηθητικούς φλογαυλωτούς καθώς επίσης και σ' όσους λει-

τουργούν με καυσαέρια ΜΕΚ οι οποίοι χρησιμοποιούν αποσταγμένο νερό, εφαρμόζονται ολικά ή μερικά οι μετρήσεις και τα μέτρα που αφορούν τους υδραυλωτούς λέβητες, όπως αυτά περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

14.9 Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε υδραυλωτούς λέβητες.

14.9.1 Μετρήσεις.

Είναι οι εξής:

- α) Μέτρηση **αλατότητας** (χλωριούχων και φωσφάτων).
- β) Μέτρηση **σκληρότητας**.
- γ) Διαπίστωση παρουσίας **ελαιωδών** ουσιών.
- δ) Μέτρηση **αλκαλικότητας**.
- ε) Μέτρηση διαλυμένου **οξυγόνου**.
- στ) Διαπίστωση **αιωρούμενων** ουσιών (αγωγιμότητας, πυριτίου, χαλκού).

Οι παραπάνω μετρήσεις είναι απαραίτητες, λόγω της γνωστής ευαισθησίας που παρουσιάζουν οι υδραυλωτοί λέβητες στο τροφοδοτικό νερό και αποσκοπούν στην ανίχνευση του είδους της μόλυνσεως που έχει αυτό.

Με βάση τα αποτελέσματα της κάθε μετρήσεως παίρνονται και τα ανάλογα μέτρα για την αντιμετώπισή της.

14.9.2 Μονάδες μετρήσεων.

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις αυτές είναι οι παρακάτω:

- α) Κόκκοι ανά γαλόνι (grains per gallon).
- β) Εκατοστιαία αναλογία (%).
- γ) Χιλιοστόλιτρα ανά λίτρο (ml/ltr).
- δ) Μέρη ανά εκατομμύριο (parts per million ppm).
- ε) Αριθμός pH (pH number).
- στ) Ισοδύναμα ανά εκατομμύριο (equivalents per million epm).
- ζ) Βαθμοί σκληρότητας (αγγλικοί, γαλλικοί ή γερμανικοί).

Η μονάδα με το στοιχείο (α') βασίζεται στο ότι 1 γαλόνι περιέχει 10 λίτρες (lt) ή 160 ουγγιές (ounces) και ότι ισοδυναμεί με 70 000 κόκκους (grains).

Οι μονάδες με τα στοιχεία (δ) και (στ) εκφράζουν και οι δύο βάρος ανά μονάδα βάρους. Το epm ορίζεται ως ο αριθμός ισοδυνάμων μερών μιας ουσίας σε 1 000 000 μέρη νερού. Τα ppm μπορούν να μετατραπούν σε epm αν διαιρεθούν με το χημικό ισοδύναμο κατά βάρος της σχετικής ουσίας π.χ. 1 epm οξυγόνου σε διάλυση ισοδυναμεί με 8 ppm αντίστοιχα.

Για τη μονάδα pH, βλέπε σχετικά στην παράγραφο 14.3.

Για καθαρό νερό θερμοκρασίας 23°C είναι $[H] = 10^{-7}$, που σημαίνει ότι σε 1 λίτρο καθαρού νερού θερμοκρασίας 23°C υπάρχουν 10^{-7} γραμμοίοντα υδρογόνου, δηλαδή 0,0000001 γρ. ιόντων υδρογόνου. Άρα για καθαρό νερό θερμοκρασίας 23°C είναι $pH = 7$.

Γιά $pH \leq 7$ το διάλυμα έχει όξινη αντίδραση.

Γιά $pH \geq 7$ το διάλυμα έχει αλκαλική αντίδραση.

Για $pH = 7$ το διάλυμα είναι ουδέτερο.

Το pH του καθαρού νερού μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του νερού σε όρια όπως στον ακόλουθο πίνακα:

°C	0	12,5	25	50	100	200	300
pH	7,5	7,25	7	6,6	6,1	5,7	5,5

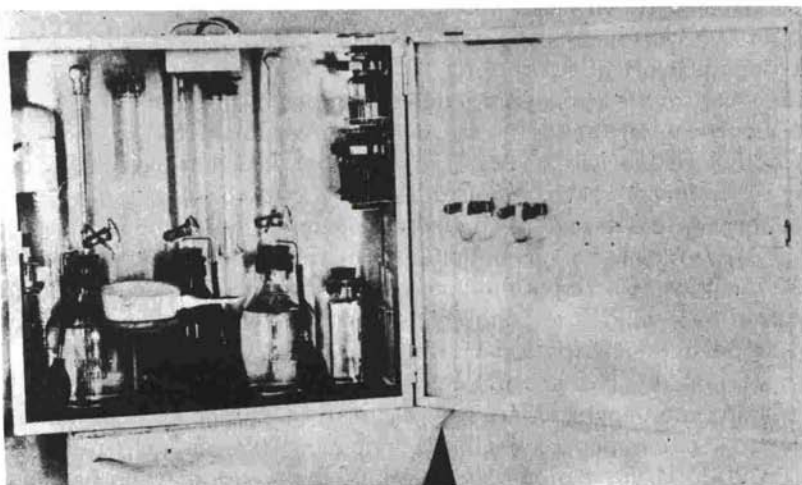
Το pH ενός δείγματος νερού μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς με μέτρηση του ηλεκτρικού δυναμικού με κατάλληλες συσκευές. Ο κατά προσέγγιση προσδιορισμός είναι δυνατός με κατάλληλους δείκτες, που περιλαμβάνουν ασθενές οξύ ή βασικές συνθέσεις. Οι δείκτες έχουν την ικανότητα να αλλάζουν χρώμα σε προκαθορισμένα όρια τιμής pH κατόπιν αντιδράσεως με το διάλυμα. Η τιμή pH του νερού του λέβητα, ανάλογα με την κατάσταση του τροφοδοτικού νερού και του τύπου επεξεργασίας του, πρέπει να διατηρείται μεταξύ 10,5 έως 11,5.

Οι μονάδες με το στοιχείο (ζ) χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της σκληρότητας μόνο παράλληλα με την σε ερη έκφρασή της. Έτσι κατά τον αγγλικό τρόπο μετρήσεως 1 αγγλικός βαθμός σκληρότητας παριστάνει περιεκτικότητα 1 μέρους CaCO_3 σε 70000 μέρη νερού. Αυτός ονομάζεται και **κόκκος σκληρότητας**. Ένας γαλλικός βαθμός σκληρότητας παριστάνει αντίστοιχα περιεκτικότητα 1 μέρους CaCO_3 σε 100000 μέρη νερού και 1 γερμανικός περιεκτικότητα 1 μέρους CaO σε 100000 μέρη νερού.

14.9.3 Η συσκευή μετρήσεως του νερού.

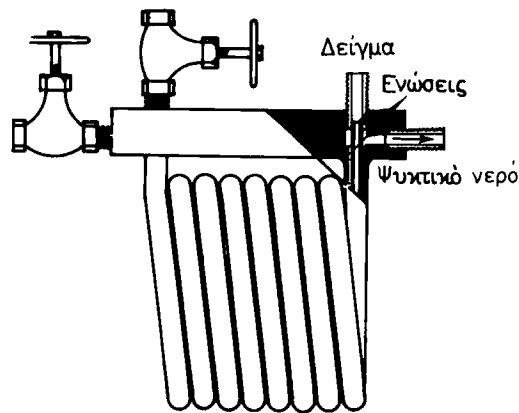
Με τις μετρήσεις εντοπίζονται τα συστατικά μολύνσεως του νερού, που αποτελούν τα λεγόμενα **ιόντα του συστατικού**, τα οποία πρέπει να εξουδετερωθούν με την παραπέρα χημική επεξεργασία του.

Μια συνήθης συσκευή, με την οποία γίνονται οι μετρήσεις, παριστάνεται στο σχήμα 14.9α.



Σχ. 14.9α.
Συσκευή μετρήσεων νερού.

Πριν εκτελέσουμε οποιαδήποτε μέτρηση, πρέπει να φροντίζουμε ώστε η καθαριότητα της όλης συσκευής να είναι τέλεια και να υπάρχουν πάντοτε τα αναγκαία αντιδραστήρια.



Σχ. 14.9β.

Ψυκτήρας δειγματοληψίας νερού.

Για τη λήψη δείγματος και προς αποφυγή εσφαλμένων ενδείξεων χρησιμοποιείται ψυκτήρας δειγματοληψίας (σχ. 14.9β) ώστε η θερμοκρασία του να κατεβαίνει κάτω από το σημείο βρασμού του νερού.

14.9.4 Σημεία λήψεως δείγματος νερού.

Λέβητας.

Από τον ατμοθάλαμο ή όπως προβλέπεται από τον κατασκευαστή. Το δείγμα πρέπει να ψύχεται από το ψυγείο δείγματος στους 21 - 26°C περίπου.

Διαδικασία.

Εκκενώστε δυο - τρεις φορές τη σωλήνωση, πριν πάρετε το δείγμα. Στη συνέχεια αφήστε το νερό να τρέξει τρία ως πέντε λεπτά. Ξεβγάλετε όλα τα σκεύη δοκιμής με καθαρό νερό δείγματος.

Αν η ανάλυση καθυστερήσει, το δείγμα πρέπει να κρατηθεί σε καλά κλειστό πλαστικό ή γυάλινο μπουκάλι.

Συμπύκνωμα.

Από την κύρια ή τη βοηθητική αντλία συμπυκνώματος, ανάλογα με ποια αντλία είναι σε λειτουργία.

Τροφοδοτικό νερό.

Από τη σωλήνωση κύριας τροφοδοτήσεως (όσο μπορούμε πιο κοντά στο λέβητα).

Νερό συμπληρώσεως λέβητα (Make up Water).

- α) Από τη δεξαμενή αποσταγμένου νερού ή άλλη δεξαμενή, όπως απαιτείται.
- β) Από τον αποστακτήρα - Evaporator.

14.10 Αλατότητα.

Με τον όρο αλατότητα εννοείται η περιεκτικότητα του νερού σε χλωριούχα ά-

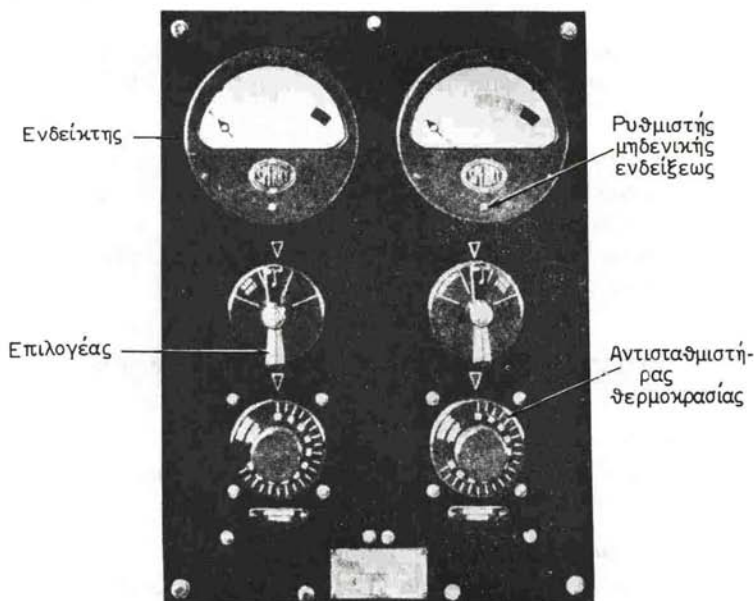
λατα. Βάση των αλάτων αποτελεί το χλωριούχο νάτριο (NaCl) που αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό (78%) των ορυκτών ουσιών που περιέχει το θαλάσσιο νερό. Άλλο χλωριούχο αλάτι είναι το χλωριούχο μαγνήσιο (MgCl_2). Και των δύο η επίδραση έχει αναπτυχθεί στην παράγραφο 14.2. Η παρουσία τους στο τροφοδοτικό νερό οφείλεται στην είσοδο θαλάσσιου νερού στο κύκλωμα. Αυτή μπορεί να προέλθει από διαρροή των ψυγείων ή των ψυγείων των εγχυτήρων, όταν λειτουργούν με θαλάσσιο νερό, των ψυγείων συμπυκνώσεως των αερίων, των δικτύων αποστάξεως ή των εξαγωγών λεβήτων που δεν βρίσκονται υπό ατμό, των επιστομίων του τροφοδοτικού νερού ή της σωληνώσεώς του, της σωληνώσεως δικτύου υγρών που περνούν από το κύτος, επίσης από διαρροή αρμών ή καρφώσεων των τροφοδοτικών δεξαμενών ή τέλος από προβολή βραστήρων.

14.10.1 Χημική μέθοδος μετρήσεως της αλατότητας.

Η δοκιμή που πραγματοποιείται για την ανίχνευση της αλατότητας γίνεται σύμφωνα με τη χρησιμοποιούμενη συσκευή και τα αντιδραστήρια, που προβλέπουν οι οδηγίες της.

14.10.2 Η μέτρηση της αλατότητας με το ηλεκτρικό αλατόμετρο.

Το ηλεκτρικό αλατόμετρο το οποίο ονομάζεται και **σαλινόμετρο** (salinometer) (σχ. 14.10) είναι ηλεκτρικό όργανο, το οποίο βασίζεται στην αρχή της αναλογικής μεταβολής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού σε συνάρτηση με άλατα που περιέχονται σ' αυτό.



Σχ. 14.10.
Ηλεκτρικό αλατόμετρο.

Για να κατανοηθεί η λειτουργία του σαλινόμετρου, αναφέρομε ότι, εάν βυθίσουμε δύο ηλεκτρόδια σε γλυκό νερό και διαβιβάσουμε ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργείται

μια αντίσταση, η οποία παραμένει σταθερή, εφόσον οι ξένες ουσίες που περιέχονται στο νερό παραμένουν σταθερές. Η αντίσταση αυτή διαβάζεται σε ενδείκτη τύπου αμπερομέτρου.

Εάν η περιεκτικότητα σε άλατα αυξηθεί η αγωγιμότητα αυξάνει και ο ενδείκτης κινείται ανάλογα και προειδοποιεί το προσωπικό με κόκκινο φως και προειδοποιητικούς κωδωνισμούς μερικές φορές. Το σχήμα 14.10 παριστάνει πίνακα σαλινόμετρου με την ενδεικτική πλάκα - βελόνα, τον αντισταθμιστήρα θερμοκρασίας και τον επιλογέα.

Ο αντισταθμιστήρας θερμοκρασίας ρυθμίζει το όργανο, ώστε να διορθώνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Ο επιλογέας θέτει σε επικοινωνία το όργανο με διάφορα σημεία του τροφοδοτικού κυκλώματος, στα οποία πρέπει να λαμβάνεται η μέτρηση.

14.10.3 Επιτρεπόμενα όρια αλατότητας. Συχνότητα δοκιμών.

α) Για το νερό του λέβητα.

Επιτρεπόμενο ανώτατο όριο σε χλωριούχα:

Ως πίνακας 14.18.2.

Συχνότητα δοκιμών (με χημικές μεθόδους):

- Μια φορά την ημέρα για λέβητες υπό ατμό.
- Μια φορά την εβδομάδα για λέβητες εκτός ενέργειας.

β) Για το τροφοδοτικό νερό.

Επιτρεπόμενο όριο σε χλωριούχα.

- Κατάθλιψη νερού από απόσταση των αποστακτήρων προς τις εφεδρικές δεξαμενές τροφοδοτικού νερού: 3 ppm τό μέγιστο.
- Συμπύκνωμα 3 ppm τό μέγιστο.
- Νερό τροφοδοτικών δεξαμενών, εξαεριστικής δεξαμενής κανονικά μέχρι 3 ppm κατά μέγιστο.

Συχνότητα δοκιμών (με χημική μέθοδο ή με το σαλινόμετρο).

- Νερό αποστάξεως: Ακριβώς πριν από την αποστολή του στις εφεδρικές δεξαμενές τροφοδοτικού νερού.
- Κύρια ψυγεία: ανά 15λεπτο (ανά 30λεπτο σε κατάσταση αναμονής διαταγών).
- Βοηθητικά ψυγεία: ανά 30λεπτο.
- Τροφοδοτικές δεξαμενές μια φορά κατά τη διάρκεια κάθε 4ωρης φυλακής.
- Εφεδρικές τροφοδοτικές δεξαμενές μια φορά την εβδομάδα και πριν από τη χρησιμοποίηση του νερού.

Οι συχνότητες δοκιμών του νερού που αναφέραμε παραπάνω είναι οι ελάχιστες επιτρεπόμενες. Συνήθως είναι συνεχείς και λαμβάνονται με αυτόματες μεθόδους.

Εάν αντιμετωπίζονται ή αναμένονται ανωμαλίες σε ένα τμήμα της εγκαταστάσεως, η συχνότητα των δοκιμών πρέπει να αυξάνεται.

Σε σύγχρονα πλοία υπάρχει απαραίτητος πίνακας ενδείξεων και συναγερμού με φως και κουδούνι, που ειδοποιεί αμέσως για κάθε ύψωση της αλατότητας.

14.11 Σκληρότητα.

Νερό που απαιτεί υπερβολική ποσότητα σαπουνιού για να δημιουργήσει αφρό (σαπουνάδα), αποκαλείται **σκληρό νερό**.

Η σκληρότητα του νερού τροφοδοτήσεως ή του λέβητα, οφείλεται στην ύπαρξη διαλυτών ορυκτών ουσιών, κυρίως αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου. Το δυσάρεστο αποτέλεσμα από τη σκληρότητα συνίσταται στο ότι υποβοηθεί τη δημιουργία καθαλατώσεων.

Η σκληρότητα χαρακτηρίζεται σε **παροδική**, όταν αφορά την περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα, που σχηματίζουν μαλακές καθαλατώσεις, και **μόνιμη**, όταν αφορά την περιεκτικότητα σε θειικά, νιτρικά και πυριτικά άλατα, που σχηματίζουν τις σκληρές καθαλατώσεις.

Τα γλυκά νερά και το θαλάσσιο αποτελούν πηγή εισόδου των αλάτων αυτών στο τροφοδοτικό νερό του λέβητα, ώστε αιφνίδια αύξηση της περιεκτικότητάς του σε χλωριούχα άλατα πρέπει να προκαλέσει το ενδιαφέρον του Μηχανικού και να ελέγξει και τη σκληρότητα του νερού και να ενεργήσει για την αποφυγή της δημιουργίας καθαλατώσεων.

14.11.1 Η μέτρηση της σκληρότητας του νερού.

Πραγματοποιείται με τη λεγόμενη μέθοδο σαπωνοποίησης και βασίζεται στη χρησιμοποιούμενη συσκευή και τις σχετικές οδηγίες.

Η δοκιμή είναι απλή, αλλά πρέπει να εκτελείται με προσοχή. Ένα συνηθισμένο σφάλμα είναι ότι η δοκιμή του νερού εκτελείται ενώ αυτό είναι ζεστό. Το ζεστό αλκαλικό νερό, όπως είναι το νερό των λεβήτων αν αναταραχθεί, παράγει αφρό ακόμη κι αν δεν είναι σκληρό. Άλλο σφάλμα είναι η αξίωση όπως ο δημιουργούμενος αφρός αμέσως μετά την πρώτη αναταραχή διατηρηθεί για 5 λεπτά. Η διατήρηση του αφρού για 5 λεπτά αποτελεί μέρος της δοκιμής και πρέπει αυτός να διαλύεται μετά την παρέλευση του πλήρους χρόνου των 5 λεπτών.

Άλλο σφάλμα είναι η σύγχυση της σκληρότητας με την έλλειψή της. Το σαπούνι μέσα σε σκληρό νερό ενώνεται με το ασβέστιο και μαγνήσιο και σχηματίζει ένα αδιάλυτο πυκνό γαλάκτωμα το οποίο επιπλέει πάνω στην επιφάνεια του νερού του δείγματος. Εάν το νερό είναι αρκετά σκληρό, μπορεί να πιάνει ολόκληρη τη μάζα του δείγματος. Ένα άπειρο πρόσωπο (ή σε περίπτωση βιαστικής μετρήσεως) μπορεί να νομίσει το παραπάνω γαλάκτωμα ως αφρό σαπουνιού.

14.11.2 Επιτρεπόμενα όρια σκληρότητας. Συχνότητα δοκιμών.

α) Για το νερό του λέβητα.

Επιτρεπόμενο όριο σε χλωριούχα.

Πρέπει να έχει πάντοτε σκληρότητα μηδέν (0).

Συχνότητα μετρήσεων.

- Μια φορά την ημέρα για λέβητες σε ενέργεια.
- Μια φορά την εβδομάδα για λέβητες εκτός ενέργειας.
- Ανά ώρα μετά τη χημική επεξεργασία προς εξουδετέρωση υπάρχουσας σκληρότητας.

β) Για τροφοδοτικό νερό.

Επιτρεπόμενα όρια σκληρότητας.

Πρέπει να είναι μηδέν (0).

Συχνότητα μετρήσεων.

- Τροφοδοτικές δεξαμενές μια φορά την ημέρα.
- Εφεδρικές τροφοδοτικές δεξαμενές μια φορά την εβδομάδα.
- Λίγο πριν από τη χρησιμοποίηση του νερού τροφοδοτικών δεξαμενών για την τροφοδότηση του λέβητα.

14.12 Η ύπαρξη ελαιωδών ουσιών.

Η ύπαρξη ελαιωδών ουσιών στο νερό δεν είναι σύνηθες φαινόμενο. Όμως πρέπει συνεχώς να προσέχομε για την τυχόν παρουσία τους και να λαμβάνομε τα απαραίτητα μέτρα. Η ύπαρξη λαδιού ή πετρελαίου όπως έχει ειπωθεί οφείλεται στην εσωτερική λίπανση των παλινδρομικών μηχανών ή σε διαρροή προθερμαντήρα πετρελαίου ή λαδιού.

Διαρροές λιπαντικού λαδιού από τους τριβείς του στροβίλου χαμηλής πίεσεως καθώς και η εισροή λαδιού μολυσμένου με νερό μέσα στις σωληνώσεις ατμού πίεσεως κατώτερης από την ατμοσφαιρική, εφόσον περνούν από τα χαμηλότερα σημεία του κύτους, μπορεί να αποτελούν πρόσθετες εστίες μολύνσεως.

Για τον εντοπισμό του λαδιού μέσα στο τροφοδοτικό νερό δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέθοδος μετρήσεως. Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό με τον υδροδείκτη του λέβητα ή με συσκευή. Η ανίχνευσή του πάντως πρέπει να γίνει πριν από την είσοδό του στο λέβητα.

Ο έλεγχος για την παρουσία λαδιού στρέφεται προς τα υγρά του προθερμαντήρα πετρελαίου και λαδιαύ, τα οποία περνώντας διαμέσου των δεξαμενών ελέγχου υγρών ελέγχονται ανά ώρα από το Μηχανικό Υπηρεσίας που εκτελεί φυλακή.

Επιτρεπόμενα όρια παρουσίας λαδιού μέσα στο τροφοδοτικό νερό και στο λέβητα. Για κανένα λόγο δεν επιτρέπεται η παρουσία λαδιού μέσα στο τροφοδοτικό νερό ή στο νερό των λεβήτων.

14.13 Αλκαλικότητα.

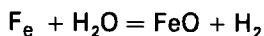
Όταν το νερό του λέβητα περιέχει περίσσεια ιόντων υδρογόνου (H), χαρακτηρίζεται ως όξινο ($\text{pH} \leq 7$), όταν περιέχει περίσσεια ιόντων υδροξυλίου (OH), χαρακτηρίζεται ως βασικό, δηλαδή αλκαλικό ή καυστικό ($\text{pH} \geq 7$) και όταν τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους, χαρακτηρίζεται ως ουδέτερο ($\text{pH} = 7$).

Απλούστερα το νερό χαρακτηρίζεται ως όξινο, αλκαλικό ή ουδέτερο ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε οξέα ή αλκαλικές συνθέσεις.

Το νερό του λέβητα πρέπει να διατηρείται ελαφρά αλκαλικό γιατί το όξινο νερό διαλύει το σίδηρο και τα συνθετικά του, ενώ το αλκαλικό διαλύει τα προστατευτικά στρώματα του οξειδίου του σιδήρου πάνω στις βρεχόμενες επιφάνειες του λέβητα.

Η όξινη κατάσταση του νερού προέρχεται από την ύπαρξη οξέων μέσα σ' αυτό. Από αυτά το HCl, που οφείλει την προέλευσή του είτε στο θαλάσσιο νερό είτε μπορεί να εναπομένει μέσα στον υδροθάλαμο μετά από το χημικό καθαρισμό του, είναι το επιβλαβέστερο όλων, γιατί και διαβρώνει τη βρεχόμενη επιφάνεια τού υδροθαλάμου και υποβοηθεί την ηλεκτρόλυση.

Η υψηλή αλκαλικότητα εξάλλου είναι και αυτή ανεπιθύμητη, γιατί προκαλεί φαινόμενα καυστικής διαβρώσεως και αποσασθροποιήσεως της μεταλλικής επιφάνειας του υδροθαλάμου. Η καυστική αυτή διάβρωση εξηγείται ως εξής: Ο σίδηρος κατά κανόνα ενώνεται με το νερό κατά την αντίδραση:



και σχηματίζει οξειδίο του σιδήρου. Εφόσον σχηματισθεί αυτό, εμποδίζει την παραπέρα οξείδωση του σιδήρου και ενεργεί κατά κάποιο τρόπο ως προστατευτικό του.

Όταν η αλκαλικότητα του νερού είναι υψηλή, συντελεί στη διάλυση του προστατευτικού στρώματος του οξειδίου του σιδήρου και αποκαλύπτει έτσι τη μεταλλική επιφάνεια του υδροθαλάμου ξανά, η οποία πάλι ενώνεται με το νερό και παράγεται νέο οξειδίο του σιδήρου. Το φαινόμενο προχωρεί με τον ίδιο τρόπο μόνο του πλέον και η διάβρωση συνεχώς αυξάνει.

Για το λόγο αυτό, όπως είπαμε, το νερό του λέβητα πρέπει να διατηρείται ελαφρώς αλκαλικό, ώστε να αποκλείεται η ύπαρξη οξέων μέσα σ' αυτό, και να αποφεύγονται τα φαινόμενα της καυστικής διαβρώσεως που παρουσιάζονται στην περίπτωση υψηλής αλκαλικότητάς του.

14.13.1 Η μέτρηση της αλκαλικότητας.

Διακρίνομε δύο μετρήσεις αλκαλικότητας: α) τη μερική ή αλκαλικότητα P που γίνεται με δείκτη τη **φαινολφθαλείνη** και την ολική ή αλκαλικότητα M που γίνεται με δείκτη το **πορτοκαλλόχροο του Μεθυλίου**.

Η μέτρηση εκτελείται με τη χημική μέθοδο και βασίζεται στη χρησιμοποιούμενη συσκευή και τα αντιδραστήρια που προβλέπονται από τις οδηγίες της.

Πρόχειρος εξάλλου έλεγχος της οξίνου ή της αλκαλικής καταστάσεως του νερού γίνεται με το ενδεικτικό **χαρτί του ηλιοτροπίου**. Όταν αυτό εμβαπτισθεί μέσα σε όξινο νερό, χρωματίζεται κόκκινο ενώ μέσα σε αλκαλικό νερό χρωματίζεται αντίστοιχα μπλέ.

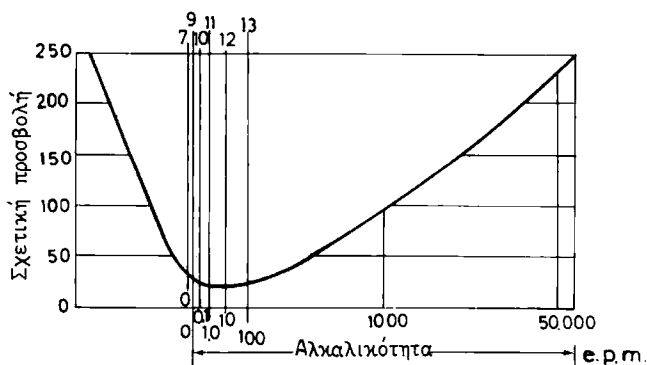
14.13.2 Επιτρεπόμενα όρια αλκαλικότητας. Συχνότητα δοκιμών.

Επιτρεπόμενα όρια.

Μόνο το νερό του λέβητα έχει προκαθορισμένα όρια αλκαλικότητας που αναφέρονται στον πίνακα 14.18.2, για τον περιορισμό στο ελάχιστο και της όξινης και της καυστικής διαβρώσεως, το νερό. Στο σχήμα 14.13 αποδεικνύεται ότι το κατώτερο σημείο της καμπύλης διαβρώσεως (ελάχιστη διάβρωση του σιδήρου) επιτυγχάνεται στην τιμή της αλκαλικότητας, 2,5 έως 3,5 ερημ.

Συχνότητα δοκιμής.

- Μιά φορά την ημέρα για λέβητες υπ' ατμό.
- Μια φορά την εβδομάδα για λέβητες εκτός ενέργειας.
- Κάθε φορά που ο λέβητας γεμίζει με νερό.



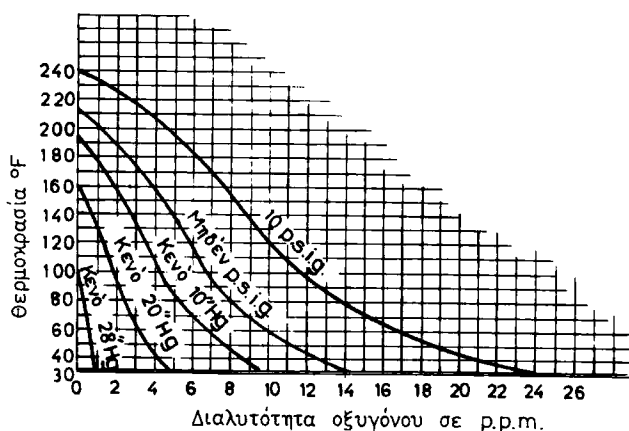
Σχ. 14.13.

14.14 Διαλυμένο οξυγόνο.

Το διαλυμένο οξυγόνο μέσα στο νερό τροφοδοτήσεως και τού νερού των λεβήτων προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε νερό εκτεθειμένο σε αέρα κεκορεσμένο με ατμούς νερού το οξυγόνο έχει διαλυτότητα 8 ppm σε θερμοκρασία 80°F (26,6°C) και ατμοσφαιρική πίεση 0 (μηδέν psi).

Όσο υψώνεται η θερμοκρασία του νερού, τόσο, όπως ήδη γνωρίζουμε, το οξυγόνο γίνεται λιγότερο διαλυτό, μέχρις ότου αυτό γίνει αδιάλυτο στα σημεία ζέσεως των αντιστοίχων πιέσεων. Οι καμπύλες του σχήματος 14.14α παρέχουν ακριβώς τη μεταβολή της ικανότητας του νερού να διαλύει οξυγόνο σε διάφορες πιέσεις και θερμοκρασίες. Από αυτές παρατηρούμε εύκολα ότι η ικανότητα αυτή μηδενίζεται όταν το νερό βρίσκεται σε θερμοκρασία βρασμού.

Τα αποτελέσματα τής παρουσίας του οξυγόνου είναι ήδη γνωστά από τις παραγράφους 14.2 και 14.4.4. Για τους λόγους, οι οποίοι αναφέρονται εκεί, πρέπει να



Σχ. 14.14α.

Διαλυτότητα οξυγόνου εκτεθειμένου σε αέρα κορεσμένο με ατμούς νερού.

αποφεύγεται με κάθε μέσο η παρουσία οξυγόνου στο τροφοδοτικό νερό μέσα ή και έξω από τον ίδιο το λέβητα. Σ' αυτό άλλωστε αποσκοπεί και η εξέλιξη των τροφοδοτικών δικτύων από το ανοικτό σε ημίκλειστο, κλειστό υπό κενό και κλειστό υπό πίεση, καθώς επίσης και η χρήση της εξαεριστικής δεξαμενής (Deaerating Feed Tank).

Στο οξυγόνο οφείλεται η ύπαρξη σκουριάς τόσο στους λέβητες όσο και στις σωληνώσεις τροφοδοτήσεώς τους. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στη μη τέλεια αφαίρεση του οξυγόνου από το τροφοδοτικό νερό. Γι' αυτό χρησιμοποιείται η υδραζίνη (Hydrazine).

Η υδραζίνη είναι μία διάλυση υδρογονούχου αζώτου. Είναι υγρό άχρωμο και έχει το ίδιο περίπου ειδικό βάρος με το νερό. Η διάλυση αυτή δεν είναι αναφλέξιμη, και ο χημικός τύπος της είναι N_2H_4 .

Το N_2H_4 απορροφεί O_2 (οξυγόνο) και παράγει $2H_2O$ (νερό) και N_2 (άζωτο). Το νερό απαλλάσσεται από το οξυγόνο, ενώ το άζωτο είναι αδρανές και αβλαβές αέριο.

Επειδή η υδραζίνη είναι αλκαλική, η αλκαλικότητα του νερού του λέβητα μπορεί να διατηρηθεί στο χαμηλότερο σημείο. Σε λέβητες οι οποίοι λειτουργούν με πιέσεις 30 ως 60 bar (450 ως 900 psi) η υδραζίνη κανονικά διατηρείται με μικρή μόνο αποσύνθεση. Οποιαδήποτε ποσότητά της πέρα από την κανονική αποσυντίθεται σε αμμωνία, η οποία εξαερώνεται στο λέβητα και συμπαρασύρεται από τον απαλλαγμένο από οξυγόνο ατμό. Επειδή η αμμωνία είναι αλκαλική, αυξάνει το pH του νερού συμπυκνώσεως.

Όταν η υδραζίνη εισάγεται για πρώτη φορά στο λέβητα, η πρώτη αντίδραση γίνεται με το οξειδίο του σιδήρου. Εφόσον δεν έχει συμπληρωθεί η αντίδραση αυτή, δεν είναι δυνατή η ένδειξη της καταστάσεως του νερού του λέβητα. Η αντίδραση είναι η ακόλουθη:



όπου $6F_2O_2$ οξειδίο του φερρίτη, N_2H_4 υδραζίνη, $4F_3O_4$ μαγνητίτης, N_2 άζωτο, $2H_2O$ νερό.

Η αντίδραση αυτή αφαιρεί το οξυγόνο από το οξειδίο του σιδήρου και προκαλεί μία μεταβολή του όγκου του τελευταίου. Το οξειδίο του σιδήρου μετατοπίζεται από το μέταλλο των αυλών και μπορεί εύκολα να εξαχθεί από το λέβητα με εξαγωγή.

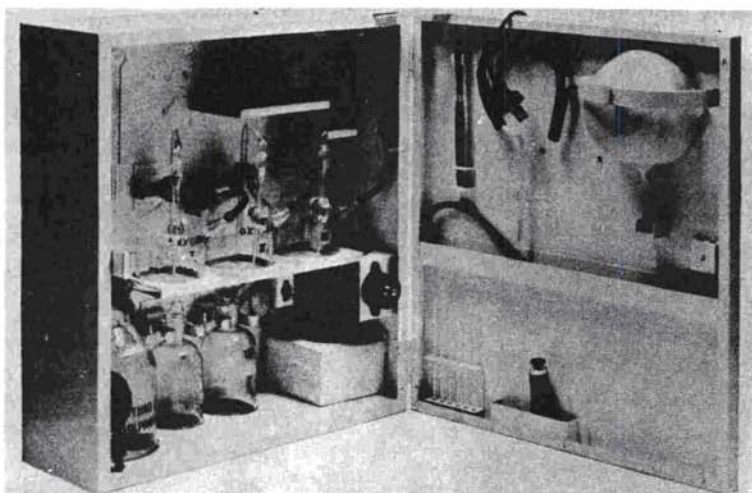
Η υδραζίνη φέρεται σε δοχεία των 15 γαλονιών, υπό διάλυση 24%, και είναι εντελώς ασφαλής κατά τη μεταφορά και την εναποθήκευση στα πλοία. Επειδή όμως είναι αλκαλικό παράγωγο, πρέπει να μεταφέρεται με προσοχή όπως τα άλλα υγρά χημικά προϊόντα.

14.14.1 Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου.

Πραγματοποιείται με κατάλληλη συσκευή (σχ. 14.14β).

Η δοκιμή συνίσταται στη συνένωση του οξυγόνου του δείγματος νερού με χημικές ουσίες, την προσθήκη αμύλου που παίρνει κυανή απόχρωση εάν υπάρχει διαλυμένο οξυγόνο και την προσθήκη θειοθειικού νατρίου, μέχρις ότου εξαφανισθεί το κυανό χρώμα.

Η περιεκτικότητα του οξυγόνου σε ppm καθορίζεται από την ποσότητα θειοθειικού νατρίου που προστίθεται. Απαιτείται ιδιαίτερη ακρίβεια και προσοχή για τη



Σχ. 14.14β.

λήψη ορθών μετρήσεων. Δείγματα του προς μέτρηση νερού παίρνονται από την κατάθλιψη της τροφοδοτικής αντλίας.

Η ακριβής οδηγία εκτέλεσης της μετρήσεως παρέχεται κατά κανόνα μαζί με τη συσκευή.

14.14.2 Επιτρεπόμενα όρια του οξυγόνου σε διάλυση. Συχνότητα δοκιμών.

Νερό, στο οποίο έγινε εξαέρωση, δεν πρέπει να περιέχει περισσότερο από 0,02 ppm διαλυμένο οξυγόνο.

Η δεξαμενή εξαερισμού του τροφοδοτικού νερού (de - aerator) εγγυάται τη μείωση του διαλυμένου μέσα στο νερό οξυγόνου σε ποσοστό λιγότερο από 0,014 ppm. Επομένως, εφόσον λειτουργεί κανονικά το ποσοστό σε ppm του οξυγόνου ποτέ δε φθάνει το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο μέσα στο νερό τροφοδοτήσεως των λεβήτων.

14.15 Αιωρούμενες ουσίες.

Οι αιωρούμενες ουσίες μέσα στο νερό του λέβητα αποτελούνται, κατά τα γνωστά, από οξειδία του σιδήρου (σκουριές), ακαθαρσίες και πολτώδη ιλύ από τη χρήση χημικών υλών επεξεργασίας του νερού.

Οι ακαθαρσίες εισέρχονται στο δίκτυο τροφοδοτήσεως του λέβητα, όταν ο τελευταίος εξαρμόζεται για την εκτέλεση επισκευών. Η οξειδωση προκαλείται όταν ο λέβητας εξαρμόζεται για επισκευές ή παραμένει κλειστός χωρίς νερό ή όταν δεν διατηρείται η κανονική αλκαλικότητα στο νερό του.

Όπως ήδη έχει ειπωθεί, οι αιωρούμενες ουσίες αυξάνουν την πυκνότητα του νερού του υδροθαλάμου και δημιουργούν τάση του νερού προς αφρισμό, ενώ επιπλέον υποβοηθούν στο σχηματισμό των καθαλατώσεων και ενισχύουν τη συνεκτικότητά τους.

14.15.1 Η μέτρηση των αιωρουμένων ουσιών.

Δεν υπάρχει ιδιαίτερη μέθοδος δοκιμής για τη διαπίστωσή τους παρά μόνο η

κλασική μέθοδος της διηθήσεως (φιλτράρισμα) του νερού.

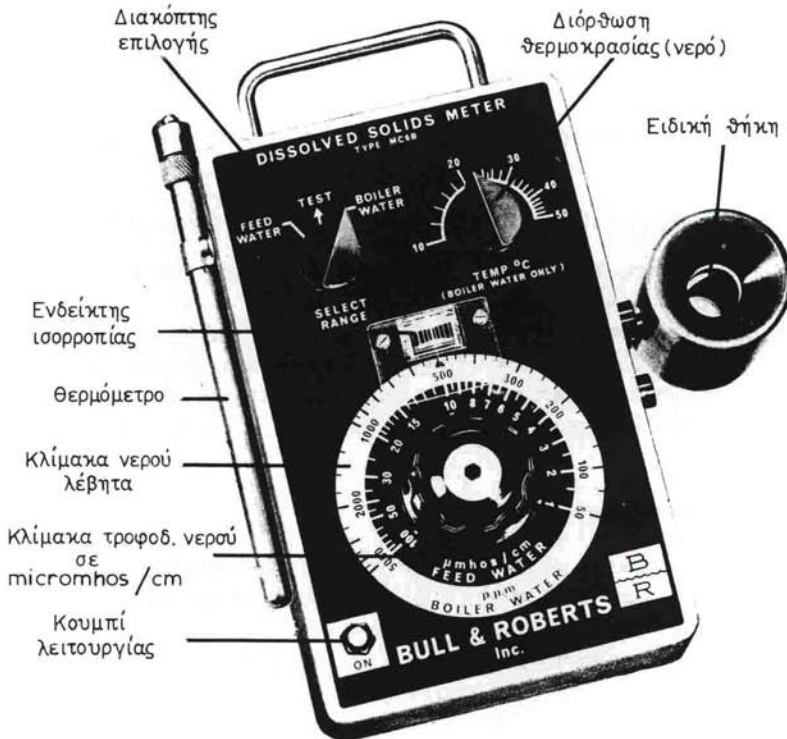
14.15.2 Επιτρεπόμενα όρια. Συχνότητα δοκιμών.

Μερικά λασπίωδη κατάλοιπα είναι αναπόφευκτα μέσα στον υδροθάλαμο, κυρίως όσα προέρχονται από τη χρήση των χημικών ουσιών επεξεργασίας του τροφοδοτικού νερού.

Η δοκιμή διηθήσεως πρέπει να γίνεται σε σταθερά χρονικά όρια ανάλογα με τις ενδείξεις υπάρξεως αιωρούμενων ουσιών. Η ποσότητα αυτών πρέπει να ελαττώνεται κάθε φορά με εξαγωγές από το λέβητα και με μερική αντικατάσταση του νερού του.

14.15.3 Έλεγχος διαλυμένων στερεών.

Ο έλεγχος των διαλυμένων στερεών (TDS) πραγματοποιείται με ένα μετρητή (σχ. 14.15).



Σχ. 14.15.

Για το σκοπό αυτό παίρνουμε δείγμα 25-30 ml νερού λέβητα θερμοκρασίας μεταξύ 10° ως 50°C και κατά προτίμηση 30°C. Προσθέτουμε 2-3 σταγόνες φαινολφθαλείνης, αναταράσσουμε το δείγμα και στη συνέχεια προσθέτουμε διάλυση αντιδραστηρίου TDS οξείκου οξέος (N/10 Acetic Acid), μέχρις ότου το κόκκινο χρώμα εξαφανισθεί. Με τη διάλυση που ουδετεροποιήθηκε γεμίζει η ειδική θήκη μέχρι τα

χείλη. Λαμβάνεται η θερμοκρασία του δείγματος, τοποθετείται το κουμπί επιλογής στη θέση **νερό λέβητα** «Boiler Water» πιέζεται το κουμπί λειτουργίας («ON») μέσα και περιστρέφεται ο κεντρικός δίσκος μετρήσεως, μέχρι ότου η βελόνα του γαλβανομέτρου φθάσει στο κέντρο, οπότε αφήνεται ελεύθερο το κουμπί λειτουργίας και διαβάζεται η ένδειξη σε micromhos/cm. Ο όρος αυτός είναι τεχνική έκφραση για την αγωγιμότητα δειγμάτων νερού.

Τα όργανα αυτά μετρούν αγωγιμότητα σε micromhos/cm στο νερό που δοκιμάζεται. Όσο πιο μεγάλη είναι η ποσότητα των διαλυμένων στερεών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αγωγιμότητα σε micromhos/cm. Η μέτρηση αυτή περιλαμβάνει την ολική αλκαλικότητα, χλωρίδια, φωσφάτα και οποιαδήποτε άλλα διαλυμένα στερεά.

Για την έκφραση της μετρήσεως micromhos/cm σε σχέση συγκεντρώσεως των διαλυμένων ξένων ουσιών, που παρέχουν την αγωγιμότητα απαιτούνται συντελεστές μετατροπής.

Ο αριθμός των στερεών σε διάλυση (TDS) είναι ένδειξη του πότε πρέπει να κάνουμε εξαγωγή στον λέβητα. Κρατώντας τα TDS κάτω από το προκαθορισμένο όριο, μειώνονται στο ελάχιστο οι πιθανότητες προβολών και σχηματισμού λάσπης ή αλατούχων επικαθίσεων.

14.16 Η χημική επεξεργασία του νερού.

Είτε αποσταγμένο είτε πηγαίο νερό χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των λέβητων, είναι αναγκαία η χημική επεξεργασία για να καταπολεμήσουμε τις βλαβερές ουσίες που υπάρχουν σ' αυτό.

Ειδικότερα, στο πηγαίο νερό υπάρχουν ανόργανα χλωριούχα, θειικά και ανθρακικά άλατα του νατρίου και τα άλατα που προκαλούν σκληρότητα: ασβέστιο και μαγνήσιο. Επίσης, αέρας, όπως οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα, περιέχονται στο τροφοδοτικό νερό, είτε είναι αποσταγμένο είτε πηγαίο.

Οι ναυτικοί αποστακτήρες (Evaporators) δεν αφαιρούν όλα τα άλατα και τα ορυκτά από το θαλάσσιο νερό. Πολύ μικρές ποσότητες προβάλλονται από τον αποστακτήρα στον υδρατμό και έτσι περιέχονται στο αποσταγμένο νερό. Οποιαδήποτε διαρροή στον αποστακτήρα, στα ψυγεία και σ' οποιοδήποτε μέρος του τροφοδοτικού συστήματος που ψύχεται από το θαλάσσιο νερό θα προσθέσει στερεά και θα οξύνει ακόμη πιο πολύ τα προβλήματα που υπάρχουν.

Η χημική επεξεργασία του τροφοδοτικού νερού συνίσταται στη χρήση ορισμένων χημικών συνθέσεων από αλκαλικές ουσίες. Κυριότερες από αυτές είναι όπως έχουμε αναφέρει η **σόδα**, η **καυστική σόδα**, η **άσβεστος** και βιομηχανοποιημένες συνθέσεις, όπως το μίγμα Ameroid, το Bull and Roberts, τα Magnus-Maritec Nafloc κλπ.

Κατά γενικό κανόνα χρησιμοποιούνται οι έτοιμες βιομηχανοποιημένες συνθέσεις σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται μαζί μ' αυτές.

14.17 Εξαγωγές.

Οι εξαγωγές είναι αναγκαίες για να ελαττώσουμε την πυκνότητα του νερού του λέβητα με την αποβολή διαλυμένων και αιωρούμενων στερεών. Χωρίς ελεγχόμενες εξαγωγές (στρατσώνες) όλα τα στερεά του νερού του λέβητα θα αυξάνονται συνέχεια. Υπερβολική πυκνότητα θα έχει ως αποτέλεσμα αναβράσεις και προβο-

λές και θα φράξει τους αυλούς του λέβητα και τους συλλέκτες με λάσπη, με αποτέλεσμα ελαττωμένη κυκλοφορία, υπερθέρμανση και πιθανή ζημιά των αυλών.

Όταν προσθέτουμε χημικά στο νερό του λέβητα για την προστασία του εσωτερικού του, είναι φανερό ότι αυξάνουν τα διαλυμένα στερεά. Κατά την αντίδραση των χημικών με τις ουσίες που μολύνουν το νερό σχηματίζεται λάσπη. Καθώς όλα τα στερεά, διαλυμένα και αιωρούμενα, που υπάρχουν στο τροφοδοτικό υγρό εισέρχονται στο λέβητα η συμπύκνωση συνεχίζεται. Έτσι χρειάζεται μια περιοδική εξαγωγή για να ελέγχομε το ρυθμό αυξήσεως της πυκνότητας. Μια θετική μέθοδος για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό λέβητα είναι η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας χρησιμοποιώντας ένα μετρητή διαλυμένων στερεών (TDS Meter). Ανάλογα με το βαθμό των στερεών κάνομε εξαγωγές με τις ακόλουθες μεθόδους:

Εξάφριση ή επιφανειακή εξαγωγή (Surface Blowdown).

Σταματά και αφαιρεί τα υλικά που προκαλούν αφρισμό ή που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού.

Στιγμαία εξαγωγή από τον πυθμένα (Bottom Flash Blow).

Επιτρέπει τη γρήγορη αφαίρεση της λάσπης απ' τα κάτω μέρη του λέβητα. Πρέπει να γίνεται όταν οι φωτιές είναι σβησμένες.

Συνεχής εξαγωγή (Continuous Blowdown).

Γίνεται όταν το ποσοστό των διαλυμένων στερεών είναι υψηλό και είναι επιθυμητή μια αραίωση του νερού του λέβητα.

Συνήθως γίνεται μέσω της σωληνώσεως λήψεως του δείγματος όταν δεν υπάρχει εγκαταστημένη σωλήνωση συνεχούς εξαγωγής και μπορεί ασφαλώς να γίνεται όταν ένας λέβητας ατμοποιεί.

Μακριά εξαγωγή (Long Blow).

Όταν γίνεται μακριά εξαγωγή σ' ένα λέβητα, όλες οι φωτιές (καυστήρες) πρέπει να είναι σβησμένες για να αποφύγομε φουσκώματα και παραμορφώσεις στους αυλούς λόγω ακανόνιστης κυκλοφορίας του νερού.

Μακριά εξαγωγή γίνεται όταν θέλομε γρήγορη αραίωση του νερού του λέβητα. Οι λέβητες πρέπει προηγουμένως να ψύχονται και η πίεση να χαμηλώνεται κάτω από τα 75% της πίεσεως λειτουργίας. Αυτό αφήνει τα αιωρούμενα στερεά να πέσουν στον ιλουσυλλέκτη (mud drum) και έτσι να αφαιρούνται όταν η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγεται.

Η βαλβίδα εξαγωγής πρέπει να ανοίγεται γρήγορα και αμέσως να κλείνεται, για να αποφύγομε ζημιές στους αυλούς του λέβητα.

Αφήστε το λέβητα σ' αυτή την κατάσταση για 5 λεπτά πράγμα που επιτρέπει περισσότερα στερεά να κατακάθονται στον ιλουσυλλέκτη και επαναλάβετε το γρήγορο άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής. Αυτή η διαδικασία πρέπει να επαναλαμβάνεται σε διάστημα 5 λεπτών μεταξύ κάθε εξαγωγής μέχρις ότου αντικατασταθεί ή αφαιρεθεί η ποσότητα νερού που θέλομε.

Πρέπει να τονισθεί ότι πολύ μικρή εξαγωγή είναι επικίνδυνη για τους λόγους που εξηγήσαμε παραπάνω, αλλά η υπερβολική εξαγωγή είναι πολυδάπανη λόγω σπατάλης νερού, θερμότητας, καυσίμων και χημικών.

14.18 Συνοπτικές οδηγίες δοκιμών και επεξεργασίας του νερού των λεβήτων.

Στον πίνακα 14.18.1 αναφέρονται συνήθεις μετρήσεις του νερού των λεβήτων και τα διορθωτικά μέτρα που πρέπει να παίρνονται. Στον Πίνακα 14.18.2 αναφέρονται τα συνιστώμενα όρια υδραυλωτών λεβήτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.18.1
Συνήθεις μετρήσεις

ΛΕΒΗΤΕΣ	ΔΙΟΡΘΩΣΗ
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ppm	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ Ή ΕΞΑΓΩΓΗ
ΦΩΣΦΑΤΑ ppm	ΟΜΟΙΩΣ
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ «Ρ» ppm	ΟΜΟΙΩΣ
ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ «Μ» ppm	ΟΜΟΙΩΣ
ΧΛΩΡΙΔΙΑ ppm	ΕΞΑΓΩΓΗ
ΥΔΡΑΖΙΝΗ ppm	ΥΔΡΑΖΙΝΗ Ή ΕΛΕΓΧΟΣ
Ή ΘΕΙΩΔΗ ppm	ΟΞΥΓΟΝΟΥ
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ micromhos/cm	ΕΞΑΓΩΓΗ
pH	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑΣ
*ΠΥΡΙΤΙΟ ppm	ΕΞΑΓΩΓΗ
*ΧΑΛΚΟΣ ppm	ΕΞΑΓΩΓΗ Ή ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ
ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑ pH	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ
ΑΜΜΩΝΙΑ ppm	ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΟΣΕΩΣ ΥΔΡΑΖΙΝΗΣ
ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΝΕΡΟ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ppm	ΣΤΑΜΑΤΗΣΤΕ ΤΗ ΜΟΛΥΝΣΗ
ΧΛΩΡΙΔΙΑ ppm	ΟΜΟΙΩΣ
ΥΔΡΑΖΙΝΗ ppm (αν χρησιμοποιείται)	ΥΔΡΑΖΙΝΗ

* Οι δοκιμές που σημειώνονται με αστερίσκο είναι δυνητικές και συνήθως δεν εκτελούνται πάνω στο πλοίο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.18.2
Συνιστώμενα όρια σε υδραυλωτούς λέβητες

Πίεση Λέβητα	Σκληρότητα μg/lit CaCO ₃	Αλκαλικότητα δείκτης φαινολφθαλείνης μg/lit CaCO ₃	Χλωρίδια μέγιστο μg/lit CaCO ₃	Φωσφόρα μg/lit PO ₄	Διαλυμένα στερεά μg/lit	Περίσσεια θειωδη ή υδροζίνη μg/lit Na ₂ SO ₃	μg/lit N ₂ H ₄	Πυριτία μέγιστο μg/lit SiO ₂
0 – 15 bar	Μηδέν	50 – 300	300	30 – 70	1500	50 – 100	0.1 – 0.3	
15 – 30 bar	»	150 – 300	150	30 – 70	1000	50 – 100	0.1 – 0.3	
30 – 40 bar	»	100 – 150	100	20 – 50	500	30 – 50	0.1 – 0.3	
40 – 60 bar	»	50 – 100	50	20 – 50	500		0.1 – 0.3	5
60 – 80 bar	»	50 – 80	30	15 – 30	300		0.1 – 0.3	3

Για την επεξεργασία νερού λέβητα κάνομε:

- α) Μερική εξαγωγή.
- β) Εξάφριση.
- γ) Μερική εξαγωγή.
- δ) Συμπλήρωση της στάθμης του λέβητα με σχετικά καθαρό νερό.
- ε) Έλεγχο των περιεχομένων αλάτων και, εφόσον αυτός αποβεί ικανοποιητικός, συνέχιση της επεξεργασίας με:
 - στ) Εισαγωγή χημικού λεβήτων και μέτρηση της σκληρότητας, η οποία πρέπει να είναι μηδενική. Εάν δεν είναι, προστίθεται μίγμα μέχρις ότου επιτευχθεί μηδενική σκληρότητα.
 - ζ) Μέτρηση της αλκαλικότητας. Εάν είναι υπερβολική, εκτελείται μερική εξαγωγή, μέχρις ότου αυτή κατεβεί στα επιτρεπόμενα όρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΔΙΑΒΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

15.1 Ορισμός διαβρώσεως. Μορφές της. Αίτια.

Διάβρωση γενικά ονομάζεται η φθορά ή αποσύνθεση ενός μετάλλου και εμφανίζεται με τη χαρακτηριστική μορφή της επιφανειακής σκωριάσεώς του.

Η διάβρωση ορίζεται ως:

α) **Γενική διάβρωση**, όταν η σκωρίαση πιάνει συνεχές και μεγάλο τμήμα της επιφάνειας του μετάλλου.

β) **Ευλογίαση**, όταν παρουσιάζεται με τη μορφή στιγμάτων πάνω στη μεταλλική επιφάνεια.

γ) **Αυλάκωση**, όταν εμφανίζεται τοπικά με τη μορφή αυλακιού.

Οι διαβρώσεις ανάλογα με τη θέση τους διακρίνονται σε **εσωτερικές**, οι οποίες εμφανίζονται μέσα στην περιοχή του ατμο-υδροθαλάμου, και **εξωτερικές**, οι οποίες εμφανίζονται στην εξωτερική επιφάνειά του.

Αίτια, τα οποία προκαλούν διάβρωση, θεωρούνται βασικά το **οξυγόνο**, τα **οξέα** και η **ηλεκτρόλυση**.

15.2 Η οξειδωση από το οξυγόνο και η αντιμετώπισή της.

Οξειδωση ονομάζεται η χημική ένωση ενός μετάλλου με το στοιχείο οξυγόνο, από την οποία και προκύπτει η δημιουργία νέου σώματος, που καλείται οξείδιο του μετάλλου. Τα οξείδια των διαφόρων μετάλλων είναι όσα κοινώς ονομάζομε «σκωρίες».

Για να πραγματοποιηθεί η οξειδωση ενός μετάλλου είναι αναγκαία η ταυτόχρονη παρουσία μετάλλου, υγρασίας και οξυγόνου. Έτσι, αν εμβαπίσομε μία μεταλλική πλάκα σε χημικώς καθαρό νερό απαλλαγμένο από αέρα ή αντίστροφα, αν την εκθέσομε σε αέρα τελείως ξηρό, καμιά οξειδωση της μεταλλικής πλάκας δε θα παρατηρήσομε. Από τη στιγμή όμως που θα μπει αέρας μέσα στο χημικώς καθαρό νερό ή αντίθετα υγρασία στον ξηρό αέρα, θα διαπιστώσομε ότι αρχίζουν έντονα τα φαινόμενα της οξειδώσεως.

Από τα παραπάνω συμπεραίνομε ότι η ύπαρξη ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος είναι και φορέας του οξυγόνου, μέσα στον ατμο-υδροθάλαμο του λέβητα συντελεί στην οξειδωση της μεταλλικής επιφάνειάς του. Πρέπει επομένως να καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια, όπως είπαμε, για την απαέρωση του τροφοδοτικού νερού πριν από την είσοδό του στο λέβητα. Αυτό, όπως είναι γνωστό, επιτυγχάνεται κυρίως με το κλειστό τροφοδοτικό σύστημα και την ανελλιπή και απρόσκοπτη λειτουργία της εξαεριστικής τροφοδοτικής δεξαμενής (deaerating feed tank).

15.3 Η διάβρωση λόγω οξέων και η αντιμετώπιση της.

Τα οξέα γενικά προσβάλλουν χημικώς τα διάφορα μέταλλα και αποτελούν προφανώς σοβαρότατη αιτία φθοράς των μετάλλων του λέβητα. Γι' αυτό πρέπει να καταβάλλεται η μεγαλύτερη δυνατή προσπάθεια προς αντιμετώπισή τους. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με την προσθήκη χημικών ουσιών, όπως προηγουμένως αναφέρθηκε, ώστε το νερό των λεβήτων να διατηρείται ουδέτερο ή ελαφρώς αλκαλικό και να εξασφαλίζεται έτσι ότι αυτό δε θα παρουσιάζει όξινη αντίδραση.

15.4 Η διάβρωση λόγω ηλεκτρολύσεως και η αντιμετώπιση της.

Με τον όρο **ηλεκτρόλυση** εννοούμε τη διάσπαση ενός σώματος στα στοιχεία, από τα οποία αποτελείται, με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Εφαρμογή της θεωρίας της ηλεκτρολύσεως αποτελεί το υγρό ηλεκτρικό στοιχείο, το οποίο αποτελείται από διάλυμα υδροχλωρικού οξέος και δύο ηλεκτρόδια ψευδαργύρου και χαλκού, τα οποία εμβαπτίζονται μέσα στο διάλυμα. Η χημική ενέργεια του στοιχείου αυτού δημιουργεί διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού στα άκρα των δύο ηλεκτροδίων, ώστε, εάν τα ενώσουμε εξωτερικά, θα παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο θα διατρέχει το στοιχείο. Με τη δράση του ρεύματος ηλεκτρολύεται το νερό του διαλύματος και διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο. Το οξυγόνο μεταβαίνει προς το θετικό ηλεκτρόδιο, δηλαδή τον ψευδάργυρο, ενώ το υδρογόνο προς το αρνητικό, δηλαδή το χαλκό. Το οξυγόνο αυτό της ηλεκτρολύσεως δρα στη συνέχεια οξειδωτικά, δηλαδή ενώνεται με τον ψευδάργυρο και σχηματίζει οξείδιο του ψευδαργύρου, ενώ το υδρογόνο καλύπτει το χαλκό και τον προστατεύει.

Εάν το ζεύγος των μετάλλων αντικατασταθεί από χαλκό και σίδηρο, έχουμε πάλι ένα νέο στοιχείο. Στην περίπτωση αυτή ο χαλκός προστατεύεται, ενώ ο σίδηρος προσβάλλεται από το οξυγόνο.

Αν τα μέταλλα είναι σίδηρος και ψευδάργυρος, τότε προσβάλλεται και οξειδώνεται ο ψευδάργυρος, ενώ ο σίδηρος προστατεύεται.

Παρόμοια ηλεκτρολυτικά φαινόμενα, ή όπως διαφορετικά λέγονται **γαλβανικά**, παρατηρούνται και σε άλλα ζεύγη μετάλλων ή ακόμη και μεταξύ διαφόρων σημείων του ίδιου μετάλλου, όταν υπάρχει ανομοιογένεια της μάζας του από κατεργασία, σφυρόκρουση κλπ. ή μεταξύ των συστατικών ενός και του ίδιου κράματος μετάλλων. Σε όλες τις περιπτώσεις η θερμοκρασία ενισχύει την ηλεκτρόλυση.

Για να αντιμετωπισθεί η διάβρωση από την ηλεκτρόλυση καταβάλλεται προσπάθεια επαρκούς χημικής επεξεργασίας του νερού ώστε ποτέ να μην περιέχονται οξέα, τα οποία την υποβοηθούν.

15.5 Οι εσωτερικές διαβρώσεις.

Γενικά σε όλους τους λέβητες εμφανίζονται στα κατώτερα μέρη τους και στην περιοχή της στάθμης του νερού υπό μορφή αυλακώσεως ή μέσα στους αυλούς στις συμβολές ελασμάτων, στις καρφώσεις, στα σημεία διόδου των αυλών από τις πλάκες, όπου συνήθως υπάρχουν και διαφορές των υλικών που χρησιμοποιούνται.

Στους κυλινδρικούς γαιανθρακολέβητες, οι εσωτερικές διαβρώσεις, εμφανίζονται κυρίως στον κλίβανο προς το μέρος του υδροθαλάμου και κοντά στη γραμμή των σχαρών.

Για την πρόληψη των εσωτερικών διαβρώσεων παίρνονται όλα τα μέτρα χημικής επεξεργασίας του νερού, που προαναφέραμε και ακόμα τα εξής:

α) Η απόξεση της σκουριάς με συρμάτινες ψήκτρες.

β) Ο εσωτερικός καθαρισμός του λέβητα.

γ) Ο έλεγχος ή μέτρηση του πάχους των θαλάμων με υπερήχους (Ultra - Sonic) και σπανιότερα με διάτρησή τους.

δ) Ο έλεγχος του εσωτερικού των αυλών με τη βοήθεια ειδικού λαμπτήρα. Εάν σ' αυτόν διαπιστωθούν διαβρώσεις σε αισθητή έκταση, ακολουθεί η κατά μήκος, μετά από δειγματοληψία, κοπή μερικών αυλών και ο έλεγχος του πάχους. Ο παραπάνω έλεγχος μπορεί να οδηγήσει σε μερική ή και ολική αντικατάσταση των αυλών του λέβητα.

ε) Η επάλειψη του υδροθαλάμου με επιψευδαργυρίνη (Zing White).

στ) Η τοποθέτηση σε ξηρή ή υγρή συντήρηση των λεβήτων που δε λειτουργούν.

Τα μέτρα αυτά παίρνονται περιοδικά και προβλέπονται πάντοτε και στα εγχειρίδια των κατασκευαστών που περιέχουν τις κατάλληλες οδηγίες συντηρήσεως του λέβητα.

15.6 Οι εξωτερικές διαβρώσεις.

Οι εξωτερικές διαβρώσεις εμφανίζονται στις εξωτερικές επιφάνειες του λέβητα και οφείλονται στην ύπαρξη υγρασίας μέσα στο λεβητοστάσιο, τον ατμοσφαιρικό αέρα και την ηλεκτρόλυση.

Παρουσιάζονται, συνήθως, στα σημεία στηρίξεως του λέβητα και σε σημεία γειτονικά προς τά πλινθοκτίσματα.

Οι εξωτερικές διαβρώσεις μπορούν επίσης να οφείλονται σε υγρασία, η οποία εμποτίζει τη μόνωση από αμίαντο ή άλλα μονωτικά υλικά των εξωτερικών επιφανειών του λέβητα.

Στα κάτω μέρη του λέβητα που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από το κύτος, η διάβρωση μπορεί να αποβεί σοβαρή λόγω και της δυσκολίας επιθεωρήσεως που παρουσιάζουν.

Η αντιμετώπιση των εξωτερικών διαβρώσεων συνίσταται κυρίως σε επιμελημένη επιθεώρηση των μερών που προσβάλλονται από το νερό, καθαρισμό και πιθανή αναγόμωσή τους με ηλεκτροσυγκόλληση και τέλος με επίχριση των επιφανειών με προστατευτικά αντιδιαβρωτικά χρώματα και επιμελή κάλυψη του λέβητα.

15.7 Συντήρηση λεβήτων εκτός λειτουργίας.

Όταν ο λέβητας δεν πρόκειται να παραμείνει εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα, δεν παίρνονται σοβαρά ιδιαίτερα μέτρα συντηρήσεώς του. Η στάθμη του νερού μόνο είτε αναβιβάζεται είτε καταβιβάζεται κατά διαστήματα και κατά 5 ως 7 cm περίπου, ώστε να μη προσβάλλεται το εσωτερικό του ατμο-υδροθαλάμου στην ίδια πάντοτε γραμμή και δημιουργείται έτσι διάβρωση της μορφής της αυλακώσεως γύρω από τη στάθμη του νερού. Όταν όμως ο λέβητας πρόκειται να παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα εκτός λειτουργίας, τότε εφαρμόζεται μια από τις παρακάτω μεθόδους της «υγρής» ή της «ξηρής» συντηρήσεως.

15.7.1 Υγρή συντήρηση.

Η υγρή συντήρηση είναι η συνηθέστερη και εφαρμόζεται όταν ο λέβητας πρόκειται να αργήσει για διάστημα μέχρι 6 μήνες περίπου.

Για την εφαρμογή της μεθόδου πραγματοποιείται πρώτα καλός εσωτερικός καθαρισμός και εκκαπνισμός του λέβητα. Γεμίζει ο λέβητας μέχρι την ανώτατη στάθμη λειτουργίας με αλκαλικό νερό και ανάβονται τα πυρά, ώστε να βράσει το νερό για μισή ώρα τουλάχιστο υπό πίεση 1 ως 1,2 bar. Ο βρασμός αυτός πραγματοποιείται με ανοικτό το ασφαλιστικό, ώστε να απομακρυνθεί όλος ο αέρας που περιέχεται στο νερό. Σβήνονται στη συνέχεια τα πυρά και καταθλίβεται αλκαλικό νερό, μέχρις ότου ο λέβητας γεμίσει τελείως. Κλείνεται το ασφαλιστικό και ελέγχεται η στεγανότητα όλων των επιστομίων.

Ανά δεκαήμερο περίπου ελέγχεται ξανά η στεγανότητα και εξακριβώνεται εάν υπάρχει απώλεια, οπότε αναπληρώνεται αυτή με τη χειραντλία ή την ηλεκτραντλία.

Το νερό πρέπει να είναι ελαφρά αλκαλικό.

Η θερμοκρασία του λεβητοστασίου πρέπει να διατηρείται ικανοποιητική, ώστε να αποκλείεται περίπτωση πήξεως του νερού.

15.7.2 Ξηρή συντήρηση.

Η ξηρή συντήρηση είναι πολυπλοκότερη από την προηγούμενη και εφαρμόζεται για διαστήματα αργίας του λέβητα πάνω από 6 μήνες.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου της ξηρής συντηρήσεως αδειάζεται πρώτα ο λέβητας και εκτελείται καλός εσωτερικός και εξωτερικός καθαρισμός. Στη συνέχεια τοποθετούνται μέσα στο λέβητα από τις ανθρωποθυρίδες πύραυλα (μαγκάλια) με αναμμένους ξυλάνθρακες. Συγχρόνως ανάβεται μικρή πυρά στην εστία. Έτσι επιτυγχάνεται η στέγνωση του λέβητα και ελαττώνεται ο αέρας που περιέχεται σ' αυτόν με αποτέλεσμα να σβήνουν προοδευτικά και οι ξυλάνθρακες των πυραύλων λόγω καταναλώσεως του οξυγόνου. Μόλις συμβεί αυτό τοποθετούνται γρήγορα μέσα στο λέβητα δίσκοι (τάσια) με άνυδρο ασβέστη (μη σβησμένο) και αμέσως κατόπιν τοποθετούνται τα πώματα. Η αναλογία ασβέστη είναι 5 kg περίπου ανά m³ όγκου ατμο-υδροθαλάμου.

Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται η απορρόφηση της υγρασίας, η οποία παρουσιάζεται κατά το διάστημα της συντηρήσεως. Για την επιτυχία της μεθόδου της ξηρής συντηρήσεως απαιτείται καλή στεγανότητα του λέβητα, έλλειψη αέρα και υγρασίας, και ταχύτητα κινήσεων κατά την εκτέλεση των διαφόρων εργασιών.

Κατά την ξηρή συντήρηση στα υγρά κλίματα μια φορά την εβδομάδα ή ανά 15θήμερο ανάπτεται στις εστίες φωτιά με ξυλάνθρακες για την απορρόφηση της υγρασίας.

Σημείωση.

Και στις δύο μεθόδους πρέπει τα εξωτερικά μέρη των λεβήτων να διατηρούνται σε καλή κατάσταση, ενώ τα κατώτερα να χρωματίζονται με μίνιο. Το κύτος του λεβητοστασίου πρέπει να είναι στεγνό, ώστε να αποφεύγονται οι διαβρώσεις στα κατώτερα μέρη του εξωτερικού περιβλήματος του λέβητα.

15.8 Άνοιγμα λεβήτων. Προφυλακτικά μέτρα.

Κατά την εκκένωση και το άνοιγμα των λεβήτων παίρνονται τα ακόλουθα προ-

φυλακτικά μέτρα, προς αποφυγή ατυχημάτων στο απασχολούμενο με το λέβητα προσωπικό ή ζημιών στο υλικό του λέβητα.

Καταρχήν, η εκκένωση λεβήτων υπό πίεση στη θάλασσα πρέπει να αποφεύγεται, έστω κι αν ο κατασκευαστής έχει προβλέψει σχετική σωλήνωση. Εξαιρέση επιτρέπεται μόνο σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ο παράγοντας χρόνος έχει μεγάλη σημασία, αλλά τότε θα γίνεται δεκτή και η πιθανότητα ασταθών βλαβών, λόγω ανομοιομόρφων συστολών και διαστολών του λέβητα. Η καλύτερη λύση στην προκειμένη περίπτωση είναι η απομόνωση του λέβητα μέχρι την πλήρη πτώση της πίεσής του, οπότε ανοίγονται τα εξαεριστικά κι ο λέβητας αφήνεται να ψυχθεί. Επιτάχυνση της ψύξεώς του με δημιουργία ρευμάτων αέρα **απαγορεύεται**.

Μετά την ομαλή ψύξη του λέβητα επακολουθεί η εκκένωσή του. **Πριν από την είσοδο ανδρών μέσα στο λέβητα, πρέπει να αερισθεί καλά**, γιατί παρουσιάζονται τοξικά ή άλλα καταστρεπτικά για τον ανθρώπινο οργανισμό αέρια. Επίσης μερικές φορές παρουσιάζονται και **εκρηκτικά αέρια**. Επομένως **απαγορεύονται ρητά τα γυμνά φώτα** και το **κάπνισμα** μέσα στο λέβητα και το λεβητοστάσιο πριν από την παρέλευση 24ώρου εντατικού αερισμού. Επίσης, φρόνιμο είναι, στο χρονικό αυτό διάστημα να **αποφεύγονται τα φορητά φώτα** και να χρησιμοποιούνται φανοί χειρός με ξηρούς συσσωρευτές (μπαταρίες).

Για την αποφυγή εισόδου ατμού και νερού στο λέβητα από άλλο σε ενέργεια λέβητα, όλα τα σχετικά επιστόμια πρέπει να ασφαλισθούν στη θέση «ΚΛΕΙΣΤΟ» με σύρμα και να τοποθετηθούν σχετικές πινακίδες. Καλό είναι, σε κάθε σωλήνωση να υπάρχουν 2 επιστόμια με τον ίδιο τρόπο ασφαλισμένα.

Ποτέ δεν επιτρέπεται να εργάζονται άνδρες μέσα στο λέβητα, εάν δεν υπάρχει άφθονος αερισμός με τεχνητά μέσα.

Εφόσον δύο λέβητες έχουν κοινή καπνοδόχο, πρέπει να εξασφαλισθεί ότι οι καπνοθάλαμοί τους δε συγκοινωνούν και ότι δεν υπάρχει κίνδυνος διελεύσεως καυσαερίων από το λέβητα που βρίσκεται σε λειτουργία προς αυτόν που αργεί.

15.9 Βρασμός λέβητα.

Ο βρασμός του λέβητα, όπως είναι γνωστό, εκτελείται όταν διαπιστωθεί μέσα σ' αυτόν ύπαρξη ελαιωδών ουσιών.

Η εκτέλεση του βρασμού στο λέβητα απαιτεί ικανό χρόνο και είναι πολύπλοκη. Παροχές ατμού, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για το βρασμό του λέβητα προσαρμόζονται στον υδροθάλαμο, στα εκκενωτικά του πυθμένα των συλλεκτών ατμού και στα κατώτερα σημεία του υπερθερμαντήρα και του οικονομητήρα.

Επίσης ανεξάρτητες συνδέσεις εκκενώσεως προσαρμόζονται σε κάθε οικονομητήρα και στα εξαεριστικά του υπερθερμαντήρα.

Για το βρασμό του λέβητα χρησιμοποιείται διάλυση 75 kg μεταπυριτικού πενταϋδρικού νατρίου για κάθε 4 m³ χωρητικότητας του λέβητα (ή 18 kg/m³) μέσα στο απαραίτητο ζεστό νερό για τη διάλυσή της. Η παραπάνω διάλυση εισάγεται στον οικονομητήρα, τον υπερθερμαντήρα, τους υδροθαλάμους και τους συλλέκτες του νερού. Ακολούθως το ατμογόνο τμήμα του λέβητα γεμίζει με νερό μέχρι την κατώτερη στάθμη του υδροδείκτη. Μέσα στον οικονομητήρα ή τον υπερθερμαντήρα δεν προστίθεται νερό μετά την εισαγωγή του διαλύματος.

Ατμός κεκορεσμένος διοχετεύεται προς το ατμογόνο τμήμα του λέβητα, τον υπερθερμαντήρα και τον οικονομητήρα μέσω των παροχών ατμού, οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως, ώστε να διατηρείται πίεση 9 ως 170 bar. Όσο υψηλό-

τερη είναι η διατηρούμενη πίεση κατά τη διάρκεια του βρασμού, τόσο τελειότερος θα είναι και ο καθαρισμός του λέβητα. Η πίεση πάντως του ατμού θα πρέπει να είναι κατά 2 bar περίπου υψηλότερη από την πίεση του λέβητα, για να εξασφαλίζεται επαρκώς η κυκλοφορία.

Κατά τη διάρκεια του βρασμού του λέβητα επιτρέπεται μικρή εκροή λόγω υπερχειλίσεως του διαλύματος από τους διάφορους κρουνοί εξαερισμού.

Η διάρκεια του βρασμού θα πρέπει να φθάνει τις 8 ώρες μετά την ύψωση της επιθυμητής πιέσεως στο λέβητα και αφού εξακριβωθεί ότι όλοι οι χώροι του λέβητα έχουν γεμίσει με τα υλικά καθαρισμού.

Μετά το τέλος του βρασμού διακόπτεται η παροχή ατμού και ανοίγονται τα εξαεριστικά, για να απαλλαγεί ο λέβητας από την πίεση. Οι σωληνώσεις ατμού αποσυνδέονται με προσοχή, ο λέβητας εκκενώνεται και αφού πλυθεί με γλυκό νερό επιθεωρείται.

Εάν διαπιστωθεί ότι παρέμειναν ακόμη ελαιώδεις ύλες, ο βρασμός πρέπει να επαναληφθεί.

Άλλος τρόπος βρασμού λέβητα.

Εκτός από τον τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω, υπάρχει και ο ακόλουθος:

α) Ζυγίζεται η απαιτούμενη ποσότητα κατάλληλου απορρυπαντικού. Σ' ένα μέτριου μεγέθους ναυτικό λέβητα χωρητικότητας περίπου 10 τόνων νερού θα χρειασθούν 40 kg περίπου εάν έχει μόνο ελαφρώς ρυπανθεί με ελαιώδεις ουσίες. Εάν η ρύπανση θεωρείται μεγάλη ή εάν οφείλεται σε πετρέλαιο Νο 6 (Bunker C), απαιτείται διπλάσια ποσότητα απορρυπαντικού.

β) Διαλύεται το απορρυπαντικό σε θερμό ή καυτό πόσιμο νερό. Απαιτούνται περίπου 5 kg νερού ανά kg υλικού.

γ) Ρίχνεται το διάλυμα μέσα στο λέβητα μέσω κατάλληλου ανοίγματος. Ο λέβητας πρέπει να είναι κενός ή το πολύ κατά το μισό γεμάτος με νερό.

δ) Κλείνεται ο λέβητας και γεμίζει μέχρι την κανονική στάθμη λειτουργίας. Απομονώνονται οι εξαγωγές ατμού και ανάβεται ο μικρότερος καυστήρας. Το πετρέλαιο πρέπει να έχει την ελάχιστη για ασφαλή ψέκαση πίεση. Ανεβαίνει η πίεση πολύ σιγά με ρυθμό 2 bar/h μέχρις ότου επιτευχθεί πίεση 7 bar. Διατηρείται η πίεση αυτή για 12 ώρες.

ε) Όταν επιτευχθεί η πίεση των 7 bar ανοίγονται διαδοχικά τα επιστόμια εξαγωγής για μία μικρή εξαγωγή. Οι εξαγωγές επαναλαμβάνονται κατά διαστήματα μιας ώρας. Ο πρωταρχικός σκοπός των εξαγωγών, εκτός από την αφαίρεση μερικής ποσότητας των ουσιών είναι να δημιουργήσει έντονη κυκλοφορία στο λέβητα. Καλύτερη κυκλοφορία και ακόμη αποτελεσματικότερος καθαρισμός επιτυγχάνεται αν το λεβητοστάσιο είναι εξοπλισμένο με αντλία συνεχούς κυκλοφορίας, η οποία θα αναρροφά από τον πυθμένα του λέβητα και θα καταθλίβει κοντά στην κορυφή του.

στ) Στο τέλος της 12ωρης περιόδου ελαττώνεται σιγά - σιγά η πίεση με εξάτμιση στην ατμόσφαιρα. Ανοίγονται οι ανθρωποθυρίδες, εκκενώνεται ο λέβητας και πλένεται προσεκτικά με πόσιμο νερό.

ζ) Ο λέβητας επιθεωρείται προσεκτικά. Συνήθως ένας βρασμός είναι αρκετός. Όμως σε ορισμένες περιπτώσεις μολύνσεως του λέβητα με καύσιμο Bunker C ίσως χρειασθεί και δεύτερος πλήρης βρασμός.

Εάν το τροφοδοτικό σύστημα πριν από το λέβητα (θερμοδοχείο, προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού και οι σωληνώσεις που παρεμβάλλονται) έχει ρυπανθεί

μπορεί να καθαρισθεί συγχρόνως με το λέβητα με άντληση (μέσω κατάλληλης αντλίας) του διαλύματος απορρυπαντικού από τους λέβητες και καταθλίψεώς του στο τροφοδοτικό σύστημα, οπότε θα επιστρέψει πάλι στο λέβητα. Στην περίπτωση αυτή αυξάνεται η ποσότητα του απορρυπαντικού κατά 50% ως 100%.

15.10 Εσωτερικός και εξωτερικός καθαρισμός λέβητα. Οι μέθοδοι και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται.

Ο *εσωτερικός* και ο *εξωτερικός* καθαρισμός του λέβητα ή *εκκαπνισμός* είναι εργασίες, οι οποίες εκτελούνται κατά κανονικά διαστήματα με σκοπό την καλύτερη διατήρηση του λέβητα, τη δυνατότητα καλής επιθεωρήσεώς του και τη βελτίωση της αποδόσεώς του.

15.11 Ο εσωτερικός καθαρισμός.

Αυτός είναι και σημαντικότερος και αφορά στην εσωτερική επιφάνεια του υδροθαλάμου.

Σκοπό έχει την απαλλαγή του λέβητα από τις καθαλατώσεις και τις υπόλοιπες πάνω σ' αυτές εναποθέσεις.

Πραγματοποιείται κατά διαστήματα, τα οποία εξαρτώνται από το είδος του νερού και τα μέσα χημικής επεξεργασίας του που χρησιμοποιούνται. Σύμφωνα με την υπάρχουσα πείρα ο εσωτερικός καθαρισμός πρέπει να γίνεται περιοδικά μετά από χρονικό διάστημα 1800 ως 2000 ωρών λειτουργίας με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται αποσταγμένο νερό και κατάλληλες χημικές συνθέσεις και ανάλογα με τον τύπο του υπό καθαρισμό λέβητα. Οι κανόνες όλων των Νηογνωμόνων προβλέπουν επίσης την εκτέλεση εσωτερικού καθαρισμού και γενική επιθεώρηση του λέβητα (Annual Boiler's Survey) κάθε χρόνο.

15.11.1 Η εκτέλεση του εσωτερικού καθαρισμού.

α) Σε φλογαυλωτούς λέβητες.

Στους λέβητες αυτούς η απομάκρυνση των καθαλατώσεων γίνεται με σφυροκοπανισμό ή ξέση με ειδικά εργαλεία (σφυριά, ματσακόνια, ξύστρες, ψήκτρες συρμάτινες) σε όλα τα κατά το δυνατόν προσιτά σημεία του υδροθαλάμου. Προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε να μην παραμορφώνεται το υλικό λόγω των κρούσεων. Δεδομένου ότι η εργασία αυτή είναι δυσχερής, λίγες ημέρες πριν από τον καθαρισμό εισάγεται μέσα στο νερό αρκετή ποσότητα σόδας. Αυτή, όπως είναι γνωστό, μετατρέπει τη σκληρή καθαλάτωση της θειικής ασβέστου σε μαλακή, η οποία και αποξέεται ευκολότερα. Για το λόγο αυτό συχνά ο καθαρισμός γίνεται, ενώ ο λέβητας εκκενώνεται προοδευτικά, ώστε οι νωπές καθαλατώσεις να αποξέονται ευκολότερα και να αποφεύγεται έτσι η χρήση κρουστικών εργαλείων (ματσακόνια).

Μετά τον καθαρισμό οι επιφάνειες πλένονται καλά και στεγνώνονται επιμελώς με ύφασμα.

β) Σε υδραυλωτούς λέβητες.

Στους λέβητες αυτούς, στους οποίους προφανώς πρέπει να καθαρισθούν εσωτερικά όλοι οι αυλοί, χρησιμοποιούνται κυλινδρικές συρμάτινες ψήκτρες με διάμε-

τρο ανάλογη με τη διάμετρο του αυλού. Αυτές απομακρύνουν τις καθαλωσεις από το εσωτερικό των αυλών. Για τα υπόλοιπα μέρη των θαλάμων ο καθαρισμός εκτελείται όπως στους φλογαυλωτούς λέβητες. Οι ψήκτρες καθαρισμού είτε προσαρμζονται στο άκρο αρθρωτής ράβδου (σύσπαστο) και εισάγονται και εξάγονται επανειλημμένα μέσα στον αυλό χειροκίνητα είτε προσαρμζονται στο άκρον εύκαμπτου σωληνωτού άξονα, ο οποίος περιστρέφεται από ιδιαίτερο μηχάνημα (μηχανικό σύσπαστο). Το μηχάνημα περιστροφής μπορεί να είναι κινητήρας που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα, υδραυλική πίεση ή συνήθως ηλεκτροκινητήρας.

Μετά τον καθαρισμό ακολουθεί πλύση των αυλών και σκούπισμα με τεμάχιο υφάσματος που προσαρμζεται στο άκρο του ίδιου συσπαστου.

Για να αποκλεισθεί η περίπτωση παραμονής ψήκτρας μέσα στους αυλούς, η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα τη διόγκωση ή και τη διάρρηξη τους ακόμη κατά τη λειτουργία, πρώτα καταμετρούνται οι χορηγούμενες για τον καθαρισμό ψήκτρες και περισυλλέγονται μετά το πέρας του, και ύστερα ελέγχονται οι αυλοί, όταν είναι ευθείς, με τη βοήθεια μικρού λαμπτήρα, ή ρίχνεται στους αυλούς μεταλλική σφαίρα (μπίλια) και συλλέγεται από το άλλο άκρο του αυλού. Κάθε αυλός που ελέγχεται σημειώνεται στα χείλη με κιμωλία.

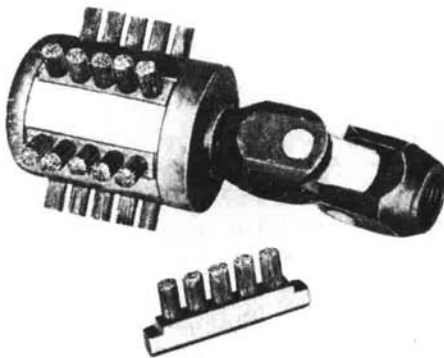
Νεότερη μέθοδος για τον εσωτερικό καθαρισμό είναι η χρησιμοποίηση εργαλείων προβολής άμμου και νερού υπό πίεση (Sand blast) όπως γίνεται και για τις γάστρες των πλοίων.

Στα σχήματα 15.11α ως 15.11στ εικονίζονται διάφορα είδη ψηκτρών, μεταλλικών κεφαλών και άλλων οργάνων καθαρισμού από αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο.



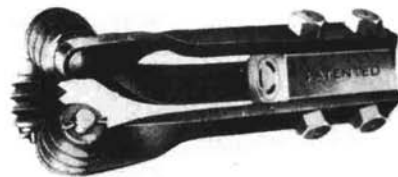
Σχ. 15.11α.

Κοινή ψήκτρα εσωτερικού καθαρισμού



Σχ. 15.11β.

Ψήκτρα εκτονωτικού τύπου με λωρίδες που αντικαθίστανται για καμπύλους αυλούς μέχρι $3\frac{3}{4}$ " διαμέτρου.



Σχ. 15.11γ.

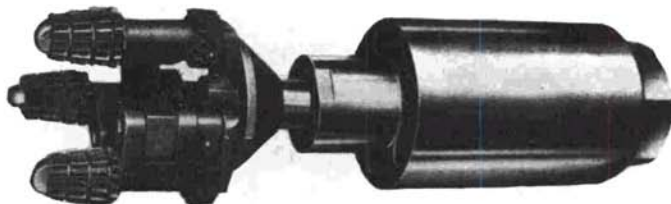
Χειροκίνητοι αποξέστες λεβητόλιθου.

15.11.2 Ο χημικός καθαρισμός των λεβήτων.

Εκτός από το συνηθισμένο τρόπο εκτελέσεως μηχανικού εσωτερικού καθαρισμού, σε ορισμένες ασυνήθιστες περιπτώσεις εξαιρετικά ρυπαρού λέβητα, ο

οποίος δεν μπορεί να καθαριστεί με μηχανικά μέσα ή με βρασμό, εκτελείται ο λεγόμενος **χημικός καθαρισμός** που αφορά και φλογαυλωτούς και υδραυλωτούς λέβητες.

Ο χημικός καθαρισμός συνίσταται στην πλήρωση του λέβητα με διάλυμα οξέων με τα οποία εξουδετερώνονται οι καθαλατώσεις. Η μέθοδος περιλαμβάνει κινδύνους φθοράς του μετάλλου του λέβητα.



Σχ. 15.11δ.

Υδραυλικός κινητήρας με κόπτη προσαρμοσμένος απευθείας πάνω στον κινητήριο άξονα για ευθείς αυλούς.



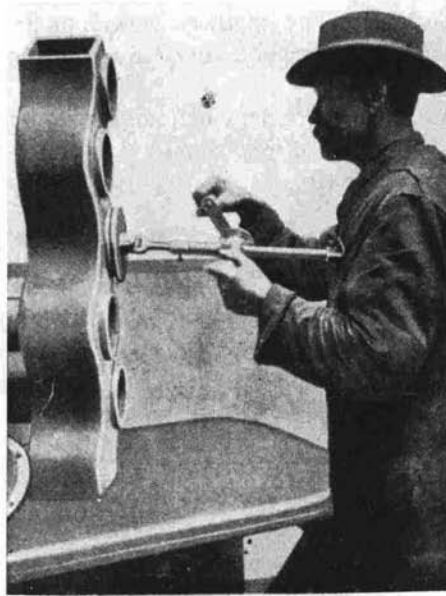
Σχ. 15.11ε.

Πλήρες ηλεκτροκίνητο σύστημα με τα εργαλεία και τα εξαρτήματα.

Ο χημικός καθαρισμός εκτελείται σε τρία στάδια ως ακολούθως:

1ο στάδιο.

Γεμίζει ο λέβητας με τροφοδοτικό νερό μέχρι τη στάθμη λειτουργίας και προστίθενται 25 kg αλκαλικό μίγμα ανά τόνο νερού και στη συνέχεια κλείνεται ερμητικά η ανθρωποθυρίδα του ατμοθαλάμου του. Τίθεται σε λειτουργία ο λέβητας, μέχρις ότου η πίεση ανεβεί περίπου 7 bar σε διάστημα 24 ωρών. Ψύχεται ο λέβητας. Εκκενώνεται από το αλκαλικό διάλυμα και πλένεται τρεις φορές με τροφοδοτικό νερό με ολοκληρωτική πλήρωση-εκκένωση.



Σχ. 15.11στ.

Χειροκίνητη συσκευή καθαρισμού και λειάνσεως των χειλιών των αυλών.

2ο στάδιο.

Γεμίζεται ο λέβητας με τροφοδοτικό νερό μέχρι τη στάθμη λειτουργίας. Εκτελείται στη συνέχεια αφή πυρών για θέρμανση ως 93°C. Εκκενώνεται ο λέβητας μέχρι τη στάθμη χαμηλής λειτουργίας και προστίθεται κατά διαστήματα από τον ατμοφράκτη με ελαστικό σωλήνα υδροχλωρικό οξύ με ανασταλτικό διαβρώσεως (Inhibitor).

Κατά τη διάρκεια εισαγωγής του οξέος παρατηρείται έκλυση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) με τάση υπερχειλίσεως του λέβητα. Η προσθήκη του οξέος εξαρτάται από την έκλυση αερίου CO₂, η οποία πάλι εξαρτάται από την ποσότητα των καθαλατώσεων.

Η ποσότητα του οξέος που προστίθεται ανέρχεται στο 1/7 ως 1/6 της περιεκτικότητας του λέβητα σε νερό μέχρι τη στάθμη λειτουργίας του.

Εάν κατά την πρόοδο της εισαγωγής του οξέος παρατηρηθεί παύση εκλύσεως διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του αναβρασμού, αυτό είναι δείγμα ότι εξαντλήθηκε ή το οξύ ή τα άλατα, οπότε ρίχνεται νέα μικρή ποσότητα οξέος και, αν πάλι δεν εμφανισθεί αναβρασμός, διακόπτεται η εισαγωγή οξέος.

Εάν ο λέβητας είναι εφοδιασμένος με αντλία κυκλοφορίας αυτή χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του διαλύματος από το λέβητα στην αντλία και αντίστροφα κατά διαστήματα μισής ώρας. Εάν δεν υπάρχει αντλία, διοχετεύεται πεπιεσμένος αέρας στο λέβητα από σημεία που βρίσκονται στο κάτω μέρος του, με εναλλαγή των σημείων παροχής κατά διαστήματα μιας ώρας.

Ο παραπάνω χημικός καθαρισμός διαρκεί περίπου από 24 ως 30 ώρες. Στη συνέχεια εκκενώνεται το διάλυμα που βρίσκεται μέσα στο λέβητα στη θάλασσα και

ποτέ στα κύτη και πλένεται ο λέβητας 3 ως 4 φορές με πλήρωση και εκκένωση με πόσιμο νερό.

3ο στάδιο.

Γεμίζεται ο λέβητας με τροφοδοτικό νερό μέχρι τη στάθμη λειτουργίας και διοχετεύεται διαμέσου της ανθρωποθυρίδας του ατμοθαλάμου 25% αλκαλικό μίγμα. Μετά από αυτά ο λέβητας μπαίνει σε λειτουργία και διατηρείται πίεση μέχρι 5,5 bar για χρονικό διάστημα 10 ωρών. Κατόπιν εκκενώνεται, για να πληρωθεί στη συνέχεια με αποσταγμένο νερό και για να προετοιμασθεί για κανονική αφή πυρών.

Κατά το χημικό καθαρισμό πρέπει πάντοτε να παίρνονται όλες οι αναγκαίες προφυλάξεις, ώστε:

α) Το προσωπικό να μην έρχεται σ' επαφή με τα χημικά αντιδραστήρια.

β) Να γίνεται αερισμός για την απομάκρυνση του εκλυόμενου υδρογόνου, το οποίο είναι ασφυκτικό και εκρηκτικό συγχρόνως.

Λόγω των κινδύνων, τους οποίους περιέχει για το προσωπικό, αλλά και του κινδύνου φθοράς του μετάλλου του λέβητα μετά την απομάκρυνση των καθαλατώσεων, οπότε η διάλυση του οξέος θα έλθει σ' επαφή με το γυμνό μέταλλο, εκτελείται ο χημικός καθαρισμός στα διάφορα λιμάνια με την ευθύνη ειδικευμένων σ' αυτά εργολάβων και με δικές τους μεθόδους, οι οποίες όμως δε διαφέρουν ουσιαστικά από αυτή που περιγράψαμε.

15.12 Ο εκκαπνισμός.

Ο εκκαπνισμός εκτελείται για την απομάκρυνση της αιθάλης από όλες τις επιφάνειες του λέβητα, οι οποίες έρχονται σ' επαφή με τα καυσαέρια και τις φλόγες.

Η αιθάλη, όπως είναι γνωστό, είναι επιβλαβής λόγω του δυσθερμαγωγού της, και γιατί παρεμποδίζει τον ελκυσμό. Εκτός από αυτό τεμάχια αιθάλης παρασύρονται από τα καυσαέρια και αφού βγουν από την καπνοδόχο ρυπαίνουν το πλοίο ή μπορούν μερικές φορές να προκαλέσουν πυρκαϊά στο κατάστρωμα.

15.12.1 Η εκτέλεση του εκκαπνισμού.

Ο εκκαπνισμός εκτελείται εν όρμω με τα χέρια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές συρμάτινες επίπεδες ψήκτρες, πριόνια, σάρωθρα (σκούπες) και μάκτρα.

Στους κυλινδρικούς λέβητες ο εκκαπνισμός γίνεται και στο εσωτερικό των αυλών, και εκτελείται κατά τον ίδιο τρόπο όπως ο εσωτερικός καθαρισμός των αυλών του υδραυλωτού λέβητα, δηλαδή με κυλινδρικές χειροκίνητες ψήκτρες.

Συχνά κατά τον εκκαπνισμό υδραυλωτών λεβήτων και για μεγαλύτερη ευχέρεια χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας που παρέχεται από ιδιαίτερη αεροθλιπτική ή ατμός υπό πίεση, ο οποίος κατευθύνεται με ειδικά ακροσωλήνια στα μεταξύ των αυλών διάκενα.

Στους εν ενεργεία λέβητες χρησιμοποιούνται οι μόνιμα προσαρμοσμένες συσκευές εκκαπνισμού με ατμό, οι γνωστές ως *εκκαπνιστήρες* ή *φουσητήρες αιθάλης* (soot-blowers), οι οποίες χρησιμοποιούνται και για τον εν πλω εκκαπνισμό του λέβητα και σε ώρα λειτουργίας του.

Η απομάκρυνση των απανθρακωμάτων, τα οποία συγκεντρώνονται στις ρίζες

των εσωτερικών αυλών γίνεται με κατάλληλο διαλυτικό. Πάντως πρέπει να παίρνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για αποφυγή εκρήξεων.

Ο εκκαπνισμός εκτελείται κατά κανονικά διαστήματα, σύμφωνα με την πείρα του Α΄ Μηχανικού, το είδος του καυσίμου και το βαθμό ρυπάνσεως του λέβητα.

Πάντως από την πείρα προκύπτει ότι ο εκκαπνισμός του λέβητα, σε λειτουργία, με εκκαπνιστήρες, εκτελείται κατά διαστήματα από 4 ως 8 ώρες ενώ ο εν όρμω κατά διαστήματα από 500 ως 600 ώρες, εφόσον βέβαια επιτρέπουν οι συνθήκες χρησιμοποίησής του λέβητα.

Οπωσδήποτε εκκαπνισμός εκτελείται και κατά την ετήσια επιθεώρηση από τον επιθεωρητή του Νηογνώμονα (Annual Boiler Survey).

15.12.2 Ο εκκαπνισμός με πλύση του λέβητα με νερό.

Η μέθοδος αυτή καθαρισμού της πλευράς καύσεως του λέβητα ακολουθείται, όταν τα διάκενα αερίων των ατμογόνων αυλών έχουν φραχθεί από εναποθέσεις αιθάλης, άνθρακα κλπ. σε βαθμό, ώστε οι μηχανικές μέθοδοι εκκαπνισμού να είναι ανεπαρκείς. Τότε οι θερμαινόμενες επιφάνειες πρέπει να καθαρισθούν με πλύση με θερμό γλυκό νερό.

Η χρήση νερού υπό πίεση χαλαρώνει την ισχυρή έμφραξη των διακένων των αερίων και εκδιώκει τα αδιάλυτα υπολείμματα.

Υπάρχουν στην προκείμενη περίπτωση δύο παραδεγμένες μέθοδοι πλύσεως. Η πρώτη απαιτεί την ύπαρξη εκτοξευτήρα, ο οποίος εκτοξεύει νερό επιτόπια. Η άλλη απαιτεί τη χρήση του εκκαπνιστήρα, με τον οποίο κατευθύνεται και διανέμεται το νερό στη δέσμη των αυλών. Ζεστό πόσιμο νερό σε θερμοκρασία 65 - 70°C με πίεση 15 ως 20 bar καταθλίβεται μέσω ενός προφυσίου και είναι συνήθως αρκετό, για να αφαιρέσει όλες τις τέφρες και σκουριές από την πλευρά της φωτιάς και των καυσαερίων του λέβητα.

Αν όμως το πετρέλαιο που χρησιμοποιήθηκε στο λέβητα περιείχε βανάδιο, τότε η μειωμένη σκουριά είναι ικανή να γεμίσει τα διάκενα των αυλών των υπερθερμαντήρων. Αυτή η σκουριά αντέχει σε προβολή ζεστού νερού πίεσεως 75 bar, ακόμη και σε κρύο νερό πίεσεως 350 bar. Η μόνη λύση είναι η αφαίρεση με το χέρι ή με εργαλεία πεπιεσμένου αέρα. Προσοχή όμως χρειάζεται γιατί απροσεξίες και αδεξιότητα έχουν ως αποτέλεσμα μηχανική ζημιά, που οδηγεί στην αντικατάσταση των αυλών.

Κατά την εκτέλεση της πλύσεως πρέπει να τοποθετούνται οθόνινα καλύμματα, όπου είναι δυνατόν, ώστε να εμποδίζεται ο καταιονισμός των πλινθοκτίστων της εστίας.

Δύο τρόποι καταθλίψεως του νερού με τους εκκαπνιστήρες υπό πίεση 10 ως 15 bar και θερμοκρασία 95°C είναι δυνατοί. Αυτοί εικονίζονται στο σχήμα 15.12.

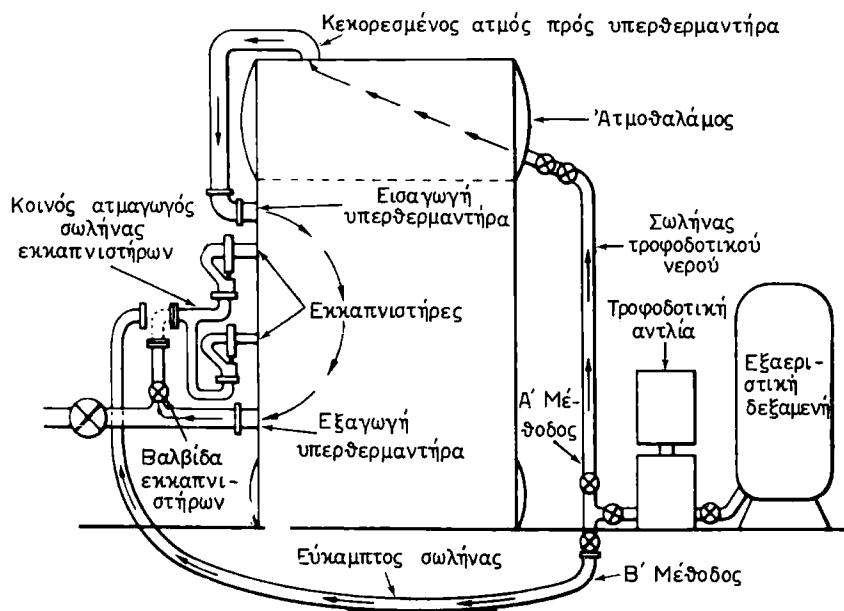
Η πλύση με νερό πρέπει να αρχίζει από το υψηλότερο σημείο του λέβητα και να κατευθύνεται συστηματικά προς τα κάτω μέχρι τις σειρές της εστίας. Με αυτό τον τρόπο οι σταγόνες νερού μαλακώνουν εγκαίρως τις συσσωρευμένες επικαθίσεις στην κατώτερη περιοχή των αυλών.

Όταν χρειάζεται να πλυθούν οι οικονομητήρες, τότε το νερό πρέπει να ριχθεί επάνω από τους αυλούς υπό πίεση 10 ως 15 bar και θερμοκρασία περίπου 90°C.

Οι υπερθερμαντήρες, κατά κανόνα, απαιτούν τη χρήση των εκκαπνιστήρων, ο

καθένας από τους οποίους πρέπει να περιστραφεί 5 ως 10 φορές με πίεση νερού 15 bar.

Οι προσιτοί ατμογόνοι αυλοί πρέπει να καθαρίζονται κατά προτίμηση με εκτοξευτήρες νερού (ακροσωλήνιο) και μόνο οι δυσπρόσιτοι να καθαρίζονται με τη βοήθεια των εκκαπνιστήρων.



Σχ. 15.12.

Όταν η πλύση με νερό συμπληρωθεί, ο λέβητας πρέπει να ξηραθεί και να απομακρυνθούν τα απορρίμματα. Οι εκκαπνιστήρες και οι σωληνώσεις να αποκατασταθούν για συνθήκες λειτουργίας και ο λέβητας να προετοιμασθεί για αφή. Τότε εκτελείται αφή πυρών μ' έναν καυστήρα με το μικρότερο διασκορπιστήρα επί 15 λεπτά και σβέση αυτού επί 15 λεπτά. Στη συνέχεια ακολουθεί εναλλακτικά η παραπάνω αφή και σβέση του καυστήρα επί 5 ώρες, κατά δεκαπεντάλεπτα διαστήματα για να ξηραθεί καλά ο λέβητας.

Στη συνέχεια ο λέβητας κρατείται επί 1 ώρα, προτού μπει σε λειτουργία για βοηθητικές χρήσεις.

Για τον υπερθερμαντήρα στη φάση αυτή παίρνονται τα γνωστά μέτρα προστασίας, εξασφαλίζεται δηλαδή η επαρκής, μέσω αυτού, ροή ατμού.

Την ξήρανση του λέβητα επακολουθεί προσεκτική επιθεώρηση. Εάν ο λέβητας πρόκειται στη συνέχεια να αργήσει, συνιστάται η εκτόξευση πάνω στις επιφάνειες των αυλών «προστατευτικού μίγματος της μεταλλικής επιφάνειας» (metal conditioning compound) σε στρώση πάχους 0,05 mm. Κατά τη διάρκεια εφαρμογής αυτού απαγορεύεται το κάπνισμα και επί πλέον λαμβάνεται μέριμνα, ώστε τούτο να μη γίνεται στο λέβητα όταν αυτός συνδέεται με τον ίδιο καπναγωγό προς άλλον λέβητα εν λειτουργία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

16.1 Γενικά.

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε σύντομα όσα στοιχεία αφορούν στη λειτουργία των λεβήτων και τις συνηθισμένες σ' αυτή ανωμαλίες τους.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι τα στοιχεία αυτά αναφέρονται ως γενικές αρχές οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή σ' όλους τους λέβητες και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο ένα βασικό οδηγό για την κανονική λειτουργία και την αντιμετώπιση των ανωμαλιών ενός λέβητα. Οι ενδεδειγμένες όμως κατά περίπτωση ενέργειες ανάγονται στα ειδικά κατασκευαστικά δεδομένα του κάθε λέβητα και γενικότερα της όλης εγκαταστάσεως του λεβητοστασίου. Για το λόγο αυτό πρέπει απαραίτητα να ακολουθούνται επιμελώς οι οδηγίες χειρισμού και αντιμετώπισεως ανωμαλιών, οι οποίες δίνονται από τον κατασκευαστή. Οι οδηγίες αυτές αποσκοπούν στη διατήρηση υψηλού βαθμού ασφάλειας της εγκαταστάσεως και του προσωπικού, την αποφυγή ανωμαλιών και την επίτευξη οικονομίας σε καύσιμη ύλη.

Η πείρα εξάλλου του υπεύθυνου μηχανικού της εγκαταστάσεως και του υπόλοιπου προσωπικού της αποτελούν πάντοτε ένα βασικό και πολύτιμο παράγοντα επιτυχίας των παραπάνω.

Πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι όσα αναπτύσσονται στις επόμενες παραγράφους αφορούν βασικά τους πετρελαιολέβητες.

16.2 Η προετοιμασία του λέβητα για αφή πυρών.

Προκειμένου ο λέβητας να αρχίσει να λειτουργεί και προτού γεμίσει με νερό, πρέπει νά επιθεωρηθεί τελείως και να διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχουν μέσα του εργαλεία ή άλλα ξένα αντικείμενα, ότι τοποθετήθηκαν μέσα και έξω από αυτόν όλα τα εξαρτήματα και ότι όλοι οι κρουνοί είναι κλειστοί. Όταν τελειώσει η παραπάνω επιθεώρηση, τοποθετούνται τελευταίες οι ανθρωποθυρίδες και ιλυοθυρίδες και γεμίζει ο λέβητας με νερό, μέχρι το σημείο λίγο πάνω από την κανονική στάθμη λειτουργίας του.

Στη συνέχεια γίνονται οι παρακάτω εργασίες και δοκιμαστικοί έλεγχοι:

- α) Δοκιμή υδροδεικτών και δοκιμαστικών κρουνών.
- β) Έλεγχος στεγανότητας όλων των επιστομιών.
- γ) Άνοιγμα του εξαεριστικού κρουνού και του κρουνού υγρών του υπερθερμαντήρα.
- δ) Άνοιγμα κρουνών των θλιβομέτρων.
- ε) Έλεγχος λειτουργίας ασφαλιστικών με το χειροσφόνδυλο.

στ) Τοποθέτηση του απαιτούμενου μόνο για τη λειτουργία του λέβητα καπνοφράκτη (αν υπάρχει) στη θέση ανοικτό. Ταυτόχρονα πρέπει να επιβεβαιώνεται ότι οι καπνοφράκτες των υπολοίπων λεβήτων, οι οποίοι έχουν κοινό καπναγωγό με τον υπό αφή λέβητα, παραμένουν κλειστοί.

ζ) Έλεγχος στεγανότητας αυλοθυρίδων, καπνοθυρίδων κλπ.

η) Αφαίρεση των τυχόν καλυμμάτων της καπνοδόχου του υπό αφή λέβητα.

16.3 Αφή πυρών πετρελαιολέβητα.

Η αφή πυρών ενός πετρελαιολέβητα γίνεται γενικά ως εξής:

α) Όταν υπάρχει διαθέσιμος ατμός από άλλο λέβητα.

1) Ελέγχεται και συμπληρώνεται η στάθμη του λέβητα λίγο πάνω από την κανονική.

2) Ανοίγεται το εξαεριστικό του λέβητα και χαλαρώνονται τα επιστόμια ελαφρώς, ώστε να μην κολλήσουν στις έδρες τους. Ανοίγονται τα υγρά του υπερθερμαντήρα.

3) Ανοίγεται το επιστόμιο ατμού προθερμάνσεως πετρελαίου των πετρελαιοδεξαμενών, εφόσον η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι χαμηλή και το πετρέλαιο παχύρρευστο.

4) Ανοίγονται όλα τα επιστόμια του πετρελαίου από την πετρελαιοδεξαμενή μέχρι και τη σωλήνωση διανομής στους καυστήρες, δηλαδή επιστόμια φίλτρων, αντλίας και προθερμαντήρα, εκτός από τους ατομικούς διακόπτες των καυστήρων.

5) Ανοίγονται τα επιστόμια κυκλοφορίας και επιστροφής στην πρόσοψη του λέβητα και στέλνεται ατμός στον προθερμαντήρα πετρελαίου. Τίθεται αργά σε κίνηση η αντλία πετρελαίου και κυκλοφορείται το πετρέλαιο με τη σωλήνωση, ώστε να προθερμαίνεται προοδευτικά.

6) Ανοίγονται οι αγωγοί αέρα για λίγα λεπτά προς εξαερισμό των κλιβάνων ή, όταν υπάρχει τεχνητός ελκυσμός, τίθενται σε λειτουργία οι ανεμιστήρες με μικρή ταχύτητα.

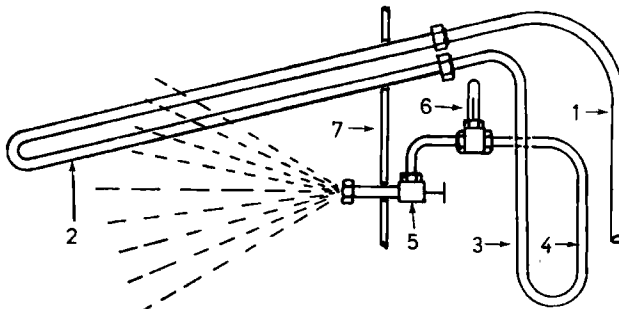
7) Όταν η προθέρμανση του πετρελαίου προχωρήσει ικανοποιητικά (95°C περίπου), κλείνεται το επιστόμιο επιστροφής του πετρελαίου από τους καυστήρες και υψώνεται η πίεση μέχρις 6,5 - 7 bar, οπότε γίνεται αφή ενός καυστήρα με τη βοήθεια δάδας (μαλαστούπας). Τη στιγμή της αφής ο ελκυσμός ελαττώνεται, ώστε να μη γίνει διακοπή της φλόγας.

8) Ρυθμίζεται η καύση στα κανονικά όρια (πίεση, θερμοκρασία πετρελαίου, χρώμα φλόγας).

9) Κλείνεται ο εξαεριστικός κρουρός, μόλις ο λέβητας εξαερίσει και συνεχίζεται η θέρμανση ως την ατμοποίηση.

β) Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος ατμός από άλλο λέβητα.

Εκτελούνται πρώτον οι με τα στοιχεία (1) και (2) κινήσεις της προηγούμενης περιπτώσεως, και στη συνέχεια καταθλίβεται πετρέλαιο με τη βοήθεια ειδικής σωληνωτής συσκευής σχήματος U (φουρκέτας), η οποία εισάγεται στην εστία από την οπή παρατηρήσεως του κώνου (σχ. 16.3).



Σχ. 16.3.

1) Ψυχρό πετρέλαιο από την αντλία. 2) Σωλήνας U (φουρκέτα). 3) Εύκαμπτος σωλήνας. 4) Εύκαμπτος σωλήνας θερμού πετρελαίου. 5) Καυστήρας αφής. 6) Θερμόμετρο. 7) Πρόσοψη εστίας.

Για την αφή χρησιμοποιείται τίλμα (στουπί) εμποτισμένο σε ελαφρό πετρέλαιο, με το οποίο περιβάλλεται η «φουρκέτα». Το τίλμα ανάβει με τη βοήθεια δάδας (μαλαστούπας), ενώ συγχρόνως καταθλίβεται πετρέλαιο. Όπως το πετρέλαιο διαρρέει το σωλήνα θερμαίνεται και γίνεται λεπτόρρευστο και βγαίνοντας από τον καυστήρα αναφλέγεται.

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται ιδιαίτερος καυστήρας αφής, ο οποίος και αφαιρείται, όταν αφαιρεθεί η «φουρκέτα», για να χρησιμοποιηθούν πλέον οι κανονικοί καυστήρες του λέβητα.

Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται λεπτόρρευστο πετρέλαιο για την αφή το οποίο δεν απαιτεί και προθέρμανση.

Σε ορισμένες τέλους εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ιδιαίτερη συσκευή προθέρμανσης του πετρελαίου, η οποία και ονομάζεται **προθερμαντήρας αφής**.

Η θέρμανση που γίνεται με τους παραπάνω τρόπους εξακολουθεί τελικά μέχρι τον εξαερισμό του λέβητα και την ύψωση της πίεσεως σε 4 bar περίπου, οπότε, αφού υπάρχει πλέον ατμός, εκτελούνται κατά σειρά οι υπόλοιπες κινήσεις (3) ως (9) της προηγούμενης περιπτώσεως.

16.4 Η συγκοινωνία του λέβητα.

Για τη συγκοινωνία του λέβητα προς την εγκατάσταση είναι απαραίτητη η τέλεια γνώση της διατάξεως της κύριας και της βοηθητικής ατμαγωγού σωληνώσεως και των επιστομιών της.

Η συγκοινωνία αρχίζει, μόλις ανοιχθεί ο βοηθητικός ατμοφράκτης οπότε τίθενται σε κίνηση τα βοηθητικά μηχανήματα του μηχανοστασίου. Στη συνέχεια ανοίγεται ο κύριος ατμοφράκτης του λέβητα και αρχίζει η προθέρμανση της κύριας μηχανής.

Κατά τη συγκοινωνία, πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα εξυδατώσεως των ατμαγωγών, ώστε να μη δημιουργηθούν δυσάρεστα επακόλουθα στη μηχανή από μικροπροβολές νερού. Επίσης οι διάφοροι ατμοφράκτες πρέπει να ανοίγονται προσεκτικά και όχι απότομα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στους αυτόκλειστους ατμοφράκτες, δηλαδή να εξασφαλίζεται ότι ο λέβητας έχει κατά τι μεγαλύτερη πίεση από την πίεση του ατμαγωγού σωλήνα, εάν αυτός δεν είναι κενός. Να ανοίγονται επίσης οι κρουνοί πληρώσεως των τμημάτων των ατμαγωγών πριν και μετά τους ενδιάμεσους ατμοφράκτες, εφόσον υπάρχουν.

16.5 Η απομόνωση του λέβητα.

Η απομόνωση του λέβητα ακολουθεί γενικά αντίστροφη οδό από την προετοιμασία, αφή και συγκοινωνία του λέβητα.

Σ' αυτή:

α) Κλείνεται πρώτα ο κύριος ατμοφράκτης, γίνεται η απομόνωση της μηχανής και κρατούνται τα μηχανήματα του μηχανοστασίου. Μένει μόνον σε ενέργεια η αντλία κυκλοφορίας θάλασσας του κύριου ψυγείου μέχρι την πτώση της θερμοκρασίας του.

β) Ρίχνονται οι εξατμίσεις στην ατμόσφαιρα.

γ) Κρατείται η αντλία πετρελαίου και κλείνονται οι διακόπτες των καυστήρων και της αναρροφήσεως και καταθλίψεως του πετρελαίου, καθώς επίσης και οι διακόπτες ατμού και υγρών του προθερμαντήρα πετρελαίου.

δ) Ελαττώνεται η ταχύτητα του ανεμιστήρα και αφήνεται να εργασθεί 5 λεπτά για τον καθαρισμό της εστίας, οπότε και κρατείται στη συνέχεια.

ε) Κλείνονται όλες οι αεροθυρίδες (ντάμπερ) καπνοδόχου και κώνων καυστήρων.

στ) Γίνεται εξάφριση και εξαγωγή, εάν υπάρχει ανάγκη, συμπληρώνεται η στάθμη του νερού και κρατείται η τροφοδοτική αντλία.

ζ) Κλείνεται τέλος και ο βοηθητικός ατμοφράκτης και έτσι ο λέβητας απομονώνεται.

Μετά την τέλεια σβέση των πυρών κλείνονται και τα διάφορα ανοίγματά του, ώστε η απόψυξη του λέβητα να γίνει ομαλή, χωρίς να υπάρχουν ρεύματα αέρα, και τοποθετείται το κάλυμμα της καπνοδόχου.

16.6 Παρακολούθηση λέβητα σε λειτουργία.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του λέβητα πρέπει να παρακολουθούνται και να ελέγχονται:

α) Η στάθμη του νερού στον υδροθάλαμο.

β) Η πίεση του λέβητα.

γ) Η καλή καύση, η οποία εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία του πετρελαίου και την καθαριότητα της εστίας των κώνων και των καυστήρων. Ακόμα ο έλεγχος της ποιότητας της καύσεως με το χρώμα της φλόγας και των καυσαερίων της καπνοδόχου και η ανάλυσή τους με τη συσκευή Orsat ή η παρακολούθηση του διοξειδίου του άνθρακα στον «ενδείκτη CO₂».

δ) Η θερμοκρασία του τροφοδοτικού νερού.

ε) Η ποιότητα του τροφοδοτικού νερού και του νερού του υδροθαλάμου. Αυτή ελέγχεται με τις κατά κανονικά διαστήματα εκτελούμενες χημικές μετρήσεις και με την προσθήκη των καταλλήλων χημικών υλών επεξεργασίας του. Επίσης με την εκτέλεση των αναγκαίων εξαφρίσεων ή εξαγωγών.

ζ) Η καλή στεγανότητα επιστομίων, στυπιοθλιπτών, ενώσεων ατμού, νερού, πετρελαίου.

η) Η κατάσταση των ασφαλιστικών.

θ) Η κατάσταση προθερμαντήρων νερού, πετρελαίου. Να εκτελείται περιοδική εναλλαγή και καθαρισμός των φίλτρων.

ι) Η κατάσταση του κύτους. Να εκτελείται εξαγωγή των νερών.

ια) Η ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας των μέσων πυρκαϊάς και η καθαριότητα γενικά, η οποία πρέπει να διατηρείται σε πολύ υψηλό βαθμό.

16.7 Θαλάσσιο νερό στους λέβητες.

Το θαλάσσιο νερό, όπως είναι γνωστό, είναι σοβαρός παράγοντας φθοράς και ανωμαλιών στο λέβητα, η είσοδός του δε σ' αυτόν μπορεί να οφείλεται σε μία από τις εξής αιτίες:

α) Διαρροή ψυγείου. β) Διαφυγή από τα ψυγεία υγρών των βραστήρων. γ) Διαρροή των εφεδρικών δεξαμενών τροφοδοτικού νερού. δ) Προβολή των βραστήρων.

16.8 Έμφραξη υδροδείκτη.

Ο έλεγχος του υδροδείκτη ενώ ο λέβητας λειτουργεί συνίσταται στην εξακρίβωση του κατά πόσο δείχνει την πραγματική στάθμη του λέβητα.

Οι πιθανές ανωμαλίες του υδροδείκτη είναι να έχει φραχθεί οπή κρουνού του ή να έχει κλεισθεί από λάθος κάποιος κρουνός του, με αποτέλεσμα να μη δείχνεται στον υδροδείκτη η πραγματική στάθμη.

Γι' αυτό πρέπει να ανοίγεται από καιρό σε καιρό ο δοκιμαστικός κρουνός, για να εξακριβώνεται ότι οι συγκοινωνίες του υδροδείκτη με το λέβητα είναι ελεύθερες. Εάν ο κρουνός του ατμού είναι φραγμένος, ο υδροδείκτης θα γεμίσει με νερό, ενώ εάν ο κρουνός του νερού είναι φραγμένος, τότε δε θα εμφανισθεί νερό στο γυαλί με το κλείσιμο του δοκιμαστικού κρουνού.

Ανοίγεται τότε ο δοκιμαστικός κρουνός και κλείνονται οι συγκοινωνητικοί κρουνοί ατμού και νερού. Στη συνέχεια ανοίγεται ο κρουνός του ατμού ή του νερού, οπότε θα πρέπει να εξέλθει από το δοκιμαστικό κρουνό εναλλακτικά ατμός ή νερό. Εάν δε συμβεί αυτό, σημαίνει ότι ο αντίστοιχος κρουνός του υδροδείκτη έχει φραχθεί.

16.9 Θραύση του γυαλιού του υδροδείκτη.

Άλλη ανωμαλία του υδροδείκτη είναι η θραύση του γυαλιού του. Συνήθως οφείλεται σε κακής ποιότητας υλικό, ψύξη του γυαλιού από αιφνίδια ρεύματα αέρα, ράντισή του με ψυχρό νερό ή τέλος σε ανομοιόμορφη ή υπερβολική σύσφιγξή του κατά την τοποθέτησή του.

Κατά τη θραύση του γυαλιού του υδροδείκτη κλείνονται γρήγορα οι κρουνοί συγκοινωνίας του με τον αμοθάλαμο και τον υδροθάλαμο. Αποκοχλιώνονται στη συνέχεια οι στυπαιοθλίπτες, αφαιρούνται τα παρεμβύσματα και αφαιρείται και αντικαθίσταται ο σπασμένος γυάλινος σωλήνας. Κοχλιώνονται οι στυπαιοθλίπτες και συσφίγγονται ελαφρά τα παρεμβύσματα.

Αφού τοποθετηθεί ο νέος γυάλινος αυλός, τότε ανοίγεται αργά και με προφύλαξη ο δοκιμαστικός κρουνός και ο κρουνός του ατμού, μέχρις ότου το γυαλί ζεσταθεί καλά, και κατόπιν ανοίγεται ο κρουνός του νερού.

Τέλος κλείνεται ο δοκιμαστικός κρουνός.

Παρόμοιες ενέργειες γίνονται και στην περίπτωση επίπεδου υδροδείκτη με μόνη διαφορά ότι αφαιρείται ολόκληρος ο υδροδείκτης και τοποθετείται έτοιμος

αμοιβός (ανταλλακτικός). Η προθέρμανση και η συγκοινωνία του γίνεται όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

Κατά την επισκευή του υδροδείκτη και όταν αντικαταστήσουμε τις γυάλινες πλάκες του, ιδιαίτερα πρέπει να προσέξουμε τη σύσφιγξή τους, η οποία και εκτελείται σταυροειδώς και προοδευτικά, δηλαδή εναλλακτικά χιαστί από τα ακραία προς τα κεντρικά περικόχλια.

Ο επισκευασμένος υδροδείκτης τηρείται ως αμοιβός για την περίπτωση μελλοντικής ανωμαλίας των υδροδεικτών που βρίσκονται πάνω στο λέβητα.

16.10 Πτώση της στάθμης του λέβητα.

Η περίπτωση αποτελεί μία από τις σοβαρότερες ανωμαλίες ενός λέβητα.

Όταν η στάθμη του λέβητα πέφτει προοδευτικά ώστε αυτό να είναι ορατό στον υδροδείκτη, τότε συμβαίνει μεγάλη διαρροή στο λέβητα και πρέπει να τον τροφοδοτήσουμε εντατικά για να ανεβεί η στάθμη του και να ερευνησουμε γρήγορα για την αιτία της διαρροής.

Εάν όμως το μέτρο αυτό δεν είναι αποτελεσματικό, πρέπει να απομονωθεί ο λέβητας και να σβησθούν τα πυρά.

Η πιθανή συνέπεια της εξαφανίσεως της στάθμης του νερού είναι να ερυθροπυρωθεί η κυλινδρική αυλοφόρα πλάκα του ατμο-υδροθαλάμου και τα επάνω εκτονώματα των αυλών σε υδραυλωτό λέβητα ή ο ουρανός του φλογοθάλαμου και οι αυλοί σε κυλινδρικό λέβητα.

Εάν η στάθμη εξαφανίσθηκε και δε γνωρίζουμε πριν από πόσο χρόνο έγινε η εξαφάνιση, πρέπει να ανοιχθεί ο κατώτερος δοκιμαστικός κρουνός, αν υπάρχει, και αν δίνει νερό, πρέπει να αυξηθεί η τροφοδότηση. Εάν ο κρουνός δίνει ατμό, πρέπει να κλεισθεί η τροφοδότηση και να βεβαιωθούμε για την κατάσταση των αυλών. Οπωσδήποτε κρατούνται τα πυρά και η παροχή του αέρα, περνά ικανό χρονικό διάστημα, ώστε να κατεβεί η θερμοκρασία του λέβητα και κατόπιν ανοίγονται με προσοχή οι θύρες των κλιβάνων ή οι θυρίδες των κώνων αέρα και οι αυλοθυρίδες.

Εάν οι αυλοί είναι ακόμη κόκκινοι, αυτό είναι ενδεικτικό ότι υπήρξε φόβος εκρήξεως του λέβητα (αλλά ο κίνδυνος δεν υπάρχει πλέον). Αναμένουμε λίγο χρόνο ακόμη, μέχρις ότου οι αυλοί μαυρίσουν και βεβαιωθούμε για την κατάσταση του ουρανού και των αυλών, οπότε και τροφοδοτούμε αργά το λέβητα.

Μεγάλη προσοχή χρειάζεται κατά την τροφοδότηση, γιατί υπάρχει κίνδυνος απότομης εξατμίσεως του νερού, το οποίο έρχεται σ' επαφή με το υπέρθερμο υλικό της θερμαινόμενης επιφάνειας. Η εξάτμιση μπορεί να προκαλέσει τοπική **υπερπίεση** και στη συνέχεια μικρή ή μεγάλη έκρηξη του λέβητα.

16.11 Ανάβραση λέβητα και προβολές νερού.

Με τον όρο **ανάβραση** εννοούμε το βίαιο βρασμό του νερού του υδροθαλάμου, που προκαλεί αναταραχή της μάζας του νερού του υδροθαλάμου, λόγω της οποίας αυτό εισχωρεί μέσα στη μάζα του ατμού.

Ενδείξεις αναβράσεως είναι η μεγάλη αστάθεια της στάθμης του νερού στον υδροδείκτη και το κίτρινο χρώμα, που παίρνει το νερό λόγω της αναδέυσεως σκουριών και καθιζημάτων. Επίσης κτύποι στις σωληνώσεις και τη μηχανή λόγω του νερού που παρασύρεται προς αυτήν.

Ως βασική αιτία της αναβράσεως θεωρείται η διαφορά της επιφανειακής τάσεως και της πίεσεως του ατμού, που βρίσκεται στον ατμοθάλαμο.

Επιφανειακή τάση λέγεται η αντίσταση, που παρουσιάζουν τα μόρια του νερού στη δύναμη, η οποία τείνει να διασπάσει τη συνοχή της επιφάνειάς του. Όπως είναι γνωστό, κατά την ατμοποίηση οι φυσαλίδες του παραγόμενου ατμού τείνουν να εισέλθουν στον ατμοθάλαμο, αφού προηγουμένως διασπάσουν τη συνοχή της επιφάνειας της στάθμης. Όταν η διάσπαση αυτή πραγματοποιείται απότομα, τότε παρασύρονται (εκτός από τη συνηθισμένη υγρασία) μεγαλύτερες ποσότητες νερού, οι οποίες προβάλλονται προς τις σωληνώσεις και τη μηχανή.

αση γίνεται, όταν αυξάνεται η επιφανειακή τάση ή όταν αντίστοιχα ελατώνεται η πίεση του ατμού του ατμοθαλάμου. Και στις δύο περιπτώσεις δημιουργείται διαφορά πίεσεως μεταξύ του παραγόμενου ατμού και του ατμού που βρίσκεται μέσα στον ατμοθάλαμο η οποία και προκαλεί το φαινόμενο.

Ως αίτια της αναβράσεως θεωρούνται: α) Οι λιπαρές ουσίες πάνω στη στάθμη του νερού. β) Η μεγάλη πυκνότητα του νερού. γ) Το απότομο άνοιγμα του ατμοφράκτη της μηχανής ή των ασφαλιστικών. δ) Η ύψωση της στάθμης του νερού. ε) Η πύωση της στάθμης, λόγω της οποίας δημιουργείται υπέρμετρη και ανώμαλη ατμοπαραγωγή. στ) Τα καινούργια ελάσματα ή οι καινούργιοι αυλοί.

Συνηθισμένο αποτέλεσμα της αναβράσεως είναι η λεγόμενη **προβολή** του λέβητα, κατά την οποία μικρές ή μεγάλες ποσότητες νερού παρασύρονται (προβάλλονται) προς τον υπερθερμαντήρα, τις σωληνώσεις και τη μηχανή.

Προβολή του λέβητα έχει ως επακόλουθο την εναπόθεση αλάτων στον υπερθερμαντήρα, τις σωληνώσεις και τη μηχανή και κατά συνέπεια τη διάβρωσή τους σε μικρή ή μεγάλη έκταση. Μπορεί επίσης λόγω του ασυμπίεστου του νερού κατά την πορεία του να προκληθούν ρωγμές μικρής ή μεγάλης εκτάσεως στο υλικό από τις κρούσεις του νερού πάνω σ' αυτό ή λόγω ψύξεώς του από το νερό.

Σε παλινδρομικές μηχανές η προβολή μπορεί να προκαλέσει τη θραύση του πώματος του κυλίνδρου, στους ατμοστροβίλους μερική στρέβλωση των πτερυγίων ή και ολική καταστροφή των πτερυγώσεών του.

Για την καταστολή της αναβράσεως τα μέτρα που παίρνονται είναι πάντοτε ανάλογα με την ειδική αιτία, η οποία την προκάλεσε. Γενικά σε περίπτωση αναβράσεως πρέπει να ελαττώνεται η ένταση της καύσεως, ώστε να μειώνεται η ατμοπαραγωγή, να αυξάνεται η τροφοδότηση, ώστε να επέρχεται ψύξη της μάζας του νερού, να περιορίζεται το άνοιγμα του ατμοφράκτη και τέλος, εάν η ανάβραση εξακολουθεί, να απομονώνεται ο λέβητας.

16.12 Διαρροή αυλών. Πωμάτωση.

α) Διαρροή αυλών.

Η διαρροή των αυλών είναι από τις σοβαρότερες ανωμαλίες του λέβητα. Εμφανίζεται κυρίως στα εκτονώματα των αυλών, οι οποίοι βρίσκονται κοντύτερα προς τη φωτιά και μερικές φορές στο σώμα τους, όταν το πάχος τους έχει ελαττωθεί σε σημαντικό βαθμό.

Μία μικρή διαρροή, όταν ο λέβητας βρίσκεται σε λειτουργία, δεν είναι εύκολο να γίνει αντιληπτή. Μεγαλύτερη διαρροή όμως γίνεται αντιληπτή από το συριγμό του εξατμιζόμενου νερού, από τη μεγάλη απώλεια τροφοδοτικού νερού στο κύ-

κλωμα και την πώση της στάθμης στο λέβητα, τέλος δε από την ανωμαλία της καύσεως και την ατμώδη χροιά των εξερχομένων από την καπνοδόχο καυσαερίων.

Οι διαρροές οφείλονται στη μεγάλη συσσώρευση αλάτων και στη διαφορετική διαστολή του υλικού του αυλού και της αυλοφόρας πλάκας.

Σε περίπτωση μεγάλης διαρροής πρέπει να αυξηθεί η τροφοδότηση, να ελαττωθούν τα πυρά και να απομονωθεί ο λέβητας. Όταν ο λέβητας κρατήσει, η αποκατάσταση της ανωμαλίας γίνεται είτε με εκτόνωση του αυλού, αν έχει ακόμη αρκετό πάχος και η διαρροή προέρχεται από τα εκτονώματα, είτε με πωμάτωση αν η διαρροή προέρχεται από το σώμα του αυλού. Μετά, σέ πρώτη ευκαιρία ο αυλός αντικαθίσταται.

Ο εντοπισμός του αυλού που διαρρέει γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο: Μετά την κράτηση του λέβητα επιθεωρούνται τα εκτονώματα των αυλών. Αν ορισμένα από αυτά παρουσιάζουν μικρή έστω διαρροή, παρατηρούνται ίχνη της (δακρύσματα). Μεγαλύτερη διαρροή γίνεται προφανώς ευκολότερα αντιληπτή.

Σε φλογαυλωτούς λέβητες με τη μέθοδο αυτή εντοπίζονται και οι διαρρέοντες από το σώμα αυτών αυλοί.

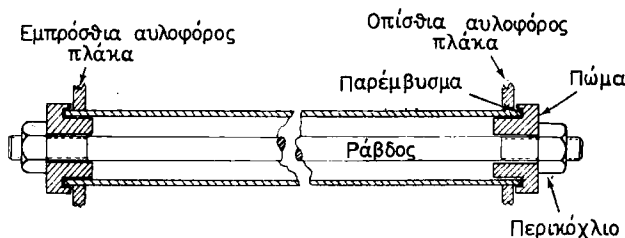
Σε υδραυλωτούς λέβητες εξάλλου η εξακρίβωση των καταστραμμένων αυλών γίνεται, αφού προηγουμένως εκκενωθεί ο λέβητας όπως παρακάτω. Πωματίζονται από κάτω με ειδικά κωνικά πώματα οι αυλοί της περιοχής, όπου εντοπίσθηκε η διαρροή (ή στην ανάγκη και όλοι οι αυλοί του σκέλους του λέβητα) και γεμίζουν με νερό από πάνω μέχρι τα χείλια. Σημειώνονται στη συνέχεια με κιμωλία όλοι οι αυλοί, στους οποίους το νερό κατεβαίνει γιατί αυτοί είναι εκείνοι που διαρρέουν και πρέπει να πωματισθούν ή να αντικατασταθούν. Εάν η διαρροή των αυλών είναι μικρή, και από τα εκτονώματα προσπαθούμε να τη σταματήσουμε με εκτόνωση χρησιμοποιώντας γι' αυτό τα κατάλληλα εκτονωτικά εργαλεία, που υπάρχουν στο πλοίο.

β) Η πωμάτωση των αυλών που παρουσιάζουν διαρροή.

Σε φλογαυλωτούς λέβητες η πωμάτωση των αυλών που παρουσιάζουν διαρροές γίνεται ως εξής:

Αφού πρώτα ψυχθεί ο λέβητας αρκετά, χαμηλώνεται η στάθμη, και στη συνέχεια μπαίνει άνδρας στο φλογοθάλαμο, για να περάσει το παρέμβυσμα, το πώμα και το περικόχλιο στο άκρο της συνδετικής ράβδου (σχ. 16.12α). Το άλλο πώμα τοποθετείται στο άκρο της ράβδου προς τον εξωτερικό καθρέπτη του καπνοθαλάμου. Τα δύο πώματα συσφίγγονται κατόπιν καλά πάνω στα στόμια του αυλού, για να στεγανοποιηθεί ο αυλός.

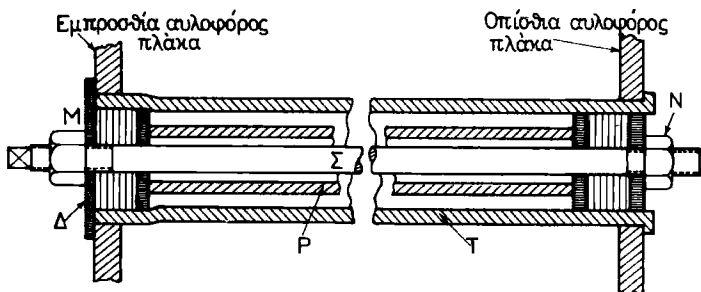
Υπάρχουν σήμερα ειδικά πώματα (πατεντάδες), με τη βοήθεια των οποίων στε-



Σχ. 16.12α.

γανοποιείται ο αυλός, χωρίς να είναι αναγκαίο να μπούμε στο φλογοθάλαμο.

Στο σχήμα 16.12β φαίνεται ένα πώμα αυτού του είδους. Αποτελείται από μία ανθεκτική ράβδο Σ, η οποία διαπερνά τον αυλό Ρ. Αυτός είναι μικρότερης διαμέτρου και μήκους από τον αυλό Τ, τον οποίο πρόκειται να πωματίσουμε. Τέσσερις χαλύβδινοι δίσκοι, ανά δύο σε κάθε άκρο, κλείνουν το όλο σύστημα. Οι τρεις έχουν διάμετρο λίγο μικρότερη από την εσωτερική του αυλού που παρουσιάζει τη διαρροή, ο τέταρτος Δ έχει μεγαλύτερη διάμετρο. Μεταξύ των δίσκων αυτών τοποθετούνται παρεμβύσματα υπό μορφή δίσκων και αυτά, περιοριζόμενα από ένα ή δύο αμιάντινα προς το μέρος της φωτιάς. Προς τα δύο άκρα η ράβδος Σ φέρει σπείρωμα, όπου κοχλιώνονται τα περικόχλια Μ και Ν.



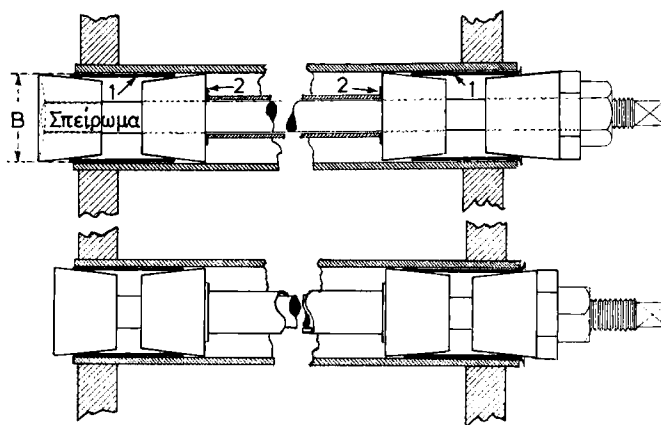
Σχ. 16.12β.

Το όλο σύστημα εισάγεται από το άκρο Μ, μέχρις ότου ο δίσκος Δ ακουμπήσει (πατήσει) πάνω στα χείλια του αυλού Τ. Κατά την κοχλίωση του περικόχλιου Μ συμπιέζονται αρκετά με τους εσωτερικούς δίσκους τα παρεμβύσματα (λόγω της υπάρξεως και του αυλού Ρ), τα οποία έτσι διογκώνονται κατά διάμετρο με αποτέλεσμα την κράτηση της διαρροής.

Άλλη μορφή ειδικού πώματος περισσότερο σε χρήση εικονίζεται στο σχήμα 16.12γ. Αυτό σ' αγγλικά ονομάζεται «All metal tube stopper». Η αρχή πάνω στην οποία βασίζεται, είναι η ίδια με του προηγούμενου, μόνο ότι αντί για δίσκους και παρεμβύσματα χρησιμοποιούνται μεταλλικοί κώνοι και δακτύλιοι από μαλακό μέταλλο.

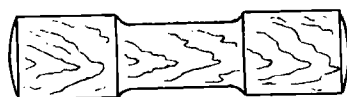
Η πωμάτωση αυλού εν πλω με τα ειδικά αυτά πώματα είναι δυνατή και χωρίς την τέλεια σβέση των πυρών, παρά μόνον του αντίστοιχου κλιβάνου. Πρόχειρη τέλος πωμάτωση είναι δυνατή με πώμα από μαλακό ξύλο (σχ. 16.12δ), το οποίο τοποθετείται στο μέσο του ρήγματος. Τα άκρα του ξύλου διογκώνονται από την υγρασία και μαζί με τα άλατα, τα οποία συγκεντρώνονται τοπικά, κάνουν τον αυλό στεγανό.

Στους υδραυλωτούς λέβητες χρησιμοποιούνται για την πωμάτωση χαλύβδινα πώματα ελαφρώς κωνικά με σπείρωμα με πάρα πολύ μικρό βήμα (σχ. 16.12ε). Τα πώματα αυτά εισάγονται στα άκρα του αυλού που παρουσιάζει διαρροή από το εσωτερικό των συλλεκτών και περιστρέφονται με κλειδιά από την τετραγωνική κεφαλή τους. Κοχλιώνονται έτσι στο εσωτερικό των αυλών. Πραγματοποιείται με αυτό τον τρόπο τέλεια στεγανότητα. Η πίεση του λέβητα συντελεί στη σύσφιγξη των πωμάτων και την εξασφάλιση της στεγανότητάς τους.

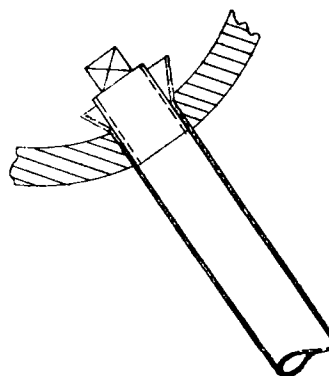


Σχ. 16.12γ.

1) Δακτύλιοι μαλακού μετάλλου. 2) Παράκυκλοι από χαλκό. Β) Διάμετρος των κώνων ίση με την εξωτερική διάμετρο των δακτυλίων.



Σχ. 16.12δ.



Σχ. 16.12ε.

16.13 Επιστροφή φλογών.

Η επιστροφή των φλογών συμβαίνει όταν η πίεση στην εστία υπερβεί στιγμιαία την πίεση του λεβητοστασίου (ή του διπλού περιβλήματος για λέβητες ανοικτού λεβητοστασίου). Οφείλεται σέ:

α) Έκρηξη μίγματος, ατμών καυσίμου ή αερίου με αέρα, στο διπλό περίβλημα ή τους καπνοθαλάμους του λέβητα.

β) Πτώση της πίεσεως του αέρα στο λεβητοστάσιο λόγω κρατήσεως ή επιβραδύνσεως της ταχύτητας των ανεμιστήρων του τεχνητού ελκυσμού, λόγω ανοίγματος θύρας ή καθόδου στά κλειστά λεβητοστάσια και επικοινωνίας τους με την ατμόσφαιρα ή λόγω διαταραχής της ατμόσφαιρας από βολές πυροβολικού ή πτώσεως βομβών κοντά στο πλοίο.

Συνήθως η επιστροφή φλογών συμβαίνει και κατά την αφή των λεβήτων ή κατά

την προσπάθεια επαναφής καυστήρα από θερμή πλινθοδομή και όχι μέσω δάδας (μαλαστούπας).

Η επιστροφή αυτή μπορεί να έχει πάρα πολύ σημαντικά αποτελέσματα. Τα συνηθέστερα είναι σοβαροί τραυματισμοί του προσωπικού και ζημιές στο λέβητα και τα εξαρτήματά του.

Τα ακόλουθα μέτρα πρέπει να παίρνονται για να ελαττωθεί στο ελάχιστο ο κίνδυνος από επιστροφή φλογών:

α) Να αποφεύγεται οπωσδήποτε η συσσώρευση πετρελαίου στην εστία. Οποιαδήποτε ποσότητα πετρελαίου, η οποία συγκεντρώνεται στο δάπεδο της εστίας εν αργία του λέβητα, πρέπει να σφογγίζεται επιμελώς και στη συνέχεια να εκτελείται εντατικός αερισμός της εστίας με τους ανεμιστήρες τεχνητού ελκυσμού.

β) Να γίνεται επιμελής σφόγγιση δαπέδου και προσόψεως του λέβητα από τυχόν πετρέλαια.

γ) Εφόσον είναι σβησμένοι έστω και στιγμιαία όλοι οι καυστήρες λέβητα σε λειτουργία, σε καμιά περίπτωση δέν πρέπει να ανάβεται νέος από τη θερμή εστία αλλά μόνο μέσω της δάδας.

δ) Ο θερμαστής, ο οποίος κρατεί τη δάδα κατά την αφή, πρέπει **να στέκεται μακριά από τον καυστήρα**, ώστε να προστατεύεται σε περίπτωση επιστροφής των φλογών.

ε) Να αποφεύγεται η δημιουργία λευκού καπνού, γιατί σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να δημιουργηθούν εκρηκτικά μίγματα αιθάλης ή αερίων λόγω της μεγάλης περίσσειας αέρα.

Όταν συμβεί επιστροφή φλογών σε κλειστό λεβητοστάσιο πρέπει να αυξηθεί η ταχύτητα των ανεμιστηρίων. Εάν παρουσιασθεί πυρκαϊά ή άλλες ζημιές στο λέβητα, πρέπει τότε να απομονωθεί ο λέβητας.

16.14 Νερό στο πετρέλαιο.

Η παρουσία νερού στο πετρέλαιο οφείλεται κυρίως σε διαρροές των δεξαμενών αποθηκείσεως. Μπορεί όμως αυτό να περιέχεται μέσα στο πετρέλαιο πριν από την αποθήκευσή του στο πλοίο και να έχει εισέλθει μαζί με αυτό κατά την πετρέλευση. Το νερό που περιέχεται στο πετρέλαιο επιδρά δυσμενώς στην καύση, γιατί πρώτον προκαλεί πτυελισμό τής φλόγας ή και σβέση του καυστήρα και δεύτερον εξατμιζόμενο μετατρέπεται σε υπέρθερμο ατμό και στην κατάσταση αυτή εξέρχεται με τα καυσαέρια προς την ατμόσφαιρα. Για τη μετατροπή του όμως αυτή αφαιρεί ορισμένες θερμίδες από αυτές που παράγονται από την καύση και ελαττώνει την ωφέλιμη θερμότητα της εστίας. Επιπλέον συμβάλλει στην οξείδωση των μεταλλικών τεμαχίων του όλου συγκροτήματος αποθηκείσεως - παροχής - καύσεως και των μερών του θερμαντήρα.

Περιοδικά κατά και μετά την παραλαβή πρέπει να ελέγχεται η παρουσία νερού μέσα στο πετρέλαιο. Ο έλεγχος εκτελείται, όταν πρόκειται για μεγάλη ποσότητα περιεχόμενου νερού με καθίζηση, για μικρή δε με χρήση ειδικού χαρτιού που παρέχεται σε λωρίδες. Το χαρτί αυτό αποχρωματίζεται, όταν το πετρέλαιο, στο οποίο θα εμβαπτισθεί, περιέχει νερό.

16.15 Διαρροή πετρελαίου στην εστία.

Η διαρροή πετρελαίου στην εστία μπορεί να προέλθει από:

α) Έμφραξη του προστομίου του καυστήρα, με αποτέλεσμα την ελαττωματική ψέκαση.

β) Απώλεια πετρελαίου από κακή στεγανότητα των καυστήρων που δε βρίσκονται σε λειτουργία.

γ) Αντικανονική θερμοκρασία ή πίεση του πετρελαίου και κακή ρύθμιση εκκυσμού, με αποτέλεσμα την κακή καύση και τη συσσώρευση άκαυστου πετρελαίου στους κώνους και την εστία.

δ) Μεγάλη γωνία ραντίσεως του πετρελαίου, με αποτέλεσμα να προσκρούει αυτό στα τοιχώματα του κώνου, πριν καεί.

ε) Κακή καύση του πετρελαίου γενικά και ιδίως κατά την αφή των πυρών.

Το πετρέλαιο που διαρρέει συσσωρεύεται στο δάπεδο της εστίας και σε δεδομένη στιγμή αναφλέγεται, οπότε μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στο υλικό και το προσωπικό του λεβητοστασίου. Αναπτύσσεται δηλαδή λόγω της απότομης καύσεως μεγάλη πίεση στην εστία, η οποία μπορεί να καταστρέψει το πλινθόκτισμα και τους κώνους, να ωθήσει τίς φλόγες προς το λεβητοστάσιο, να τραυματίσει το προσωπικό και να προκαλέσει πυρκαϊά στο λεβητοστάσιο.

Επιπλέον, αν το δάπεδο της εστίας είναι πλινθόκτιστο και υπάρχουν σε αυτό ρωγμές, το πετρέλαιο διαρρέει από το πλινθόκτισμα και συσσωρεύεται κάτω από αυτό και συχνά και πέρα από αυτό στο κύτος. Για το λόγο αυτό το πλινθόκτισμα πρέπει να ελέγχεται συχνά και να διαπιστώνεται ότι είναι στεγανό.

Μέτρα προληπτικά κατά της διαρροής πετρελαίου στην εστία είναι τα εξής:

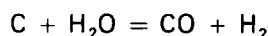
Καλή καύση, καλή ψέκαση, κανονική γωνία ραντίσεως, κανονική θερμοκρασία και πίεση πετρελαίου, καθαροί καυστήρες, στεγανοί διακόπτες καυστήρων, στεγανό δάπεδο της εστίας.

16.16 Σχηματισμός εξανθρακώματος (κώκ) κατά την καύση του πετρελαίου.

Εξανθράκωμα (κώκ) σχηματίζεται συνήθως στο εμπρόσθιο μέρος της εστίας και οφείλεται κυρίως σε χαμηλή θερμοκρασία του πετρελαίου, σε ακάθαρτους καυστήρες, σε μεγάλη γωνία του κώνου ραντίσεως (οπότε το πετρέλαιο προσκρούει στα τοιχώματα του κώνου του αέρα) και τέλος στην ποιότητα του πετρελαίου.

Το κώκ που σχηματίζεται πρέπει να σπάζεται με λοστό, ο οποίος εισάγεται από θυρίδα που βρίσκεται πάνω στον κώνο, και να ωθείται προς τα πίσω της εστίας.

Καλό επίσης αποτέλεσμα επιτυγχάνομε εκτοξεύοντας μαζί με το πετρέλαιο και νερό στο κώκ, οπότε το οξυγόνο του νερού ενώνεται με τον άνθρακα του κώκ και σχηματίζει μονοξείδιο του άνθρακα, ενώ ταυτόχρονα ελευθερώνεται υδρογόνο κατά τη χημική αντίδραση:



Η σκόπιμη αυτή εισαγωγή του νερού στο πετρέλαιο μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια δοχείου νερού το οποίο τοποθετείται στο αναπνευστικό της αντλίας καταθλίψεως του πετρελαίου προς τους καυστήρες.

16.17 Ζημιές στην πλινθοδομή.

Εφόσον κατέπεσε ή αποσπάσθηκε πλίνθος από τη θέση της και γίνει αυτό αντιληπτό, τότε εφόσον είναι δυνατό, ο λέβητας απομονώνεται, διαφορετικά συνεχίζε-

ται η λειτουργία του, δεν ανάβεται όμως ο προς το μέρος της πλίνθου αντίστοιχος καυστήρας.

Πάντως η περιοχή παρακολουθείται συνεχώς και επιμελώς, όσο ο λέβητας βρίσκεται σε λειτουργία και επισκευάζεται η πλινθοδομή σε πρώτη ευκαιρία.

16.18 Δονήσεις στο λέβητα.

Οι δονήσεις είναι κραδασμοί υψηλής μερικές φορές εντάσεως και εμφανίζονται περισσότερο σε υδραυλωτούς λέβητες και σε λέβητες που λειτουργούν με τεχνητό ελκυσμό.

Τα πιθανά αίτιά τους είναι:

α) Παρουσία νερού μέσα στο πετρέλαιο.

β) Έλλειψη επαρκούς αέρα καύσεως.

γ) Παρουσία αέρα στο πετρέλαιο.

δ) Υψηλή θερμοκρασία πετρελαίου.

ε) Παλμική κίνηση του ελασμάτινου περιβλήματος, καπινοθαλάμων και αυχένα του λέβητα.

στ) Συντονισμός της συχνότητας των κυμάτων του αέρα που καταθλίβεται από τους ανεμιστήρες προς τη φυσική συχνότητα της προσόψεως ή του περιβλήματος του λέβητα (οπότε και πρέπει να μεταβληθεί η ταχύτητα κινήσεως του ανεμιστήρα).

Το φαινόμενο αυτό το οποίο αποκαλείται κοινώς «τιράγιο», αντιμετωπίζεται μόνο με εντοπισμό του αιτίου, το οποίο το προκαλεί, και τη λήψη των αναλόγων προς το αίτιο κατασταλτικών μέτρων.

16.19 Διαρροή προθερμαντήρα πετρελαίου.

Οι προθερμαντήρες πετρελαίου είναι συνήθως προθερμαντήρες επιφανειακής μεταδόσεως της θερμότητας με χαλύβδινους αυλούς, συνήθως σχήματος U. Τα άκρα των αυλών εκτονώνονται σε μία αυλοφόρα πλάκα, η οποία καλύπτεται από το πώμα. Το πώμα φέρει στο μέσο διαχωριστικό διάφραγμα. Εσωτερικά των αυλών περνά το πετρέλαιο, ενώ ο ατμός εισέρχεται στο κέλυφος και περιβάλλει τους αυλούς απ' έξω.

Σε άλλο τύπο προθερμαντήρα οι αυλοί εκτονώνονται σε δύο καθρέπτες, όπως στα ψυγεία.

Για να ανακαλύψουμε τυχόν διαφυγή πετρελαίου στον προθερμαντήρα από τους αυλούς προς τον ατμοθάλαμο, πρέπει να παρατηρούμε τα υγρά του προθερμαντήρα, δηλαδή το συμπύκνωμα του ατμού θερμάνσεως. Τα υγρά αυτά συγκεντρώνονται σε ειδικά κιβώτια με γυάλινο δείκτη και οπή παρατηρήσεως. Η τυχόν διαρροή πετρελαίου εμφανίζεται στη στάθμη των υγρών.

Κάθε διαρροή πετρελαίου καταλήγει τελικά με το τροφοδοτικό νερό στο λέβητα και προκαλεί τις γνωστές ανωμαλίες, γι' αυτό και πρέπει καταρχήν να ληφθούν τα εξής μέτρα:

α) Εάν είναι δυνατόν, να αυξηθεί η πίεση του ατμού προθερμάνσεως, ώστε να γίνει μεγαλύτερη από την πίεση του πετρελαίου.

β) Τα υγρά του προθερμαντήρα που διαρρέει να οδηγηθούν προς το κύτος.

γ) Να απομονωθεί ο προθερμαντήρας και να τεθεί σε λειτουργία άλλος ή, άν

δεν υπάρχει, να τροφοδοτηθεί ο λέβητας με θερμό πετρέλαιο από άλλο λεβητοστάσιο, άν υπάρχει στο πλοίο (όπως αυτό συμβαίνει σε πολεμικά πλοία, όπου υπάρχουν περισσότερα από ένα λεβητοστάσια).

Μετά την απομόνωση να υποβληθεί ο προθερμαντήρας σε υδραυλική δοκιμή, με την οποία εντοπίζονται οι αυλοί που διαρρέουν. Για να εντοπίσουμε γρήγορα τους αυλούς που διαρρέουν μπορούμε να ανοίξουμε το πώμα και αφού κλείσουμε το πετρέλαιο, να ανοίξουμε τον ατμόν οπότε παρατηρώντας την πλάκα θα διαπιστώσουμε από πού προέρχεται η διαρροή.

Όλοι οι αυλοί που διαρρέουν και που εντοπίζονται με τον τρόπο αυτό αν διαρρέουν στα εκτονώματα, στεγανοποιούνται με το εκτονωτικό εργαλείο, ενώ αν διαρρέουν από το σώμα του αυλού, πωματίζονται με ειδικά μεταλλικά πώματα.

16.20 Διαρροή αφυπερθερμαντήρα.

Η διαρροή αφυπερθερμαντήρα γίνεται αντιληπτή, όταν ελαττωθούν απότομα σ' ένα λέβητα τα χημικά συστατικά του νερού (αλκαλικότητα), χλωριούχα και εφεδρικό φωσφορικό άλας και αυξηθούν στον άλλο. Η διαρροή συνίσταται σε ελαφρά διαφυγή του νερού του λέβητα, το οποίο είναι εμπλουτισμένο με τα χημικά αντιδραστήρια προς τον αφυπερθερμαντήρα. Ο υγρός ατμός, στον οποίο αιωρούνται τα χημικά αντιδραστήρια, συμπυκνώνεται και επανατροφοδοτεί σχεδόν εξίσου και τους δύο τους λέβητες. Έτσι τα χημικά αντιδραστήρια αφού αφαιρεθούν από τον ένα λέβητα, επανατροφοδοτούν κάθε λέβητα, με αποτέλεσμα αύξηση συγκεντρώσεως χημικών συστατικών στο στεγανό λέβητα και ελάττωση σ' αυτόν που παρουσιάζει τη διαρροή.

Η διαρροή του νερού λόγω πολύ μικρής διαμέτρου οπής στο σωλήνα του αφυπερθερμαντήρα ή κακής στεγανότητας παρενθέματός τους προς τον αφυπερθερμαντήρα δημιουργείται λόγω της διαφοράς πιέσεως των 0,7 - 1,0 bar μεταξύ του ατμοθαλάμου του λέβητα και του υπερθερμαντήρα. Κατά συνέπεια, οι μεταβολές της συγκεντρώσεως των αντιδραστηρίων στους λέβητες είναι σχετικά βραδείες. Έτσι είναι πιθανή η δημιουργία καθαλατώσεων στο λέβητα με τον αφυπερθερμαντήρα που διαρρέει και η δημιουργία αναβράσεων και προβολών στον άλλο.

Πάντως πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη διόρθωση της ανωμαλίας.

Εάν η ανωμαλία προκύψει εν πλω, το πλοίο θα πρέπει αμέσως να ελαττώσει ταχύτητα και να γίνουν αρκετές φορές δοκιμές νερού και των δύο λέβητων. Εάν τα όρια περιεκτικότητας των χημικών αντιδραστηρίων στο λέβητα που παρουσιάζει διαρροή έχουν κατεβεί σε λιγότερο από το μισό των κανονικών, θα πρέπει ο λέβητας να τροφοδοτηθεί με νέες ποσότητες χημικών ουσιών. Εάν οι ενδείξεις στο στεγανό λέβητα είναι πάνω από το διπλάσιο των κανονικών επιθυμητών ορίων, πρέπει να απομονωθεί και να υποστεί εξαγωγή (εξαφρισμό), για να ελαττωθεί το ποσοστό των χημικών αντιδραστηρίων και να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα ανωμαλιών στους υπερθερμαντήρες ή τους στρόβιλους από προβολές.

Μόλις ο στεγανός λέβητας ρυθμισθεί και βρεθεί σε ικανοποιητική κατάσταση, τότε θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία και να απομονωθεί ο λέβητας που παρουσιάζει τη διαρροή. Όταν η πίεση στο λέβητα κατεβεί σε 7 bar ή λιγότερο, γίνεται ταχύτερος υποβιβασμός της πιέσεως μέχρι μηδενισμού της, εκκενούται το μισό της ποσότητας του νερού του λέβητα και ανοίγεται η πάνω ανθρωποθυρίδα. Η

διαρροή, συνήθως, παρουσιάζεται σε απόσταση ενός ως δύο ποδών από το σημείο της εισόδου της σωληνώσεως του αφυπερθεμαντήρα στο κέλυφος του λέβητα. Μερικές φορές το παρένθεμα στην πρώτη σύνδεση έχει καταστραφεί. Αυτό μπορεί γρήγορα να αντικατασταθεί. Συνηθέστερη είναι η διάτρηση του σωλήνα του αφυπερθεμαντήρα και μάλιστα στο σημείο της στάθμης του νερού του ατμο-υδροθαλάμου. Προσωρινή αποκατάσταση της διαρροής αυτής μπορεί να γίνει με υλικό παρενθέματος που συγκρατείται σταθερά στο σημείο της οπής με χαλύβδινη λωρίδα σχήματος U, η οποία εφαρμόζει καλά στην περιφέρεια του σωλήνα και συσφίγγεται με τη βοήθεια κοχλιών. Οι επισκευές αυτές είναι, συνήθως, επιτυχείς λόγω της μικράς διαφοράς πίεσεως (0,7 - 1 bar). Εάν είναι δυνατό, ο αφυπερθεμαντήρας ελέγχεται υδροστατικά τουλάχιστον σε πίεση 3,5 bar πριν από το κλείσιμο και την επαναπλήρωση του λέβητα.

Μετά τις παραπάνω πρόχειρες επισκευές εν πλω, η συγκέντρωση των χημικών αντιδραστηρίων και στους δύο λέβητες θα πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά και να προσαρμοστεί πάλι στα κανονικά επίπεδα.

16.21 Πυρκαϊά στο λεβητοστάσιο. Προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα.

Ο κίνδυνος πυρκαϊάς υπάρχει πάντοτε στους λέβητες και ιδιαίτερα στους πετρελαιολέβητες, λόγω της ευκολίας με την οποία αναφλέγεται το πετρέλαιο. Τα μέτρα που παίρνονται κατά της πυρκαϊάς διακρίνονται σε προληπτικά και κατασταλτικά.

α) Τα προληπτικά μέτρα είναι τα παρακάτω:

1) Το λεβητοστάσιο πρέπει να διατηρείται καθαρό και νά γίνεται επιμελής έλεγχος για διαρροές πετρελαίων και συσσωρεύσή τους κάτω από την εστία. Εάν παρατηρηθεί συσσωρευση πετρελαίων, να εξάγονται με την αντλία κύτους.

2) Να γίνεται περιοδικός και επιμελής έλεγχος των πυροσβεστικών μέσων. Αυτά είναι κάδοι άμμου και πύα, λήψεις, οθόνινοι σωλήνες και ακροσωλήνια θαλάσσιου νερού, λήψεις ατμού πυρκαϊάς και σύστημα ραντίσεως με νερό, πυροσβεστήρες CO₂ φορητοί και μόνιμο δίκτυο κατασβέσεως της πυρκαϊάς με CO₂ και αφρό.

3) Να μη φυλάγονται στο λεβητοστάσιο εύφλεκτα υλικά.

4) Να παρακολουθείται επιμελώς η καλή καύση, ώστε να μη συσσωρεύονται πετρέλαια στην εστία και τους κώνους από καυστήρες που διαρρέουν.

5) Τα ελάσματα, που αποτελούν τον πυθμένα των εστιών και τα πλινθόκτιστα γενικά μέρη τους να διατηρούνται σε καλή κατάσταση, ώστε να υπάρχει βεβαιότητα ότι δεν διαρρέουν πετρέλαια από την εστία προς το κύτος.

6) Όσες φορές επιθεωρείται το εσωτερικό της εστίας, να ελέγχεται η κατάσταση των πλινθόκτιστων μερών της και οι κοχλίες στηρίξεώς τους. Να εξασφαλίζεται ότι δεν έχουν αποκαλυφθεί οι κεφαλές τους και ότι δεν υπάρχουν ρωγμές του πλινθοκτίσματος. Εάν υπάρχουν, να καλύπτονται οι κοχλίες και οι αρμοί ή οι ρωγμές του πλινθοκτίσματος με το αλεξίπυρο επίχρισμα της εστίας.

β) Τα κατασταλτικά μέτρα εξάλλου είναι τα εξής:

1) Σε περίπτωση εμφανίσεως μικρής εστίας πυρκαϊάς χρησιμοποιούμε άμμο ή φορητό πυροσβεστήρα.

2) Σε περίπτωση πυρκαϊάς σε μέρος δυσπρόσιτο, όπου δεν μπορούμε να χρησι-

μποιήσουμε τα παραπάνω μέσα, χρησιμοποιούμε το δίκτυο κατασβέσεως με αφρό, εάν αυτό προβάλλεται μέχρι το σημείο της πυρκαϊάς. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, τότε ρίχνουμε στην πυρά νερό, υπό μορφή ομίχλης με τους σωλήνες. Πάντως δεν πρέπει να λησμονείται ότι το νερό διασπώμενο από την υψηλή θερμοκρασία, πρόσκαιρα θα επαυξήσει την ανάφλεξη από χημικής απόψεως. Επίσης το νερό ως βαρύτερο από το πετρέλαιο χρησιμεύει ως φορέας του και συντελεί στην παραπέρα εξάπλωση της πυρκαϊάς.

3) Σε περίπτωση εξαπλώσεως της πυρκαϊάς, διακόπτουμε την παροχή του αέρα και του πετρελαίου, διώχνουμε όλο το προσωπικό από το λεβητοστάσιο και θέτομε σε λειτουργία το μόνιμο σύστημα ραντίσεως με νερό, κατακλύζομε το διαμέρισμα με ατμό ή αφρό και το κλείνομε τελείως, τοποθετώντας καλύμματα πάνω στις καπνοδόχους και ανεμοδόχους. Παίρνομε τέλος όλα τα δυνατά μέτρα, ώστε να εμποδίσουμε διείσδυση αέρα στο διαμέρισμα.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να λαμβάνεται κατά το άνοιγμα του λεβητοστασίου για δεύτερη φορά, γιατί υπάρχει κίνδυνος λόγω της εισόδου ατμοσφαιρικού αέρα, να αναζωπυρωθεί ξανά η πυρκαϊά εάν δεν έχει κατασβεσθεί τελείως και παραμένουν εστίες της σε ενέργεια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΒΛΑΒΕΣ ΛΕΒΗΤΩΝ – ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

17.1 Γενικά.

Στό κεφάλαιο αυτό θα αναπτύξουμε τις σοβαρότερες από τις βλάβες ή ζημιές, που εμφανίζονται στο υλικό των λεβήτων και τους τρόπους με τους οποίους εκτελούνται οι αντίστοιχες επισκευές τους.

Κατά κανόνα, ως αίτια των βλαβών του υλικού των λεβήτων θεωρούνται η κακή ποιότητα του υλικού και η κακή συντήρηση και χειρισμός του.

α) Κακή ποιότητα υλικού και κατασκευή.

Η περίπτωση βέβαια είναι σπάνια, δεδομένου ότι και η ποιότητα του υλικού και ο τρόπος εκτέλεσης της κατασκευής του προδιαγράφονται σαφώς από τους κανόνες των Νηογνυμώνων, π.χ. του Lloyd's Register of Shipping, του American Bureau of Shipping κλπ. Οι παραπάνω κανόνες περιλαμβάνουν και την εκτέλεση αυστηρών δοκιμών των υλικών που χρησιμοποιούνται και του όλου λέβητα. Μ' αυτούς ελέγχονται και η καλή ποιότητα των υλικών και η καλή εκτέλεση της εργασίας.

β) Κακή συντήρηση και χειρισμός.

- 1) Οι ανομοιόμορφες συστολές-διαστολές του λέβητα, που προέρχονται από τυχόν βιασμένη ή εναλλασσόμενη θέρμανση και ψύξη του, όπως σε περιπτώσεις γρήγορης ατμοποίησης ή απομονώσεώς του.
- 2) Η ύπαρξη αλάτων και ελαιωδών ουσιών μέσα στον υδροθάλαμο, των οποίων η επιβλαβής ενέργεια είναι ήδη γνωστή.
- 3) Η ύπαρξη εκτεταμένων διαβρώσεων, οι οποίες και συνεπάγονται ελαττωμένη αντοχή του υλικού.
- 4) Η υπερθέρμανση του υλικού, η οποία έχει ως συνέπεια την ελάττωση της αντοχής του, και την αλλοίωση των βασικών συστατικών του με πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα μερικές φορές. Το φαινόμενο της υπερθερμάνσεως εμφανίζεται όπως είναι γνωστό κυρίως σε περιπτώσεις πτώσεως της στάθμης του νερού. Εξαιτίας αυτής επέρχεται αποκάλυψη των θερμαινόμενων επιφανειών στις φλόγες και στη συνέχεια ερυθροπύρωση του υλικού ή και κατάκαυσή του, με άμεση μερικές φορές συνέπεια τη διάρρηξή του και την τοπική ή και μεγαλύτερη έκρηξη του λέβητα. Υπερθέρμανση εμφανίζεται επίσης σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες η ροή του θερμαινόμενου ρευστού (νερού ή

ατμού) είναι ανεπαρκής ή η απορρόφηση της χορηγούμενης θερμότητας περιορισμένη. Τότε η θερμότητα παραμένει στο υλικό με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση ή και ερυθροπύρωση του.

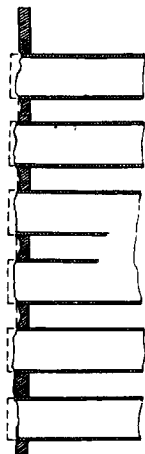
Τονίζεται ότι σε καλά συντηρούμενους και ελεγχόμενους λέβητες, κατά τη λειτουργία τους η εμφάνιση βλαβών είναι ασυνήθης. Στους φλογαυλωτούς λέβητες πάντως οι βλάβες είναι πολυπλοκότερες και ποικίλες, ενώ στους υδραυλωτούς αφορούν βασικά τους αυλούς τους.

Στις επόμενες παραγράφους θα εξετάσομε χωριστά τις πιο συνηθισμένες σοβαρές βλάβες των φλογαυλωτών και των υδραυλωτών λεβήτων. Υπενθυμίζεται ότι μεγάλος αριθμός βοηθητικών λεβήτων είναι φλογαυλωτοί.

17.2 Συνηθέστερες βλάβες φλογαυλωτών λεβήτων.

17.2.1 Ρωγμές στις αυλοφόρες πλάκες και στα χείλια των αυλών. Επισκευή τους.

Η βλάβη αυτή (σχ. 17.2α) οφείλεται, κυρίως, στη μηχανική διάβρωση που προκαλείται από τη δέσμη του υγρού ατμού των φυσητήρων αιθάλης που πέφτει επάνω στις πλάκες και στα χείλια των αυλών.



Σχ. 17.2α.
Φθαρμένος καθρέπτης και χείλια αυλών.

Προς αποκατάσταση της φθοράς, αφαιρούνται οι αυλοί και η επισκευή γίνεται με φρεζάρισμα των χειλιών της ρωγμής αν είναι δυνατό και των δύο άκρων και στη συνέχεια με γόμωση με ηλεκτροσυγκόλληση.

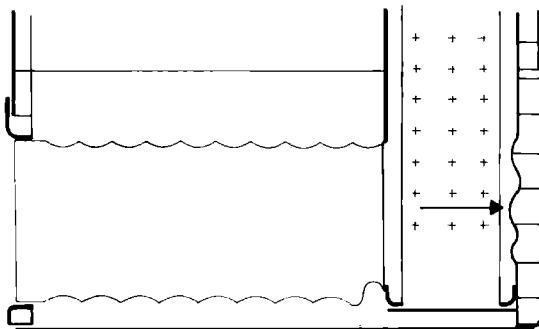
Εφόσον η παραπάνω μέθοδος δεν αποδώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, τοποθετείται επίθεμα (καλύπτρα) εξωτερικά και εσωτερικά ή μερικές φορές μόνο εσωτερικά (δηλαδή από την πλευρά του νερού ώστε η πίεση του νερού να υποβοηθεί τη στεγανότητα) το οποίο καρφώνεται πάνω στην πλάκα. Στην περίπτωση τοποθετήσεως διπλού επιθέματος, οι τοποθετούμενοι αυλοί πρέπει να είναι μακρότεροι κατά το πάχος του εξωτερικού επιθέματος.

Αν η φθορά είναι μεγάλη, τότε θα αντικατασταθεί το φθαρμένο τμήμα της αυλοφόρου πλάκας. Οι αυλοί αντικαθίστανται όταν τα χείλια τους έχουν υποστεί φθορά μέχρι την πλάκα.

Όμοια είναι η επισκευή πλακών και ενδετών ή συνδετών στα σημεία όπου ενδέτες ή συνδέτες ενώνονται με τις πλάκες ή και τα άλλα ελάσματα του λέβητα.

17.2.2 Κάκωση ελασμάτων φλογοθαλάμων στο απέναντι από τους καυστήρες τμήμα τους.

Λόγω μεγαλύτερης από την κανονική πίεση πετρελαίου στους καυστήρες, παρουσιάζεται μερικές φορές κάκωση των ελασμάτων των φλογοθαλάμων στο απέναντι από αυτούς τμήμα (σχ. 17.2β).



Σχ. 17.2β.

Κάκωση του απέναντι από τον καυστήρα ελάσματος.

Η κάκωση μπορεί να συνίσταται σε ελάττωση του πάχους του ελάσματος και στρέβλωσή του. Εκτελείται δοκιμή της αντοχής του ελάσματος με ειδικό όργανο και, εφόσον δεν αποβεί ικανοποιητική, εκτελείται επισκευή.

Η επισκευή στην προκειμένη περίπτωση συνίσταται σε αποκοπή του τμήματος που παρουσίασε βλάβη, κατάλληλη προετοιμασία των ακμών (φρεζάρισμα 60°) και στη συνέχεια ηλεκτροσυγκόλληση του νέου τεμαχίου.

Η συγκόλληση πρέπει να γίνει με επιμέλεια, γιατί γίνεται μόνο από τη μία πλευρά, δηλαδή εσωτερικά του φλογοθάλαμου (λόγω αδυναμίας εισόδου στο μεταξύ αυτού και του εξωτερικού περιβλήματος χώρο του λέβητα). Δεδομένου ακόμη ότι σ' εκείνο το τμήμα υπάρχουν ενδέτες, κατά την αντικατάσταση του ελάσματος αντικαθίστανται απαραίτητα και οι αντίστοιχοι ενδέτες.

17.2.3 Φθορά ενδετών-συνδετών και αυλοστηριγμάτων.

Η φθορά των ενδετών-συνδετών και αυλοστηριγμάτων στα σημεία που εισέρχονται μέσα στο έλασμα του λέβητα, είναι συνήθης. Η φθορά αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για την αντοχή του λέβητα κυρίως στα αυλοστηρίγματα και τους ενδέτες, όσοι υπόκεινται σε υψηλές θερμοκρασίες. Και αυτό γιατί σε μειωμένη αντοχή, λόγω σμικρύνσεως της διαμέτρου του ενδέτη, προστίθενται οι κοπώσεις από διαστολές και συστολές λόγω αυξομειώσεως των θερμοκρασιών. Σημειώνεται ότι η αντοχή των ενδετών μεταβάλλεται αντίστροφα προς το τετράγωνο της διαμέτρου του ενδέτη.

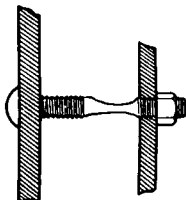
Τα αυλοστηρίγματα εμφανίζουν συχνά βαθιές διαβρώσεις ή ευλογιάσεις. Οι ευλογιάσεις έστω και αν είναι μικρές, εφόσον είναι βαθιές, επιβάλλουν την αντικατάσταση του αυλοστηρίγματος. Αν τα αυλοστηρίγματα έχουν διαβρωθεί σε σημείο, που δεν επιτρέπει την εξακρίβωση του ποσοστού φθοράς τους, πρέπει και στην περίπτωση αυτή να αντικαθίστανται.

Οι φθαρμένοι ενδέτες-συνδέτες (σχ. 17.2γ) και αυλοστηρίγματα αντικαθίστανται, κατά κανόνα, με καινούργιους. Οι σπές των ελασμάτων κελύφους και φλογοθαλάμου ή καθρεπτών ανάλογα με την περίπτωση φέρουν, όπως είναι γνωστό, σπείρωμα. Κατά την αφαίρεση του ενδέτη πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή να μην προξενηθεί βλάβη στο σπείρωμα, γιατί σε αντίθετη περίπτωση καθίσταται δυσχερέστατη η αποφυγή διαρροής μετά την τοποθέτηση του νέου ενδέτη.

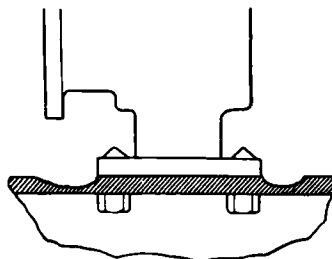
Μετά την αφαίρεση των ενδετών **κτενίζομε**, δηλαδή επισκευάζομε το σπείρωμα με κοχλιοτομέα (κολαούζο), του οποίου το μήκος περιλαμβάνει και τα δυο ελάσματα, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η ταυτόχρονη στο ίδιο βήμα κοπή του σπείρωματος.

Στην περίπτωση συνδετών και αυλοστηριγμάτων χρησιμοποιούμε δύο κοχλιοτομείς (κολαούζα) προσαρμοσμένους σε ράβδο στην απόσταση των ελασμάτων προσόψεως πυθμένα του λέβητα ή αντίστοιχα στην απόσταση των πλακών και ρυθμισμένους στον τόρνο έτσι, ώστε τα βήματά τους να αποτελούν συνέχεια το ένα του άλλου. Αυτό γίνεται με σκοπό το κτένισμα των σπειρωμάτων των ελασμάτων ή των πλακών να γίνεται ταυτόχρονα από τους δύο κοχλιοτομείς και τα σπείρωμα να αποτελούν ενιαίο σπείρωμα. Αν δεν γίνει αυτό, τα σπείρωμα του συνδέτη ή του αυλοστηριγματος που είναι κομμένα στον τόρνο σε συνέχεια μεταξύ τους δε θα ταιριάσουν με τα σπείρωμα των ελασμάτων ή των πλακών και δε θα έχουμε στεγανότητα στα σημεία συμβολής μεταξύ τους.

Μετά την τοποθέτηση του ενδέτη-συνδέτη ή αυλοστηριγματος προβαίνομε στη διάναξη της πλάκας γύρω του (καλαφάτισμα) και τοποθετούμε περικόχλιο.



Σχ. 17.2γ.
Φθαρμένος ενδέτης.



Σχ. 17.2δ.
Φθορά κελύφους λέβητα λόγω ελαττωματικής ενώσεως.

17.2.4 Φθορά περιβλήματος λόγω ελαττωματικής ενώσεως.

Ο λέβητας, όπως είναι γνωστό, για να ελαττώνονται οι απώλειες από ακτινοβολία, είναι καλυμμένος με μονωτική επένδυση. Αν η μόνωση αυτή διαβραχεί και εμποτισθεί από διαρροές σωληνώσεων τότε το περίβλημα του λέβητα θα διαβρωθεί. Για να αποφευχθεί αυτό η μονωτική επένδυση καλύπτεται εξωτερικά με κοινά χαλύβδινα ή ανοξείδωτα ελάσματα με μικρό πάχος.

Η παραπάνω λύση δεν περιλαμβάνει όμως την περίπτωση, κατά την οποία διαρρέουν οι λαιμοί των διαφόρων επιστομιών και συνδέσμων πάνω στους θάλαμους και συλλέκτες του λέβητα ή οι ενώσεις (τσόντες) των επιστομιών. Τότε το νερό που διαρρέει παραμένει μεταξύ λαιμού, ελάσματος περιβλήματος και μονώσεως και διαβρώνει τους λαιμούς μέχρι διατρήσεως. Η φθορά αυτή (σχ. 17.2δ) επι-

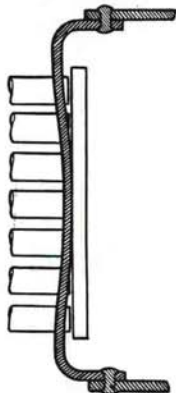
σκευάζεται με αναγόμενη του υλικού, αφού αφαιρεθεί το επιστόμιο ή ό,τι άλλο έχει προσαρμοσθεί στο περίβλημα του λέβητα.

17.2.5 Κάμψη ελασμάτων ουρανού φλογοθάλαμου. Αντικατάσταση τμημάτων του φλογοθάλαμου.

Η συσσώρευση καθαλατώσεων πάνω στους φλογαυλούς έχει ως αποτέλεσμα τη μη κανονική μετάδοση της θερμότητας με επακόλουθο την υπερθέρμανση των αυλών και των αυλοστηριγμάτων. Λόγω του ευθέως σχήματος των αυλών και των αυλοστηριγμάτων, η υπερθέρμανση έχει ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη διαστολή τους. Οι υψηλές θερμοκρασίες, στις οποίες υπόκειται η πίσω αυλοφόρος πλάκα (καθρέπτης), σε συνδυασμό με την υπέρμετρη διαστολή έχουν ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση του καθρέπτη.

Η επισκευή, σε περίπτωση παραμορφώσεως του καθρέπτη του φλογοθάλαμου, επιτυγχάνεται κατά την αντικατάσταση των αυλών του λέβητα με αφαίρεση των αυλών και των αυλοστηριγμάτων.

Η εύθυνση της πλάκας γίνεται όπως εικονίζεται στο σχήμα 17.2ε, με θέρμανση του ελάσματος με φλόγα οξυγόνου και με τη βοήθεια *γρούλων* και σιδερένιων δοκών, πάνω στις οποίες στερεώνεται το έλασμα. Πάνω στις σιδερένιες δοκούς ανοίγονται οπές κατά διαστήματα, για να γίνει δυνατή η σύσφιξη τους με την αυλοφόρο πλάκα και η επαναφορά της στο αρχικό επίπεδο σχήμα.



Σχ. 17.2ε.

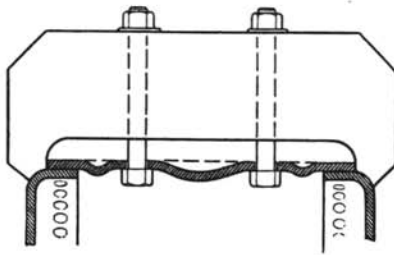
Παραμορφωμένος καθρέπτης φλογοθάλαμου.

Ανάλογη είναι η επισκευή και των άλλων ελασμάτων του φλογοθάλαμου.

Ο ουρανός του φλογοθάλαμου παραμορφώνεται και φθείρεται από:

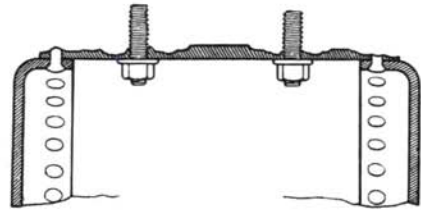
- Ανεπαρκή ψύξη λόγω ελλείψεως νερού (πτώση της στάθμης του λέβητα και αποκάλυψη του ουρανού).
- Συσσώρευση καθαλατώσεων και ιλύος (οι δυσθερμαγωγές αυτές ουσίες εμποδίζουν την κανονική μετάδοση της θερμότητας).

Όταν το έλασμα του ουρανού του φλογοθάλαμου υπερθερμανθεί, δημιουργούνται σ' αυτόν κοιλώματα (σχ. 17.2στ), για την επισκευή των οποίων πρέπει να αφαιρεθεί όλο το ελασμάτινο τμήμα, το οποίο έχει υποστεί βλάβη και να αντικατασταθεί με καινούργιο. Ομοίως και όταν το έλασμα του ουρανού του φλογοθάλαμου παρουσιάσει φθορές (σχ. 17.2ζ). Το νέο αυτό έλασμα είναι μεγάλων διαστάσεων και κατ' ανάγκη δημιουργείται από τη σύνδεση 2 τεμαχίων, τα οποία εισάγονται από τον κλίβανο και τα οποία στη συνέχεια συγκολλώνται. Η κάρφωση του



Σχ. 17.2στ.

Παραμορφωμένος ουρανός φλογοθάλαμου
εξαπίας υπερθερμάνσεως.



Σχ. 17.2ζ.

Φθαρμένος ουρανός φλογοθάλαμου.

ελάσματος γίνεται τελευταία.

Σε περιπτώσεις αντικαταστάσεως τμημάτων των ελασμάτων του φλογοθάλαμου, ακολουθείται η μέθοδος που περιγράφεται στην παράγραφο 17.2.2.

17.2.6 Εκτεταμένη διαρροή στις ραφές. Τρόπος επισκευής.

Αν ο λέβητας παραμένει χωρίς νερό (περίπτωση χαμηλής στάθμης υδροθάλαμου), είναι δυνατό να παρουσιασθεί εκτεταμένη διαρροή στις ραφές του.

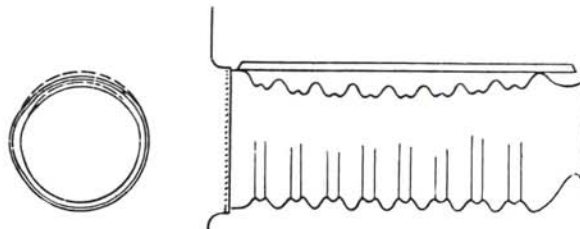
Σε περίπτωση καρφωτού λέβητα, ο καλύτερος τρόπος επισκευής είναι η διάναξη των ραφών. Αν αυτό δεν είναι εφικτό ή αποτελεσματικό ή αν ο λέβητας είναι συγκολλητός, τότε ηλεκτροσυγκολλώνται οι ραφές και τα κοινωμάτια (καρφιά).

17.2.7 Πτώση κλιβάνου. Έλεγχος της πτώσεως και άλλες βλάβες των κλιβάνων.

Η πτώση και οι παραμορφώσεις του κλιβάνου είναι πάντοτε αποτέλεσμα υπερθερμάνσεων. Η υπερθέρμανση οφείλεται στην παρεμβολή καθαλατώσεων, ιλύος ή ελαιωδών ουσιών μεταξύ θερμαινόμενης επιφάνειας και νερού.

Όταν συμβεί πτώση της ανώτερης επιφάνειας του κλιβάνου (σχ. 17.2η) καταρχήν ελέγχουμε το μέγεθος της πτώσεως με τη βοήθεια κανόνα ή νήματος και, αν δεν υπερβαίνει τα 25 mm, δεν εκτελούμε επισκευή. Αν είναι μεγαλύτερη, τότε επαναφέρουμε τον κλιβάνο στην αρχική περίπου μορφή του κατά την εξής μέθοδο:

Τοποθετούμε κάτω από τις κυματώσεις του κλιβάνου και μεταξύ αυτών και του κελύφους κατάλληλα εφαρμοστά ξύλινα ή ορειχάλκινα τεμάχια (κόντρα) σχήματος αντίστοιχου προς τις κυματώσεις. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε ανυψωτήρα (γρύλο) στο εσωτερικό του κλιβάνου. Ο ανυψωτήρας στηριζόμενος στο κάτω μέρος προκαλεί προοδευτικά την ανύψωση του τμήματος του κλιβάνου που παραμορφώ-



Σχ. 17.2η.

Έλεγχος κλιβάνου για παραμόρφωση.

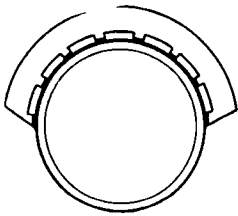
θηκε. Η εργασία υποβοηθείται με ελαφριά θέρμανση του επάνω μέρους με φλόγα οξυγόνου. Η παραπάνω εργασία επιτρέπεται να γίνεται μία μόνο φορά, και αν το φαινόμενο της πτώσεως παρουσιασθεί πάλι, ο κλίβανος πρέπει να αντικαθίσταται.

Αν η πώση είναι μεγάλης εκτάσεως και δεν είναι δυνατή η ανύψωση του κλιβάνου, τότε για να παρατείνουμε τη χρησιμοποίησή του, αντιστρέφουμε τον κλίβανο (τουμπάρισμα κλιβάνου), εφόσον η μορφή του κλιβάνου το επιτρέπει, ή αλλιώς τον αντικαθιστούμε με καινούργιο.

Σε περιπτώσεις επισκευής ή επαναφοράς κλιβάνου λόγω πτώσεως ή εσωκοιλώματος, τοποθετούμε στο εξωτερικό του στεφάνη από έλασμα (σχ. 17.20). Για την καλύτερη δυνατή ενίσχυση του ελάσματος που παραμορφώθηκε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και περισσότερες από μια στεφάνη σε όλη την περίμετρο ή τοπικά μόνο στο σημείο της επισκευής.

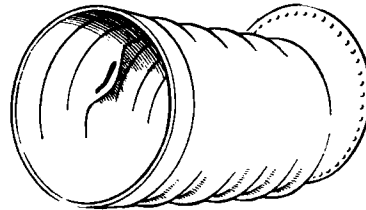
Η ελασμάτινη στεφάνη τοποθετείται σε δύο ή τρία τεμάχια λόγω του δυσπρόσιτου του χώρου και προετοιμάζεται για συγκόλληση με τη συνήθη μέθοδο.

Τοπικά εσωκοιλώματα των κλιβάνων οφείλονται σε τοπική συσσώρευση δυσθερμαγωγού ουσίας (καθαλατώσεις, ιλύς, λάδια), οπότε λόγω της μη κανονικής μεταδόσεως της θερμότητας, το έλασμα υπερθερμαίνεται και παραμορφώνεται τοπικά.



Σχ. 17.20.

Ενίσχυση κλιβάνου με στεφάνη.



Σχ. 17.21.

Τοπικό εσωκοίλωμα κλιβάνου.

Για την επισκευή τοπικού εσωκοιλώματος σε κλίβανο (σχ. 17.21) κατασκευάζουμε κατάλληλο ορειχάλκινο τμήμα στο χυτήριο με βάση τις κυματώσεις του κλιβάνου και το τοποθετούμε στο σημείο του κοιλώματος. Με ισχυρό ανυψωτήρα (γρύλο) και ελαφριά ερυθροπύρωση με φλόγα οξυγόνου επαναφέρουμε το υλικό στην προηγούμενη θέση του. Για να διευκολυνθεί η επαναφορά, το έλασμα τρυπάται με οξυγόνο στην κορυφή του εσωκοιλώματος σε τρόπο, ώστε να μεταδίδεται καλύτερα η θερμότητα της φλόγας του οξυγόνου. Μετά την επαναφορά η οπή συγκολλάται.

Το ποσοστό επιτυχούς επαναφοράς με τη μέθοδο αυτή ανέρχεται σε 80% περίπου.

Άλλη μέθοδος επισκευής είναι η ολοσχερής αποκοπή του εσωκοιλώματος με φλόγα οξυγόνου και η ηλεκτροσυγκόλληση νέου τμήματος.

17.3 Βλάβες υδραυλικών λεβήτων.

Οι βλάβες των υδραυλικών λεβήτων, όπως είπαμε αφορούν κυρίως το υλικό των αυλών και των θαλάμων. Επομένως η αποκατάστασή τους συνοψίζεται βασι-

κά στην αντικατάσταση των αυλών που έπαθαν βλάβη με καινούργιους. Γι' αυτό στην παράγραφο αυτή θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στον παράγοντα **διάγνωση του αιτίου που προκάλεσε τη βλάβη**, ο οποίος είναι και ο σοβαρότερος.

Ειδικότερα για τους θαλάμους, οι οποίοι όπως άλλωστε και οι αυλοί κατασκευάζονται από ειδικά κράματα χάλυβα και οι οποίοι εργάζονται σε πολύ υψηλές πιέσεις, πρέπει κατά κανόνα να αποφεύγονται οι οποιασδήποτε μορφής επισκευές με ηλεκτροσυγκόλληση. Αυτό επιβάλλεται, γιατί η τοπική ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργεί γύρω από το σημείο της επισκευής συγκέντρωση τάσεων στο υλικό. Οι παραπάνω τάσεις, σε συνδυασμό με τις κοπώσεις από την πίεση του λέβητα, μπορούν να προκαλέσουν διαρροές ή ρωγμές ή ακόμη και μεγαλύτερης εκτάσεως ζημιά του θαλάμου και του όλου λέβητα.

Για τους λόγους αυτούς και όταν αυτό επιτρέπεται από το νηογνώμονα, σε περιπτώσεις ικανής εκτάσεως επισκευών με ηλεκτροσυγκόλληση, εκτελείται απαραίτητα κατόπιν απόφαση του θαλάμου και εμπεριστατωμένη εξέταση με ακτίνες Χ, εξέταση του τμήματος που ηλεκτροσυγκολλήθηκε και του γειτονικού υλικού, προτού ο θάλαμος τεθεί ξανά σε λειτουργία, όπως αναφέρεται λεπτομερέστερα στην παράγραφο 19.6.

α) Διάβρωση θαλάμων.

Η διάβρωση των θαλάμων έχει, συνήθως, ως αποτέλεσμα τη γενική ελάττωση του πάχους τους και τη διάτρηση στη συνέχεια. Οφείλεται κατά κανόνα, η εξωτερική σε παραμονή υγρασίας μεταξύ του μετάλλου του θαλάμου και της μονώσεώς του, ενώ η εσωτερική σε ηλεκτρολυτική ενέργεια και παρουσία οξέων στο νερό του λέβητα.

β) Βλάβες εξωτερικής επιφάνειας υδραυλών.

1) Περιφερειακό αυλάκι.

Ο παραπάνω όρος χρησιμοποιείται, όταν παρατηρείται απώλεια μετάλλου κατά περιφερειακές δέσμες ή λωρίδες, και όχι σε περιπτώσεις εντοπισμένων ευλογιάσεων, κρατήρων ή στενών σχισμών.

Γενικά εξωτερικές αυλακώσεις παρατηρούνται στα άκρα, προς τους συλλέκτες των οριζοντίων αυλών και στους αυλούς των υπερθερμαντήρων. Συνήθως οφείλονται σε διαρροή νερού από τις έδρες των υπερκειμένων αυλών. Το νερό στην περίπτωση αυτή πέφτει επάνω στο συλλέκτη ή τον αυλό και το διαβρώνει. Η αιθάλη και άλλα συστατικά τέφρας τείνουν να αυξήσουν το αποτέλεσμα του νερού. Τυπικό παράδειγμα περιφερειακών αυλακώσεων εικονίζεται στο σχήμα 17.3α.

Αν ο λέβητας δε λειτουργεί και δεν έχει τοποθετηθεί το κάλυμμα της καπνοδόχου, τότε η εισερχόμενη ατμοσφαιρική υγρασία θα δημιουργήσει αυλακώσεις στις ρίζες των αυλών.

Μεγάλες ποσότητες νερού, το οποίο λιμνάζει μεταξύ του υδροσυλλέκτη και του περιβλήματος του λέβητα (όπως σε περιπτώσεις σοβαρών διαρροών των οικονομητήρων), μπορεί να προκαλέσουν γενικές αυλακώσεις στις ρίζες των ατμογόνων αυλών της πίσω σειράς (σχ. 17.3β).

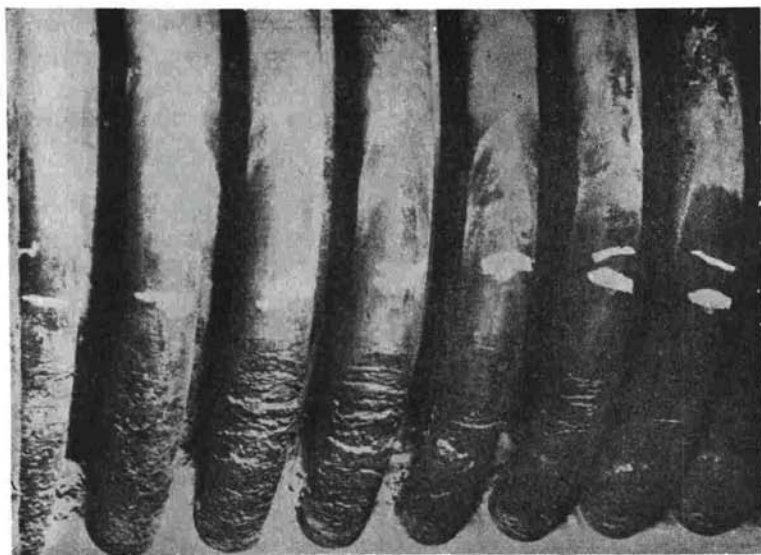
2) Γενική εξωτερική ελάττωση του πάχους.

Ο τύπος της βλάβης αυτής πάνω στην εξωτερική επιφάνεια των αυλών συνίσταται σε ομοιόμορφη απώλεια μετάλλου μεγάλης σχετικά εκτάσεως. Διάβρωση από



Σχ. 17.3α.

Αυλάκωση εξωτερικά του αυλού 1".



Σχ. 17.3β.

Γενική φθορά υπό μορφή αυλακιών.

Αίτιο: Αιθάλη στις ρίζες των αυλών ή νερό λιμνάζει μεταξύ υδροσυλλέκτη και περιβλήματος.

αιθάλη είναι η περισσότερο χαρακτηριστική μορφή της.

Τα άκρα των αυλών εμβαπτισμένα σε υγρή αιθάλη φθείρονται σιγά-σιγά από τις όξινες ενώσεις. Ιδιαίτερα ευαίσθητα σ' αυτή τη βλάβη είναι τα άκρα των αυλών των υπερθερμαντήρων μεταξύ των συλλεκτών και των στεγανών πλακών, τα άκρα των υδροθαλάμων των ατμογόνων αυλών και οι καμπύλες των αυλών του οικονομητήρα.

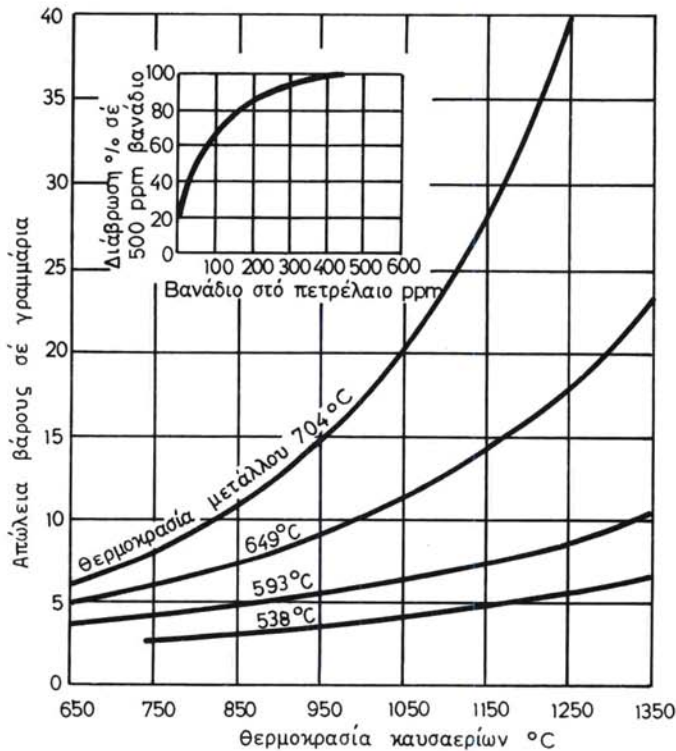
Μία γενική εξάλλου απώλεια μετάλλου της εξωτερικής πλευράς είναι δυνατό να προκληθεί από το συνδυασμό των εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών των αυλών και της υπέρξεως βαναδίου στο πετρέλαιο. Οι βαναδιούχες ενώσεις μπορούν σε υψηλές θερμοκρασίες να προκαλέσουν πολύ γρήγορη οξειδωση του μετάλλου.

Στο σχήμα 17.3γ εικονίζεται αυλός υπερθερμαντήρα από ανοξειδωτο χάλυβα που καταστράφηκε από την παραπάνω αιτία. Το άκρο του αυλού παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απώλεια μετάλλου.



Σχ. 17.3γ.

Βλάβη αυλού εξωτερικώς από τέφρα και σκουριά.
Αίτιο: Ύπαρξη βαναδίου σε καύσιμο και υψηλές θερμοκρασίες.



Σχ. 17.36.

Επίδραση θερμοκρασιών καυσαερίων και μετάλλου στη διάβρωση.

Στο σχήμα 17.36 φαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, του μετάλλου και της περιεκτικότητας σε βανάδιο του πετρελαίου στη διάβρωση.

3) Κατάκαυση αυλού.

Κατάκαυση αυλού παρατηρείται σε περιπτώσεις ελαττωμένης κυκλοφορίας εσωτερικά του αυλού με συνέπεια την υπερθέρμανση, ερυθροπύρωση και τελικά καύση του υλικού του αυλού.

Εξαιρετικά βαριά καθαλάτωση δυνατό να δημιουργήσει κατάκαυση αυλού, αλλά

γενικά η σοβαρή κατάκαυση είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας του λέβητα με τους αυλούς κενούς από νερό ή ατμό.

Στο σχήμα 17.3ε εικονίζονται τα αποτελέσματα κατακάυσεως αυλού.



Σχ. 17.3ε.

Εξωτερική κατάκαυση αυλού.

Αίτιο: Μείωση μεταδιδόμενης θερμότητας λόγω καθαλατώσεων ή λειτουργία λέβητα χωρίς νερό.



Σχ. 17.3στ

Εσωτερική ψωρίαση ατμογόνου αυλού.

Αίτιο: Διαλυμένο οξυγόνο ή ηλεκτρολυτική προσβολή.

γ) Βλάβες εσωτερικής επιφάνειας αυλών (επιφάνεια νερού).

1) Εντοπισμένες ευλογιάσεις.

Ο παραπάνω όρος χαρακτηρίζει τις διασπαρμένες ευλογιάσεις πάνω στην εσωτερική επιφάνεια ενός αυλού.

Οι ευλογιάσεις πάνω στην εσωτερική επιφάνεια των αυλών υπερθερμαντήρων είναι κατακόρυφες, καθαρές και πορφυρού χρώματος, ενώ οι ευλογιάσεις στους ατμογόνους αυλούς έχουν κωνική μορφή. Ευλογιάσεις σε ενέργεια, του τελευταίου τύπου, παρουσιάζουν σκληρή ψωρίαση από μαύρη καθαλάτωση οξειδίου μαγνητικού σιδήρου.

Ευλογιάσεις του ίδιου τύπου, όχι όμως σε ενέργεια, δυνατό να μη έχουν ψωρίαση και να είναι καλυμμένες με φυσική ιλύ κόκκινου ή τριφρού χρώματος. Οι ευλογιάσεις αυτές οφείλονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό σε διάβρωση από διαλυμένο οξυγόνο.

Παράδειγμα ευλογιάσεως παριστάνεται στο σχήμα 17.3στ.

2) Ρωγμές από θρυμματισμό της δομής του χάλυβα.

Ρωγμές αυτής της μορφής είναι σπάνια ορατές με γυμνό μάτι, εκτός αν καταλήγουν σε σοβαρή θραύση στο υπό πίεση τμήμα.

3) Εσωτερική κατάκαυση.

Είναι το αποτέλεσμα δημιουργίας θερμοκρασίας μεγαλύτερης από 400° για απλούς αυλούς από ανθρακούχο χάλυβα και 540°C για αυλούς υπερθερμαντήρων από ειδικά κράματα. Η εσωτερική κατάκαυση έχει ως αποτέλεσμα την οξείδωση της εσωτερικής επιφάνειας του αυλού σε στιλπνό μελανό μαγνητικό οξείδιο του σιδήρου. Εμφανίζεται είτε κάτω από εσωτερικά κατάλοιπα είτε σε ακάθαρτες αλλά και καθαρές εσωτερικές επιφάνειες.

Η έκταση της κατακαύσεως εξαρτάται από το βαθμό της υπερθερμάνσεως. Τυπικό παράδειγμα εσωτερικής κατακαύσεως φαίνεται στο σχήμα 17.3ζ.



Σχ. 17.3ζ.

Οξείδια υψηλής θερμοκρασίας εσωτερικά του αυλού. Παρουσία μέλανος μαγνητικού οξειδίου του σιδήρου κατά την οξείδωση είναι ένδειξη ότι δημιουργήθηκαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 400°C για αυλούς ανθρακούχου χάλυβα και 540°C για αυλούς από χαλυβοκράματα. Αίτιο: Υπερθέρμανση του αυλού.

4) Διάρρηξη αυλού με λεπτά χείλη.

Ο τύπος αυτός της διάρρηξης (σχ. 17.3η) είναι ο περισσότερο εντυπωσιακός και συνηθισμένος τύπος παραμορφώσεως αυλού. Μοιάζει με σπασμένη φυσαλίδα και τα ανοιγμένα χείλια του αυλού είναι ομοιόμορφα κωνικά με λεπτά άκρα, χωρίς τεκμήρια ρωγμής ή ακανόνιστου σχίσματος του μετάλλου.

Πραγματικές διάρρηξεις με λεπτά χείλια παρατηρούνται σε αυλούς οικονομητήρων, ατμογόνους αυλούς και σε πολύ μικρότερη έκταση, σε αυλούς υπερθερμαντήρων. Αυτές αποτελούν ένδειξη ότι η ροή νερού ή ατμού είναι ανεπαρκής, για να απορροφήσει τη θερμότητα της εξωτερικής επιφάνειας του αυλού, με αποτέλεσμα

**Σχ. 17.3η.**

Κρατήρας σπασμένου αυλού με λεπτά χείλια.
Αίτιο: Ανεπαρκές νερό ή ατμός ψύξεως λόγω: α) Μερικής εμφράξεως. β) Απότομης πτώσεως στάθμης λέβητα. γ) Στασίμων καυσαερίων. δ) Πυρκαϊάς λόγω καταλοίπων αιθάλης. ε) Υπερβολικού βαθμού καύσεως κατά τους χειρισμούς.

το μέταλλο του αυλού να μαλακώσει και να ρευστοποιηθεί υπό την πίεση του λέβητα πριν από τη διάρρηξη.

Η μερική εμφράξη του αυλού είναι επίσης ένα αίτιο αυτού του είδους μορφής διαρρήξεως. Επίσης η αιφνίδια πώση της στάθμης του νερού.

Η αδυναμία απορροφήσεως της παρεχόμενης θερμότητας ενδεχομένως να προέρχεται και από πυρκαϊά από στάσιμα καυσαέρια που δημιουργούνται λόγω καταλοίπων αιθάλης, λόγω διακοπής της ροής ή άλλων ιδιαιτέρων κυκλοφοριακών αιτιών, που σχετίζονται με τις συνθήκες χειρισμού. Σχετικά υψηλό ποσοστό αυτών των διαρρήξεων, όταν παρατηρείται στους αυλούς των εσωτερικών σειρών χωρίς αντίστοιχη διάρρηξη των αυλών των εξωτερικών σειρών, ενισχύει τις πιθανότητες των παραπάνω αιτιών.

Πυρκαϊές αιθάλης είναι συνηθισμένη αιτία **διαρρήξεως με λεπτά χείλια**, στους αυλούς οικονομητήρων και είναι δυνατό να συμβούν και σε σβησμένους λέβητες.

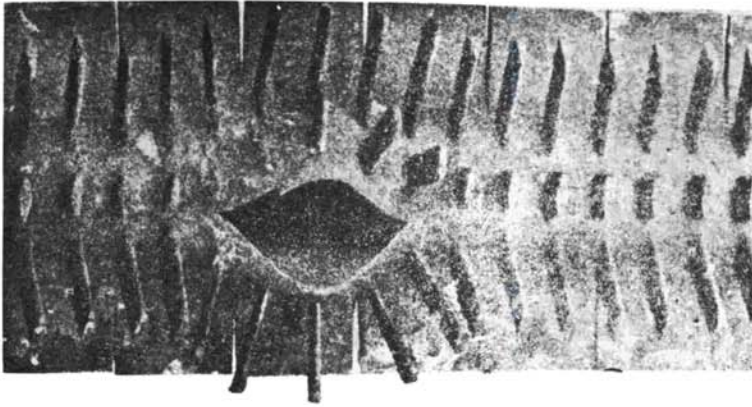
Σοβαρή τέλος αύξηση του βαθμού καύσεως κατά τη διάρκεια χειρισμών δημιουργεί τον ίδιο τύπο διαρρήξεως στους αυλούς των υπερθερμαντήρων, αν και η παχιών χειλιών διάρρηξη είναι πλέον κοινή στους παραπάνω αυλούς.

Στο σχήμα 17.3η παριστάνεται μία τυπική μορφή διαρρήξεως ατμογόνου αυλού, ενώ το σχήμα 17.3θ παριστάνει διάρρηξη της ίδιας μορφής σε αυλό οικονομητήρα.

5) Διάρρηξη αυλού με παχιά χείλια.

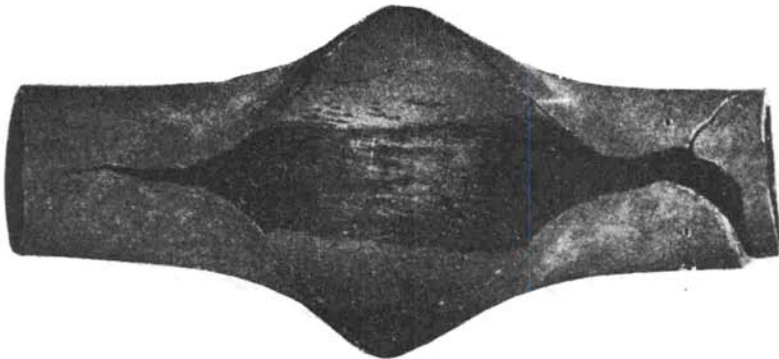
Αυτή μοιάζει με τη διάρρηξη των λεπτών χειλιών με τη διαφορά ότι τα άκρα των χειλιών είναι παχιά και μερικές φορές ανώμαλά

Αυτού του είδους οι εκρήξεις σε αυλούς από μαλακό χάλυβα είναι ένδειξη ότι το μέταλλο σχίσθηκε προτού ρευστοποιηθεί, λόγω απώλειας της αντοχής του. Αυτό μπορεί να προέρχεται από αιφνίδια απώλεια της συγκολλητικής δυνάμεως του ή από παρατεταμένη μέτρια υπερθέρμανση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη ρωγμή λόγω υποχωρήσεως και διογκώσεως του μετάλλου. Μία τυπική διάρρηξη παχιών χειλιών εικονίζεται στο σχήμα 17.3ι.



Σχ. 17.30.

Κρατήρας σπασμένου αυλού οικονομητήρα με λεπτά χείλια.
Αίτιο: Πυρκαϊά λόγω καταλοίπων αιθάλης σε σβησμένο λέβητα.



Σχ. 17.31.

Κρατήρας σπασμένου αυλού με παχιά χείλια.
Αίτιο: Επανελημμένες βραχυχρόνιες υψηλές υπερθερμάνσεις ή παρατεταμένες μέτριες.

6) Φλύκταινες.

Οι φλύκταινες παρουσιάζονται μόνο στη μία πλευρά του αυλού, γενικά την πλευρά που βρίσκεται προς το μέρος της πυράς. Εμφανίζονται ως όγκοι (σβώλοι) σχήματος αυγού και δείχνουν ότι ο αυλός έχει θερμανθεί μέχρι το σημείο απώλειας της σκληρότητάς του. Υπό την πίεση του λέβητα δημιουργείται μικρή φουσαλίδα.

Φλύκταινες λόγω θερμάνσεως είναι πάντοτε ένδειξη παρουσίας καταλοίπων πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του αυλού. Αν το κατάλοιπο είναι εύθραστο, π.χ. καθαλάτωση και ψημένη ιλύς, οι φλύκταινες σπάζουν το κατάλοιπο και επιτρέπουν στο νερό να ψύξει απότομα το θερμό μέταλλο πριν από το σπάσιμο του αυλού.

Οι φλύκταινες είναι το συνηθέστερο φαινόμενο στις πρώτες σειρές αυλών, οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με την πυρά, και σπάνια συναντώνται σε υπερθερμαντήρες ή οικονομητήρες. Στο σχήμα 17.31α φαίνεται τυπική μορφή φλύκταινας.



Σχ. 17.3ια.

Φλύκταινα αυλού που βρίσκεται κοντά στην πυρά. Αίτιο: Καθαλατώσεις.

7) Κύρτωση.

Ο όρος κύρτωση ισχύει για αυλούς, των οποίων η εμφάνιση δίνει την εντύπωση ότι από το βάρος τους έχουν κυρτωθεί προς την εστία. Η κύρτωση υποδηλώνει υπερθέρμανση του μετάλλου του αυλού και συμβαίνει συνήθως στα επάνω και διαγώνια τμήματα των ατμογόνων αυλών. Η συνηθέστερη αιτία της είναι στιγμιαία χαμηλή στάθμη νερού.

Οι κυρτωμένοι αυλοί είναι γενικά χρησιμοποιήσιμοι, εφόσον ψυχθεί κατάλληλα ο λέβητας και εφόσον η παραμόρφωση δεν παρακωλύει τη δίοδο των καυσαερίων ή δεν οδηγεί σε πρόσκρουση φλογών πάνω σ' αυτούς.

8) Στρέβλωση αυλών.

Η στρέβλωση αυλών μοιάζει προς την κύρτωση, με τη διαφορά ότι η παραμόρφωση είναι τυχαία παρά κατευθυνόμενη, και γενικά προέρχεται από την αιφνίδια ψύξη των υπερθερμανθέντων αυλών. Τυπική αιτία είναι η αντικανονική απομόνωση του λέβητα μετά από χαμηλή στάθμη νερού. Μηχανικές επιδράσεις, όπως κίνηση θαλάμου λόγω αντικανονικής διαστολής ή μη κανονική επιμήκυνση αυλού, δυνατόν επίσης να προκαλέσουν στρέβλωση των αυλών.

Τυπική εκτεταμένη στρέβλωση αυλών εικονίζεται στο σχήμα 17.3ιβ.

9) Σύντηξη.

Σε περιπτώσεις χαμηλής στάθμης νερού οι θερμοκρασίες των αυλών μπορούν



Σχ. 17.3ιβ.

Στρέβλωση αυλών. Αίτιο: Το συνηθέστερο λόγω κακής απομονώσεως (πολύ γρήγορη απόψυξη).



Σχ. 17.3ιγ.

Σύντηξη αυλών (πολύ σοβαρή βλάβη). Αίτιο: Παρατεταμένη λειτουργία του λέβητα με χαυπλή στάθμη.

να φθάσουν το σημείο, στο οποίο το μέταλλο τήκεται (λιώνει) και ρέει μέσα στην εστία. Στο σχήμα 17.3ιγ εικονίζεται μία ομάδα τηγμένων αυλών.

Σε περιπτώσεις λεβήτων με οικονομητήρες από αλουμίνιο δημιουργείται η λεγόμενη **αντίδραση θερμότης**. Κατ' αυτή τηγμένο αλουμίνιο από υπερθερμασμένους αυλούς οικονομητήρων αντιδρά τόσο βίαια με το οξειδίο του σιδήρου των χαλυβδίνων αυλών κάτω από τον οικονομητήρα, ώστε η θερμότητα της αντιδράσεως τήκει το χάλυβα, παρόλο που η θερμοκρασία της εστίας μόνη της δε θα επαρκούσε γι' αυτό.

Ακόμη σοβαρότερη είναι η εσωτερική πυρκαϊά. Αυτή είναι επακόλουθο μεγάλης και παρατεταμένης υπερθερμάνσεως των αυλών εξαιτίας ελλείψεως επαρκούς νερού ή ατμού. Η υπερθέρμανση έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση των υδρατμών σε υδρογόνο και οξυγόνο. Στη συνέχεια το υδρογόνο, το οποίο ανάπτει σε θερ-

μοκρασία 704°C, αρχίζει να καίγεται και να αποδίδει τεράστια ποσά θερμότητας, ενώ το οξυγόνο βοηθεί στην καύση του σιδήρου. Το καϊόμενο μέταλλο των αυλών δημιουργεί πρόσθετη έκλυση υδρογόνου και μαύρο οξείδιο του σιδήρου. Η καύση συνεχίζεται και ο λέβητας στην περίπτωση αυτή καταστρέφεται.

17.4 Η εξαγωγή και αντικατάσταση των αυλών.

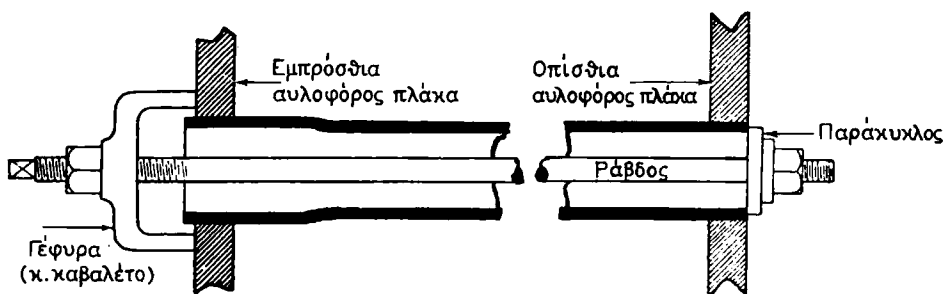
Η εργασία της εξαγωγής και αντικαταστάσεως των αυλών είναι αναγκαία από τη στιγμή που θα διαπιστωθούν οι βλάβες που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα. Αποσκοπεί στην αποκατάσταση των ικανοτήτων του λέβητα.

Παρακάτω εξετάζονται οι τρόποι, κατά τους οποίους εκτελείται η εξαγωγή, και στη συνέχεια η αντικατάσταση των αυλών σε φλογαυλωτούς ή υδραυλωτούς λέβητες.

17.4.1 Η εξαγωγή των αυλών.

Για την εξαγωγή των αυλών γίνεται συνήθως χρήση φλόγας οξυγόνου, με την οποία αποκόπεται ο προς εξαγωγή αυλός. Στη συνέχεια τα τεμάχια που μένουν μέσα στις οπές αφαιρούνται με κοπίδια και σφυριά. Μία άλλη μέθοδος είναι να χαράζονται με ονυχωτή κοπίδα αυλάκια τόσο βάθους όσο το πάχος του αυλού και σε όλο το πάχος της πλάκας σε τέσσερα αντιδιαμετρικά σημεία του εσωτερικού του αυλού (πρέπει να καταβάλλεται μεγάλη προσοχή για να μην καταστραφεί η επιφάνεια εφαρμογής της οπής της πλάκας). Τα άκρα κατόπιν συσπειρώνονται, οπότε ο αυλός είναι ελεύθερος και μπορεί να απομακρυνθεί ευχερώς.

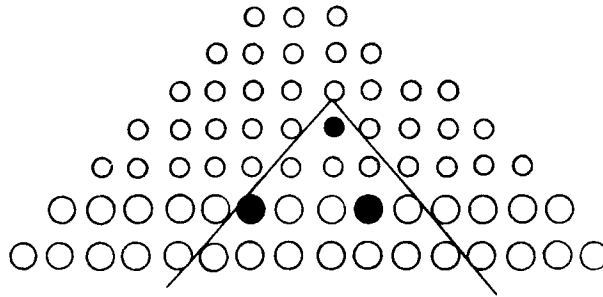
Ειδικότερα σε κυλινδρικούς λέβητες χρησιμοποιούνται μερικές φορές και εξολκείς (σχ. 17.4α).



Σχ. 17.4α.

Εξαγωγή αυλού κυλινδρικού λέβητα με τη βοήθεια εξολκεία.

Σε υδραυλωτούς λέβητες λόγω της μικρής διαμέτρου του ατμοθάλαμου τους, η οποία είναι μικρότερη από το μήκος του αυλού, δεν είναι ευχερής η αφαίρεση μεμονωμένων αυλών, όταν βρίσκονται στο εσωτερικό της δέσμης. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η αποκοπή των αυλών από την εστία προς το εσωτερικό της δέσμης σε σχήμα σφήνας (σχ. 17.4β), η οποία θα περιλαμβάνει και τους αυλούς που παρουσιάζουν διαρροή. Όλοι οι αυλοί, οι οποίοι κόβονται με αυτό τον τρόπο, αφαιρούνται από την εστία και στη συνέχεια αντικαθίστανται.



Σχ. 17.4β.

Αποκοπή αυλών υδραυλωτού λέβητα σε σχήμα σφήνας.

17.4.2 Η αντικατάσταση των αυλών.

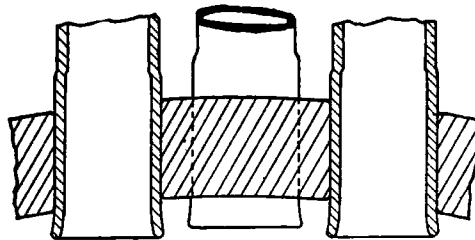
Οι αυλοί αντικαθίστανται με κανούργιους των ίδιων διαστάσεων, υλικού και προδιαγραφών με τους υπόλοιπους αυλούς του λέβητα.

Η τοποθέτηση των αυλών εκτελείται, όπως γνωρίζουμε, με το εκτονωτικό εργαλείο.

Κόβεται ο καινούργιος αυλός σε μήκος λίγο μεγαλύτερο από το μήκος του προς αντικατάσταση, κάμπτεται στο κατάλληλο σχήμα (αχνάρι) και τοποθετείται μέσα στις οπές των πλακών. Προηγουμένως οι τελευταίες καθαρίζονται με προσοχή ώστε να επιτευχθεί τέλεια στεγανότητα.

Τα άκρα των επιψευδαργυρωμένων αυλών πρέπει να ρινίζονται πριν από την τοποθέτηση, για να αφαιρείται το γαλβάνισμα.

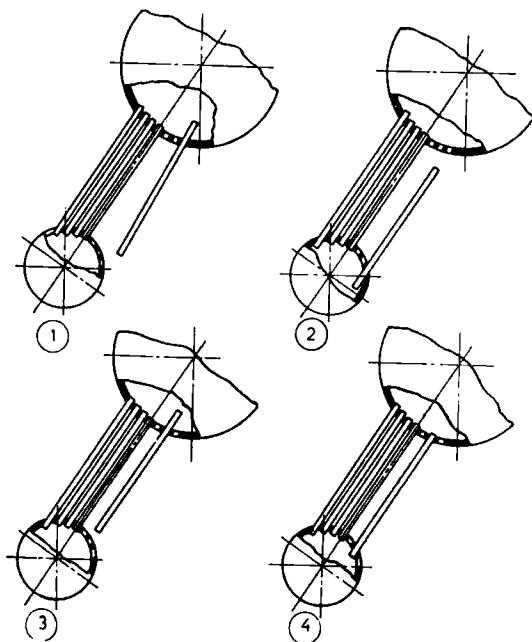
Μετά την τοποθέτηση εκτελείται η εκτόνωση του αυλού και μερικές φορές η διάνοιξη των χειλιών του σε σχήμα κώδωνα (σχ. 17.4γ).



Στο σχήμα 17.4δ παριστάνονται τα τέσσερα στάδια αντικαταστάσεως ενός αυλού υδραυλωτού λέβητα τύπου «Α».

Την αντικατάσταση των αυλών σε μεγάλη κλίμακα ακολουθεί πάντοτε υδραυλική δοκιμή του λέβητα σύμφωνα με τους κανόνες.

Κατά την αντικατάσταση μικρού μόνο αριθμού αυλών κρίνεται επαρκής η διαπίστωση της στεγανότητας με γέμισμα του λέβητα μέχρι την ανώτερη στάθμη του. Πάντως συνιστάται και σ' αυτή την περίπτωση η υδραυλική δοκιμή.



Σχ. 17.46.

Διαδοχικά στάδια αντικατάστασης αυλού σε υδραυλωτό λέβητα τύπου «Α».

17.4.3 Πρόχειρη επισκευή αυλού μεμβρανοειδούς υδροτοίχου.

Όταν δεν υπάρχει κατάλληλος συγκολλητής για μόνιμες επισκευές, η Babcock συνιστά τον ακόλουθο τρόπο επισκευής αυλού μεμβρανοειδούς υδροτοίχου.

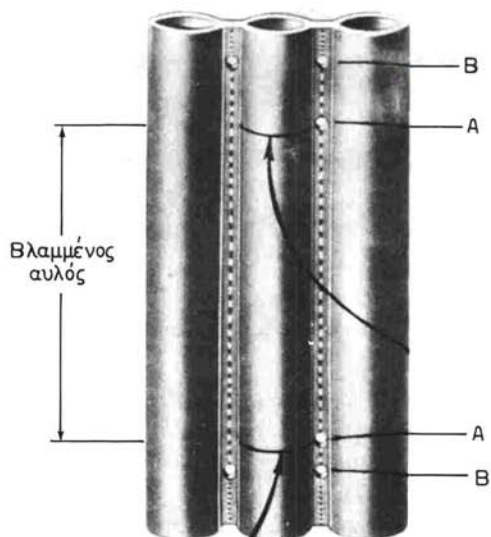
Στήνεται η σκαλωσιά, όπως απαιτείται. Αφαιρείται το περίβλημα, όπου είναι αναγκαίο.

Σημαδεύεται το μήκος του κομματιού του αυλού που πρέπει να αφαιρεθεί. Ανοίγονται τρύπες $\frac{3}{8}$ " στα πτερύγια των αυλών στο πάνω και κάτω μέρος του κομματιού του αυλού που θα αφαιρεθεί (σημεία Α του σχήματος 17.4ε). Στη συνέχεια ανοίγονται 2 τρύπες $\frac{3}{8}$ " σε απόσταση 5 cm πάνω από το επάνω σημείο και 2,5 cm κάτω από το κάτω (σημεία Β του σχήματος 17.4ε).

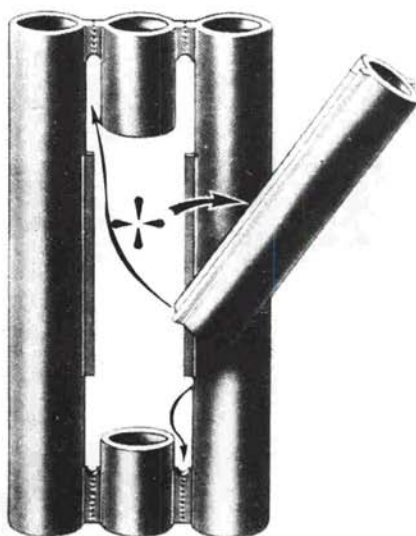
Με ένα πριόνι με στενή σέγα κόβονται στο μέσο τα πτερύγια σε κάθε πλευρά του αυλού.

Κόβεται ο αυλός, οριζόντια όσο είναι δυνατό, πάνω και κάτω. Αφαιρείται το κομμάτι του αυλού (σχ. 17.4στ). Αφαιρούνται τα πτερύγια πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά και σε αντίστοιχα μήκη 5 cm και 2,5 cm μεταξύ των οπών Α και Β.

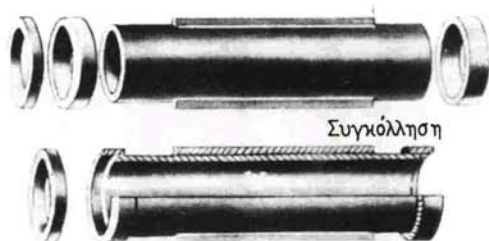
Λιμάρονται τα εξωτερικά των αυλών εκεί που ήταν τα πτερύγια. Καθαρίζονται τα άκρα των αυλών με σμυριδόπανο και σε ύψος 2 cm μέχρι να γυαλίσουν. Μετρείται ακριβώς η απόσταση μεταξύ των άκρων των αυλών. Χρησιμοποιείται ένα κομμάτι αμοιβού αυλού ίδιου μήκους, αφαιρούνται τα πτερύγια σε μήκος $\frac{1}{2}$ " και 2" και καθαρίζεται με σμυριδόπανο. Συγκολλείται το δακτυλίδι σε θέση τέτοια, ώστε ο αυλός να είναι $\frac{3}{8}$ " μέσα σ' αυτό (σχ. 17.4ζ).



Σχ. 17.4ε.
Σημάδεμα βλαμμένου κομματιού.



Σχ. 17.4στ.
Αφαίρεση βλαμμένου κομματιού.



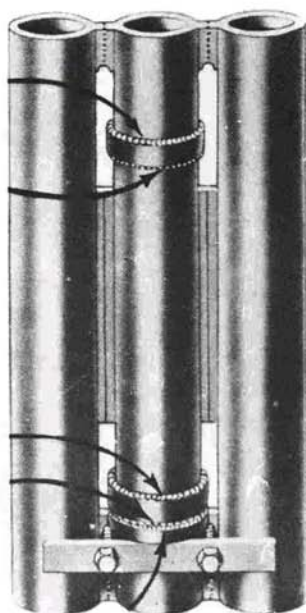
Σχ. 17.4ζ.

Επεξεργασία αμοιβού κομματιού.

Τοποθετείται άλλο δακτυλίδι στο κάτω μέρος του υπάρχοντος αυλού. Ασφαλίζεται (σχ. 17.4η) για συγκόλληση μεταξύ $\frac{1}{2}$ " και $\frac{9}{16}$ " κάτω από την ακμή του αυλού. Ηλεκτροσυγκολλείται στο σημείο 2: χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδιο Babcock τύπου V και τάση-ένταση 80 V 75 amp.

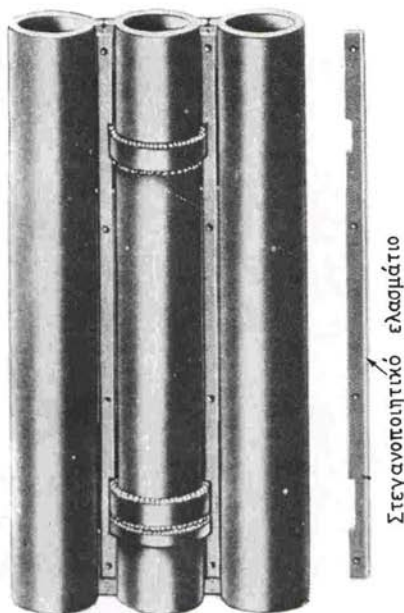
Τοποθετείται το νέο κομμάτι του αυλού με χαλαρό δακτυλίδι και ασφαλίζεται με διάκενο $\frac{1}{8}$ " περίπου πάνω και κάτω. Το χαλαρό δακτυλίδι ακουμπά πάνω στη συγκόλληση 2.

Συγκολλείται στο σημείο 3 με 2 κορδόνια και στο σημείο 4 με ένα κορδόνι. Τελικά συγκολλείται και στο σημείο 5 (σχ. 17.4η).



Σχ. 17.4η

Τοποθέτηση αμοιβού κομματιού.



σχ. 17.4θ.

Τοποθέτηση τελικών ελασμάτων.

Ο λέβητας δοκιμάζεται υδραυλικά. Αν παρουσιασθεί διαρροή, κόβεται η κακή συγκόλληση, ξανακολλάται και ο λέβητας ξαναδοκιμάζεται.

Όταν η στεγανότητα του λέβητα είναι ικανοποιητική, τα πτερύγια του αυλού και τα διάκενα πρέπει να γίνουν αεροστεγανά, αποθέτοντας ένα παχύ στρώμα πλαστικού μετάλλου δεξιά και αριστερά από το τμήμα του αυλού που αντικαταστάθηκε.

Κόβονται χαλύβδινες λάμες $\frac{3}{8}$ " στο απαιτούμενο μήκος και πιέζονται δυνατά μέσα στο πλαστικό. Με ψιλές βιδίτσες (σχ. 17.4θ) βιδώνονται στη θέση τους οι χαλύβδινες λάμες.

Αφήνεται ο πλαστικός χάλυβας να στεγνώσει, βγαίνουν οι σκαλωσιές και μετά ανάβεται ο λέβητας με πολύ σιγανή φωτιά, για να ψηθεί. Τέλος τοποθετείται το περίβλημα.

17.5 Ηλεκτροσυγκόλληση.

Εκτός από την απλή επισκευή αυλού μεμβρανοειδούς υδροτοίχου που αναφέρθηκε στην παράγραφο 17.4, οι επισκευές με ηλεκτροσυγκόλληση τμημάτων του λέβητα, στα οποία περιλαμβάνονται και οι τροφοδοτικοί αυλοί, αυλοί κυκλοφορίας και εσωτερικοί ατμαγωγοί, γίνονται από πολύ έμπειρο συγκολλητή με την επίβλεψη και την καθοδήγηση του νηογνώμονα.

Γενικός κανόνας: όταν από την εξίσωση $C + Mn/6$, όπου $C =$ άνθρακας και $Mn =$ μαγγάνιο, της χημικής συνθέσεως του χάλυβα του λέβητα προκύπτει αποτέλεσμα 0,41 και πάνω, απαιτείται χρήση ηλεκτροδίων χαμηλού υδρογόνου. Αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από 0,45, τότε μαζί με τη χρήση αυτών των ηλεκτροδίων, απαιτείται και προθέρμανση. Η προθέρμανση είναι αναγκαία γιατί τα χαλυβοκράματα έχουν τη μεγάλη τάση να παρουσιάζουν ρωγμές όταν βάφονται. Γι' αυτό είναι σημαντικό να υπάρχει αρκετός χρόνος για την ψύξη μετά την κόλληση. Όσο πιο πολύ χρώμιο έχει ο χάλυβας τόσο μεγαλύτερος χρόνος, άρα και υψηλότερη προθέρμανση απαιτείται. Έτσι για χάλυβα $1 Cr \frac{1}{2} M_0$ η θερμοκρασία πρέπει είναι $100^\circ C$ και για $2\frac{1}{4} Cr 1 M_0$, $150^\circ C$. Μετά τη συγκόλληση πρέπει να γίνει ανόπτηση για τις τάσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με θέρμανση με ηλεκτρικές αντιστάσεις για 1 ώρα και κάλυψη με κουβέρτες από αμίαντο. Αυτό είναι εύκολο για σωληνώσεις και αδύνατο, τις πιο πολλές φορές, για τα κελύφη των συλλεκτών και θαλάμων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις σκεπάζομε τη συγκόλληση με χονδρό κορδόνι συγκολλησεως. Όταν το σύνολο κρυώσει, αφαιρούμε το παραπάνω μέταλλο από την κόλληση με μηχανικά μέσα. Η συνηθισμένη σειρά για την επισκευή οπών αυλών κλπ. σε λέβητες χαλύβδινους ή χαλυβδομαγγανιούχους, όπου η τάση εφελκυσμού δεν υπερβαίνει τα 52 kr/mm^2 , είναι η ακόλουθη:

- α) Τρόχισμα του μέρους που παρουσιάσθηκε η βλάβη και προετοιμασία σε σχήμα U.
- β) Μαγνητικός έλεγχος ρωγμών.
- γ) Προθέρμανση σε $100^\circ C$ (ελάχιστη).
- δ) Συγκόλληση με τη χρησιμοποίηση ηλεκτροδίων χαμηλού υδρογόνου και σκέπασμα της συγκολλησεως με κορδόνι.
- ε) Αργή ψύξη κάτω από κουβέρτες.
- στ) Τρόχισμα της κολλησεως, ώστε να έρθει πρόσωπο με την επιφάνεια του θαλάμου.

- ζ) Μαγνητικός έλεγχος ρωγμών.
- η) Πλήρης ακτινογραφία.

17.6 Έκρηξη λέβητα.

Η έκρηξη είναι προφανώς η σοβαρότερη βλάβη, που μπορεί να εμφανισθεί σ' ένα λέβητα και ισοδυναμεί περίπου με ολοκληρωτική καταστροφή του. Αν όμως ληφθούν υπόψη οι αυστηρές προδιαγραφές κατασκευής του λέβητα, η ποιότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών, η καλή συντήρηση και ο ορθός χειρισμός, είναι ευνόητο ότι δεν είναι συνηθισμένη και χαρακτηρίζεται ως σπάνια.

Έκρηξη λέβητα συμβαίνει όταν λόγω της εσωτερικής πίεσής του δημιουργείται κόπωση στο έλασμα, η οποία υπερβαίνει την αντοχή του. Τότε δημιουργείται αρχικά ένα ρήγμα, το οποίο αν κατά το σχηματισμό του συναντήσει ισχυρότερα σημεία του ελάσματος, σταματά, αν όμως συναντήσει ασθενέστερα, προχωρεί γρήγορα και επεκτείνεται ακαριαία, σπάζοντας το περίβλημα. Στην περίπτωση αυτή, μεγάλη ποσότητα ατμού ή νερού εξέρχεται από τόν ατμοϋδροθάλαμο, οπότε και πέφτει απότομα η πίεση μέσα στο λέβητα. Τότε η θερμότητα που υπάρχει στο νερό μαζί με τη χορηγούμενη προκαλούν την ατμοποίηση μεγάλης ποσότητας νερού με αποτέλεσμα να αναπτυχθεί υπερβολική πίεση, η οποία μετατρέπει στη συνέχεια την έκρηξη σε ακαριαία.

Οι εκρήξεις προέρχονται από τα εξής αίτια:

- α) Ελαττωματική κατασκευή ή κακή ποιότητα υλικού (αυτά αποφεύγονται σήμερα με τον αυστηρό έλεγχο της κατασκευής από τους ενδιαφερόμενους).
- β) Παλαιότητα και βαθμιαία φθορά υλικού, λόγω εσωτερικής ή εξωτερικής οξειδώσεως.
- γ) Πτώση της στάθμης του νερού.
- δ) Υψηλές πιέσεις.
- ε) Παχιά στρώματα καθαλατώσεων.

Ως ελαττωματική κατασκευή εννοείται η κακή κάρφωση ή ηλεκτροσυγκόλληση και γενικά η εργασία συνδέσεως των ελασμάτων. Ως υλικά κακής ποιότητας τα σκληρά, ελαττωματικά, ή κακά **ξεπυρωμένα** ελάσματα και ήλοι, καθώς και ηλεκτρόδια ηλεκτροσυγκολλήσεως, τα οποία δεν ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές.

Ως παλαιότητα πάλι εννοείται η κακή κατάσταση του υλικού λόγω μακροχρόνιας χρήσεως και ανεπαρκών επιθεωρήσεων. Η οξείδωση, εσωτερική και εξωτερική, στην περίπτωση αυτή ελαττώνει σημαντικά την αντοχή του υλικού.

Από την πτώση της στάθμης του νερού εξάλλου επέρχεται πιθανή αποκάλυψη των θερμαινόμενων επιφανειών, τοπική ερυθροπύρωση, ακαριαία εξάτμιση, υπερβολική πίεση και στη συνέχεια έκρηξη.

Υψηλή πίεση του ατμού, όταν δε γίνει αντιληπτή σε περίπτωση κακής λειτουργίας των θλιβομέτρων και όταν δε λειτουργήσουν τα ασφαλιστικά, μπορεί να προκαλέσει κόπωση μεγαλύτερη από την αντοχή του υλικού και στη συνέχεια διάρρηξη του.

Το ίδιο περίπου συμβαίνει και με τις καθαλατώσεις. Το έλασμα λόγω του δυσθερμαγωγού των καθαλατώσεων υπερθερμαίνεται, ερυθροπυρώνεται και διογκώνεται, οπότε σπάζουν οι καθαλατώσεις, πέφτουν και αποκαλύπτουν το ερυθρόπυρο τμήμα του υλικού, με αποτέλεσμα όπως και προηγουμένως την τοπική ή και γενικότερη έκρηξη του λέβητα.

Τα πιο συνηθισμένα από τα παραπάνω αίτια εκρήξεως είναι τα (γ) και (ε).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

18.1 Γενικά.

Οι δοκιμές και επιθεωρήσεις, που εκτελούνται στους λέβητες κατά κανονικά περιοδικά διαστήματα ή και σε έκτακτες περιπτώσεις, αποσκοπούν γενικά στον έλεγχο της αντοχής, της στεγανότητας, της επάρκειας και της αποδόσεως του λέβητα και των εξαρτημάτων του.

Πριν γίνει η οποιαδήποτε σειρά δοκιμών ή επιθεωρήσεων ενός λέβητα, πρέπει να εκτελούνται:

- α) Επιμελής εσωτερικός και εξωτερικός καθαρισμός του λέβητα.
- β) Εξακρίβωση των κυρίων διαστάσεών του.
- γ) Εξακρίβωση των σπουδαιότερων στοιχείων του (θερμαινόμενης επιφάνειας, όγκου θαλάμου καύσεως ή ενδεχομένως επιφάνειας σχάρας, πίεσεως λειτουργίας, θερμοκρασίας υπέρθερμου κλπ.).

Τα (β) και (γ) στοιχεία πρέπει να τα έχει υπόψη του αυτός που θα εκτελέσει την επιθεώρηση.

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι σπουδαιότερες επιθεωρήσεις και δοκιμές λεβήτων πλοίων.

Ως γενικός κανόνας ισχύει ότι η επιθεώρηση ενός λέβητα εκτελείται με πολλή προσοχή και υπομονή και ότι αυτός που θα τον επιθεωρήσει πρέπει να είναι ενήμερος των λεπτομερειών του λέβητα.

18.2 Διατάξεις των Νηογνώμωνων που αφορούν την εκτέλεση των επιθεωρήσεων του λέβητα.

Όλοι οι Νηογνώμονες καθορίζουν ότι η επιθεώρηση κυρίων και βοηθητικών λεβήτων γίνεται κάθε χρόνο, γι' αυτό και ονομάζεται **ετήσια επιθεώρηση των λεβήτων** (Boiler Annual Survey). Η επιθεώρηση για τα νεότευκτα πλοία γίνεται κάθε δύο χρόνια.

Οι διάφοροι Νηογνώμονες, όπως το Lloyd's Register of Shipping (L.R.), το αμερικανικό American Bureau of Shipping (A.B.S.), το γαλλικό Bureau Veritas, το Ιταλικό Registro Italiano Navale (R.I.N.A.) κλπ. προδιαγράφουν ίδιες περίπου διατάξεις σχετικές με την εκτέλεση των περιοδικών επιθεωρήσεων των λεβήτων. Ο υπεύθυνος μηχανικός της εγκατάστασεως πρέπει πάντως να ακολουθεί επακριβώς τις διατάξεις εκείνου του Νηογνώμονα στον οποίο βρίσκεται γραμμένο το πλοίο.

18.3 Διατάξεις του Lloyd's Register of Shipping.

18.3.1 Για λέβητες.

α) Όλοι οι κύριοι λέβητες και αυτοί που λειτουργούν με καυσαέρια MEK ή με ατμό ατμογεννητριών, οι οικονομητήρες, οι βοηθητικοί λέβητες, αυτοί που εργάζονται υπό πιέσεις λειτουργίας πάνω από 3,5 kg/cm² (50 psi) και έχουν θερμαινόμενη επιφάνεια μεγαλύτερη από 4,65 m² (50 ft²) επιθεωρούνται κάθε δύο χρόνια. Οι βοηθητικοί λέβητες επίσης κάθε 2 χρόνια μέχρι τον όγδοο χρόνο από την κατασκευή τους και στη συνέχεια κάθε χρόνο.

Σε λέβητες καύσεως, οι οποίοι χρησιμοποιούν βεβιασμένη κυκλοφορία, οι αντλίες της βεβιασμένης αυτής κυκλοφορίας ανοίγονται και επιθεωρούνται σε κάθε επιθεώρηση του λέβητα.

β) Κατά τις εκτελούμενες κάθε χρόνο επιθεωρήσεις, υπερθερμαντήρες, οικονομητήρες και προθερμαντήρες αέρα επιθεωρούνται εσωτερικά και εξωτερικά και εφόσον κριθεί αναγκαίο τα μέρη που εργάζονται υπό πίεση υποβάλλονται σε υδραυλική δοκιμή, ενώ εξακριβώνονται τα πάχη των πλακών και των αυλών και οι διαστάσεις των συνδέτων-ενδετών, για να προσδιορισθεί η πίεση λειτουργίας του λέβητα μέσα στα όρια ασφάλειας.

Τα κύρια εξαρτήματα των υπερθερμαντήρων και οικονομητήρων πάνω στο λέβητα και οι συνδέσεις τους μ' αυτούς πρέπει να ανοίγονται και να επιθεωρούνται, ενώ τα ασφαλιστικά να ρυθμίζονται υπ' ατμό σε πίεση όχι μεγαλύτερη από 3% πάνω από την εγκεκριμένη πίεση λειτουργίας τους.

Οι υπόλοιπες συνδέσεις και εξαρτήματα επιθεωρούνται εξωτερικά και ανοίγονται προς εξέταση μόνο εφόσον κριθεί αναγκαίο από τον επιθεωρούμενο.

Επιθεωρούνται τα εγκάρσια αντιδιατοχιστικά στηρίγματα και οι υποστάτες εδράσεως και ελέγχεται η καλή κατάστασή τους.

γ) Το σύστημα καύσεως πετρελαίου ελέγχεται κάτω από συνθήκες λειτουργίας, γενική δε επιθεώρηση εκτελείται στις βαλβίδες και σωληνώσεις των δεξαμενών, στα χειριστήρια και τους καταθλιπτικούς σωλήνες πετρελαίου μεταξύ αντλιών και καυστήρων.

18.3.2 Για τους ατμαγωγούς σωλήνες.

α) Για χαλύβδινους σωλήνες.

1) Συχνότητα επιθεωρήσεως.

Ατμαγωγοί κορεσμένου και ατμαγωγοί υπέρθερμου ατμού, όταν η θερμοκρασία στην έξοδο από τον υπερθερμαντήρα δεν είναι μεγαλύτερη από τους 454°C, (850°F), πρέπει να επιθεωρούνται μετά οκταετία (special survey) και κατόπιν κάθε τετραετία. Ατμαγωγοί υπέρθερμου, όταν η θερμοκρασία ατμού στην έξοδο από τον υπερθερμαντήρα είναι μεγαλύτερη από 454°C (850°F), πρέπει να επιθεωρούνται κάθε τέσσερα χρόνια.

2) Σωλήνες με θερμοκρασία ατμού μεγαλύτερη από 427°C.

Σε κάθε επιθεώρηση πρέπει να αφαιρείται κατ' επιλογή αριθμός σωληνώσεων του κύριου ατμαγωγού και του βοηθητικού ατμαγωγού. Οι παραπάνω σωληνώσεις επιθεωρούνται εσωτερικά και υπόκεινται σε υδραυλική δοκιμή σε πίεση διπλάσια από την πίεση λειτουργίας.

Αν φέρουν ηλεκτροσυγκολλητές συνδέσεις μεταξύ των τεμαχίων που τις αποτελούν ή και στα σημεία ενώσεώς τους με κιβώτιο βαλβίδας, απομακρύνεται η δυσθερμαγωγή επένδυση από την περιοχή των ηλεκτροσυγκολλήσεων, εξετάζονται οι ηλεκτροσυγκολλήσεις και ελέγχονται για ρωγμές.

Αν τα παραπάνω τμήματα σωληνώσεων που επιλέχθηκαν βρεθούν ικανοποιητικά, δεν απαιτείται επιθεώρηση των υπολοίπων.

Η επιλογή πρέπει να γίνεται κατά το δυνατό κατά κυκλική διαδοχική δειγματοληψία, ώστε στο σύνολο των επιθεωρήσεων να επιθεωρηθούν όλες οι σωληνώσεις.

3) Σωλήνες με θερμοκρασία μικρότερη από 427°C.

Αντί για επιθεώρηση γίνεται αποδεκτή υδροστατική δοκιμή με πίεση ίση προς το $1\frac{1}{4}$ της πίεσεως λειτουργίας.

β) Για χάλκινους σωλήνες.

Μετά την οκταετία, και κάθε τετραετία μετά, όλοι οι χάλκινοι ατμαγωγοί εσωτερικής διαμέτρου πάνω από 75 mm (3 in) που παρέχουν ατμό για σοβαρές χρήσεις εν πλω πρέπει να υποβάλλονται σε υδραυλική δοκιμή σε πίεση $1\frac{1}{4}$ της πίεσεως λειτουργίας.

Σωλήνες αυτής της κατηγορίας, οι οποίοι μπορεί να υπόκεινται σε κάμψη, κρυσταλλοποίηση, και τμήματα σωληνών γειτονικά προς ατμοκίνητα μηχανήματα, πρέπει να υποβάλλονται σε **επαναφορά** με ανόπτηση πριν από την υδραυλική δοκιμή τους.

18.4 Τυπική επιθεώρηση λεβήτων.

Στα σχεδιαγράμματα που ακολουθούν δίνεται η πορεία αυτού που επιχειρεί την επιθεώρηση κατά την εκτέλεση τυπικής ή άλλης κανονικής επιθεωρήσεως σε:

α) Φλογαυλωτό λέβητα επιστρεφόμενης φλόγας (σχ. 18.4α).

β) Υδραυλωτό λέβητα μέ συλλέκτες (σχ. 18.4β).

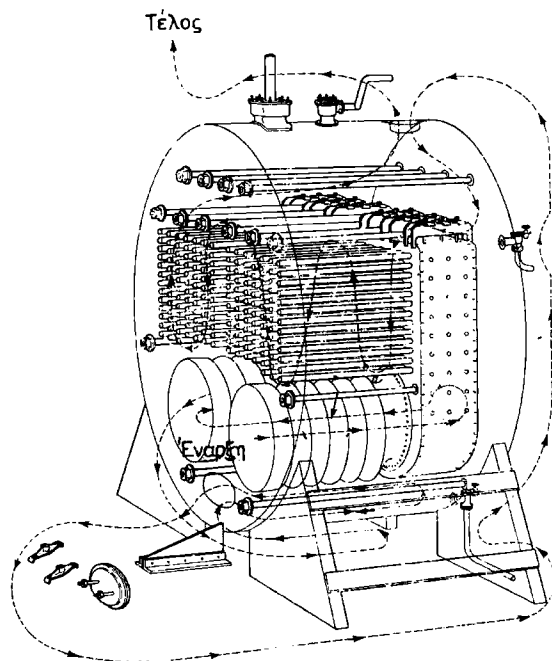
γ) Υδραυλωτό λέβητα τύπου D (σχ. 18.4γ).

δ) Υδραυλωτό λέβητα τύπου MRR (σχ. 18.4δ).

Κατά την επιθεώρηση του **φλογαυλωτού λέβητα** επιθεωρούνται κατά σειρά:

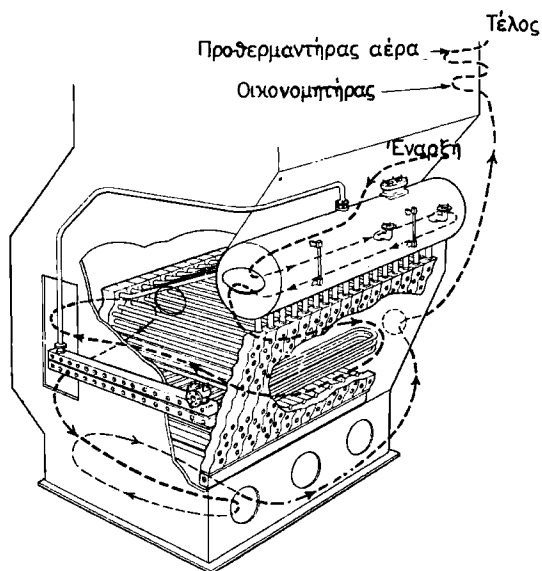
- α) Οι κλίβανοι και οι φλογοθάλαμοι εσωτερικά και ιδιαίτερα στο απέναντι από τους καυστήρες τμήμα των πυθμένων των φλογοθαλάμων.
- β) Ο πυθμένας του λέβητα εξωτερικά, οι υποστάτες του και τα προστατευτικά στηρίγματά του (κεφαλάρια).
- γ) Η κάτω ανθρωποθυρίδα και εσωτερικά τα κατώτερα μέρη του λέβητα, ενώ παράλληλα εκτελείται και η επιθεώρηση των κλιβάνων εξωτερικά.
- δ) Τα κατώτερα εξαρτήματα και η προσαρμογή τους πάνω στο κέλυφος.
- ε) Τα μεσαία εξαρτήματα και η προσαρμογή τους πάνω στο κέλυφος.
- στ) Τα ανώτερα εσωτερικά μέρη του λέβητα, δηλαδή θάλαμος, οπλισμός φλογοθάλαμου, συνδέτες, ενδέτες, αυλοί. Επίσης οι ουρανοί των κλιβάνων εξωτερικά.
- ζ) Η άνω ανθρωποθυρίδα και τα ανώτερα εξαρτήματα καθώς και προσαρμογή τους στο κέλυφος του λέβητα.

Οι συνηθέστερες βλάβες που ανακλύπουν κατά την επιθεώρηση οφείλονται



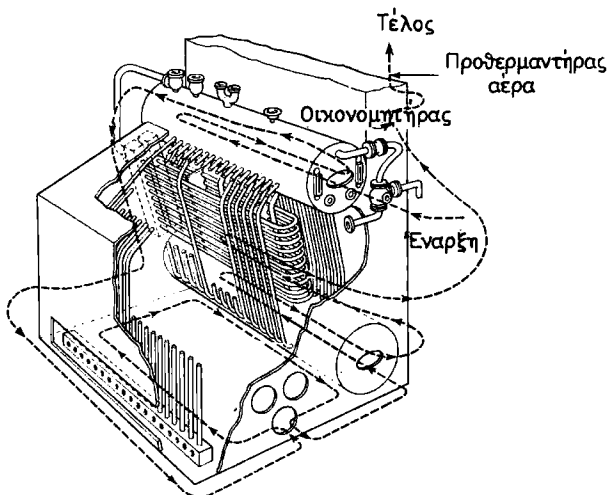
Σχ. 18.4α.

Διαδρομή που ακολουθείται κατά την τυπική επιθεώρηση φλογαυλωτού λέβητα επιστρεφόμενης φλόγας.



Σχ. 18.4β.

Διαδρομή που ακολουθείται κατά την τυπική επιθεώρηση υδραυλωτού λέβητα με συλλέκτες.



Σχ. 18.4γ.

Διαδρομή που ακολουθείται κατά την τυπική επιθεώρηση σε λέβητα τύπου «D».

στα εξής βασικά αίτια κατά κατηγορίες:

Κατηγορία 1 – Φθορά υλικού - μείωση του πάχους.

Κατηγορία 2 – Επήρεια υπερθερμάνσεως.

Κατηγορία 3 – Συνδυασμένη ενέργεια μηχανικής κοπώσεως και διαβρώσεως.

Με άλλα λόγια αυτός που επιθεωρεί εξετάζει λεπτομερώς το λέβητα από πλευράς αντοχής (πάχη ελασμάτων αυλών κλπ.), από πλευράς καταστάσεως του υλικού για την πιθανότητα κατακαύσεως ή εμφανών παραμορφώσεων από υπερθέρμανση και τέλος από πλευράς συνεκτικότητας του υλικού (ρωγμές), στεγανότητας (διαρροές αυλών στηριγμάτων, εξαρτημάτων κλπ.) και διαβρώσεων εξωτερικά και εσωτερικά του λέβητα.

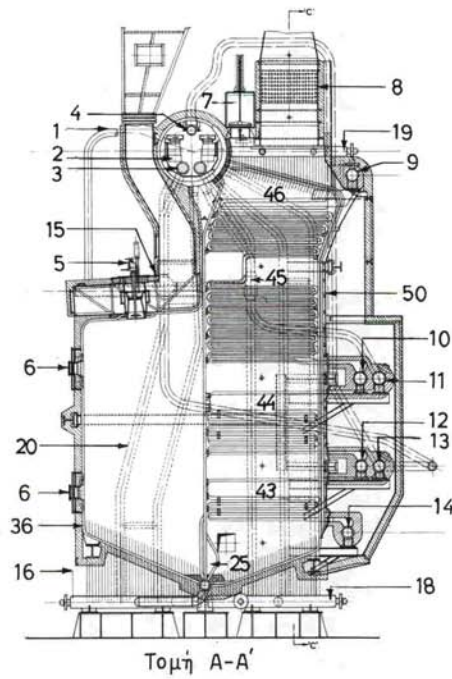
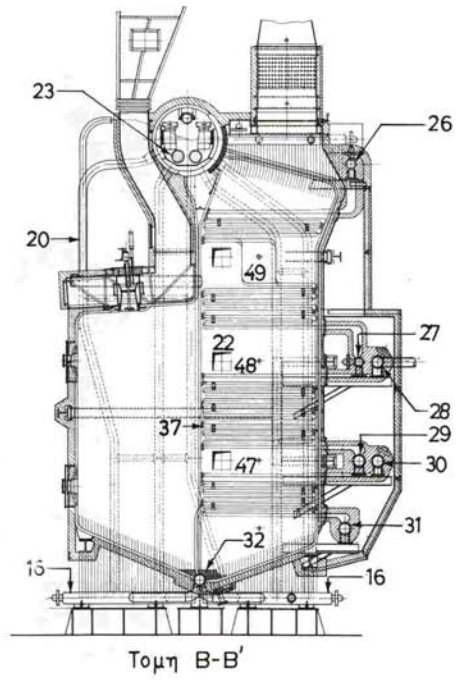
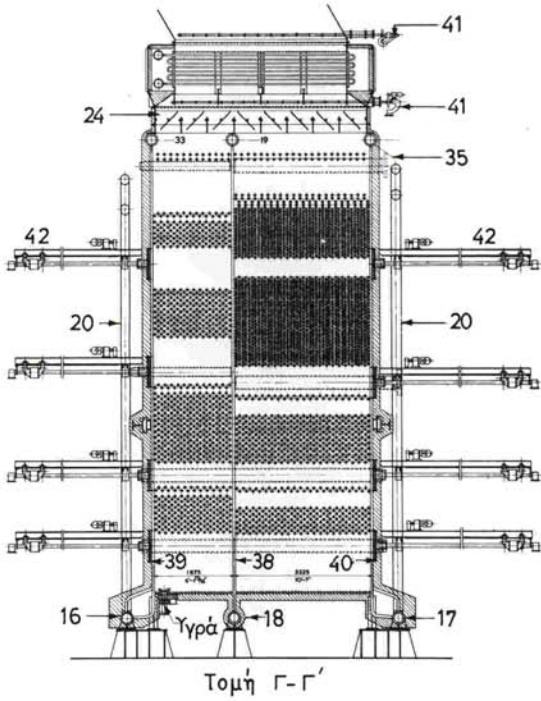
Κατά την επιθεώρηση των **υδραυλικών** λεβήτων επιθεωρούνται:

- α) Ο ατμοθάλαμος εσωτερικά.
- β) Ο υπερθερμαντήρας.
- γ) Οι υδροθάλαμοι.
- δ) Η εστία με τα υδροτοιχώματά της και οι αυλοί.

Και σ' αυτή την επιθεώρηση ελέγχεται η κατάσταση των διαφόρων μερών και εξαρτημάτων του λέβητα από πλευρά φθοράς υλικού, κατακαύσεως ή παραμορφώσεως του λόγω υπερθερμάνσεως, ρωγμών, στεγανότητας, διαβρώσεως, καταστάσεως της πλινθοδομής κλπ.

Ιδιαίτερη προσοχή καταβάλλεται για τα υπόλοιπα τμήματα του λέβητα, για να εξακριβωθεί ότι:

- Τα εξαρτήματα και ιδιαίτερα ο ρυθμιστής τροφοδοτήσεως βρίσκονται σε άριστη κατάσταση.
- Όλοι οι αυλοί είναι καθαροί εσωτερικά.
- Τα διάφορα μέρη του λέβητα είναι ελεύθερα να διασταλούν, τα εξωτερικά κελύφη στεγανά, και τα εσωτερικά μονωτικά τους πλινθοκτίσματα σε καλή κατάσταση, χωρίς ρωγμές ή τυχόν διαρροές. Σε περίπτωση εσωτερικών δια-



βρώσεων των θαλάμων διαπιστώνεται η καλή εσωτερική κατάσταση των αυλών με τη βοήθεια ειδικού λαμπτήρα, ο οποίος εισάγεται μέσα στον αυλό. Αν διαπιστωθεί η ύπαρξη διαβρώσεων τότε επακολουθεί έλεγχός τους με διαμήκη τομή ορισμένου αριθμού αυλών (παίρνονται δειγματοληπτικά προς εξαγωγή συμπερασμάτων για τη γενική κατάστασή τους).

Σε καρφωτούς θαλάμους εξετάζονται τα κοινωμάτια για στεγανότητα και εκτελείται ενδεχομένως διάναξή τους.

Αν παρουσιασθεί παρουσία ελαιωδών ουσιών, ερευνάται το αίτιο στο όλο τροφοδοτικό σύστημα και το σύστημα συμπακνώσεως, υποβάλλεται ο λέβητας σε βρασμό με την προσθήκη χημικών ουσιών, κλπ. ώστε να απαλλαγεί από τις ελαιώδεις ύλες και αποκαθίσταται η ανωμαλία που προκαλεί την παρουσία της μέσα στο λέβητα.

- Εξετάζεται το όλο σύστημα καύσεως για στεγανότητα και καλή λειτουργία διακοπών, βαλβίδων κλπ., ιδίως εκείνων που είναι τηλεχειριζόμενοι. Εξετάζεται αν οι αγωγοί αέρα είναι απαλλαγμένοι από οποιαδήποτε παρουσία καυσίμου. Εξετάζεται η καλή κατάσταση των μέσων κατασβέσεως της πυρκαϊάς στο λεβητοστάσιο.

18.5 Σημεία που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή κατά τις επιθεωρήσεις.

18.5.1 Εξαρτήματα αυτομάτου ελέγχου.

Όποια εξαρτήματα, π.χ. πλωτήρας ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου, υπάρχουν μέσα στον ατμοθάλαμο, πρέπει να κινούνται ελεύθερα και να είναι απαλλαγμένα από λάσπη και εναποθέσεις χημικών προσθέτων.

18.5.2 Καυστήρες.

Οι βάσεις και τα πτερύγια των κώνων αέρα εξετάζονται για βλάβη και ελέγχον-



Σχ. 18.46.

Σειρά επιθεωρήσεως λέβητα MRR.

Πίσω κάτω συλλέκτης υδροτόιχου (16) – Συλλέκτης εμπρόσθιου υδροτόιχου (17) – Κάτω συλλέκτης μεσαίου υδροτόιχου (18) – Συλλέκτης μεσαίου υδροτόιχου (32) – Πίσω υδροτόιχος (39) – Εμπρόσθιος υδροτόιχος (40) – Μεσαίος υδροτόιχος (38) – Υδροτόιχος εστίας (36) – Συλλέκτης εισαγωγής πρώτου υπερθεμαντήρα (31) – Συλλέκτης εξόδου 2ου τμήματος πρώτου υπερθεμαντήρα (14) – Θυρίδες επιθεωρήσεως (6) – Αυλοί πρώτου υπερθεμαντήρα (43) – Αυλοί πρώτου υπερθεμαντήρα 2ο τμήμα (47) – Συλλέκτης εξόδου 2ου τμήματος πρώτου υπερθεμαντήρα (30) – Συλλέκτης εισαγωγής πρώτου τμήματος πρώτου υπερθεμαντήρα (13) – Συλλέκτης εισαγωγής πρώτου τμήματος δεύτερου υπερθεμαντήρα (12) – Συλλέκτης εισαγωγής δεύτερο τμήμα δεύτερου υπερθεμαντήρα (29) – Αυλοί χωρίσματος (37) – Αυλοί πρώτου τμήματος δεύτερου υπερθεμαντήρα (44) – Συλλέκτης εξόδου δεύτερου τμήματος δεύτερου υπερθεμαντήρα (28) – Συλλέκτης εξόδου αναθερμαντή (10) – Αυλοί δεύτερου τμήματος δεύτερου υπερθεμαντήρα (48) – Θύρα εισόδου (22) – Συλλέκτης εισαγωγής οικονομητήρα (27) – Πλευρικοί αυλοί καπνοθάλαμου (50) – Κώνοι αέρα (5) – Αυλοί οικονομητήρα (49) – Τρίστομη βαλβίδα (15) – Αυλοί κυκλοφορίας (20) – Αυλοί αναθερμαντή (46) – Μειωτήρας θερμοκρασίας (3) – Συλλέκτης εισόδου αναθερμαντή (9) – Κυκλωνικοί αποχωριστές (2) – Αφυπερθερμαντήρας (23) – Επάνω συλλέκτης διαχωρίσματος (19) – Εσωτερικός σωλήνας απαγωγής ατμού (4) – Συλλέκτης εξόδου οικονομητήρα (26) – Ντάμπερ αεροστεγανότητας (7) – Ακανθωτός αυλός οικονομητήρα (8).

ται ότι είναι ελεύθερα να λειτουργήσουν κανονικά. Οποιαδήποτε ένδειξη βλάβης στο δάπεδο της εστίας του λέβητα ή προσκρούσεις της φλόγας πάνω σ' αυλούς ή τα τοιχώματα του κώνου επιβάλλει την ευθυγράμμιση του καυστήρα.

18.5.3 Εστία, φλογοθάλαμος.

Οποιοσδήποτε εκτονωμένος αυλός που εξέχει στο φλογοθάλαμο περισσότερο από 3 mm από τον καθρέπτη, υπόκειται σε ρωγμή στις άκρες του. Η ρωγμή αυτή θα προχωρήσει και στο εκτονωμένο τμήμα του.

18.5.4 Θάλαμοι υδραυλωτών λεβήτων.

Οποιοδήποτε τμήμα ενός θαλάμου υδραυλωτού λέβητα δεν προστατεύεται από αυλούς και εκτίθεται σε ακτινοβολία, πρέπει να προστατεύεται από πυρίμαχο υλικό. Η κατάσταση του υλικού αυτού πρέπει να διαπιστώνεται σε κάθε επιθεώρηση, γιατί αν ο θάλαμος εκτεθεί στην ακτινοβολία, μπορεί να υποστεί ρωγμή λόγω θερμικής καταπόνησews.

Υπερβολική διαστολή μεταξύ θαλάμου και περιβλήματος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση των συνδετικών κοχλιών, με αποτέλεσμα διαρροή καυσαερίων. Αυτό συνήθως παρουσιάζεται μετά από πυρκαϊά στο λέβητα ή έκρηξη στην εστία.

Φωτιές υδρογόνου συμβαίνουν συχνά και η πλευρά του πρωτεύοντος κυκλώματος στους λέβητες διπτού κυκλώματος είναι, στατιστικά, πρώτη σ' αυτές τις περιπτώσεις. Οι περισσότεροι αυλοί καταστρέφονται, αλλά οι θάλαμοι καμιά φορά επαναχρησιμοποιούνται, αν οι δοκιμές για παραμόρφωση, ρωγμές, επιφανειακή σκληρότητα και μεταλλογραφική εξέταση αποβούν ικανοποιητικές. Οι φωτιές υδρογόνου συνήθως αποδίδονται σε φωτιές αιθάλης αλλά ίσως η συνύπαρξη χαμηλής στάθμης (έλλειψη νερού) στο πρωτεύον κύκλωμα να αποτελεί σοβαρή αιτία.

Αν στις εσωτερικές επιφάνειες παρουσιασθεί ευλογίαση, πρέπει να εξετασθεί η καλή λειτουργία της εξαεριστικής δεξαμενής και να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της χημικής επεξεργασίας του τροφοδοτικού νερού με υδραζίνη.

18.5.5 Οικονομητήρας.

Οξείδωση από τη μεριά των καυσαερίων είναι πιθανό να παρουσιασθεί αν η θερμοκρασία του τροφοδοτικού νερού πέσει κάτω από 115°C.

Αν τα στοιχεία του οικονομητήρα σχηματίζουν U και παρουσιάζουν ισχυρή διάβρωση στο καμπύλο τμήμα, τότε υπεύθυνοι είναι οι παραμορφωμένοι καθρέπτες. Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε διαρροή καυσαερίων και συσσώρευση αιθάλης.

Νερό που λιμνάζει ύστερα από πλύση του λέβητα ή συμπυκνωμένος ατμός απο εκκαπνιστή που διαρρέει μπορεί να είναι υπεύθυνο για διάβρωση από οξύ (υγρασία + θείο αιθάλης).

18.5.6 Συλλέκτες.

Χειροθυρίδες εξαγονται κατ' επιλογή για την επιθεώρηση των επιφανειών εδράσεως και το ελεύθερο της κυκλοφορίας στους επισκέψιμους αυλούς. Αν ο συλλέκτης έχει κλίση, τότε το υψηλότερο άκρο στην πάνω ημιπερίφεια μπορεί να παρουσιάσει διαβρώσεις γιατί εκεί δημιουργείται θύλακας αέρα.

18.5.7 Αναθερμαντήρας.

Τα διαφράγματα (ντάμπερ) του αναθερμαντήρα είναι τα πλέον ευπαθή σε ζημιές. Θερμική παραμόρφωση και απευθυγράμμιση των κουζινέτων του άξονα ελέγχου προκαλούν αδυναμία κινήσεώς τους. Τα διαφράγματα πρέπει να ελέγχονται και στη θερμή και στην ψυχρή κατάσταση ότι είναι ελεύθερα να κινηθούν. Υποστηρίγματα και κρεμαστάρια παρόλο ότι είναι από χρωμιονικελιούχο χάλυβα αντοχής σε θερμοκρασία, πρέπει να ελέγχονται για κάψιμο ή λέπτυνση.

18.5.8 Υπερθερμαντήρας.

Αν η τελική θερμοκρασία υπερθερμάνσεως ελέγχεται από διαφράγματα, τότε αυτά επιθεωρούνται όπως και τα διαφράγματα των αναθερμαντήρων.

Αν η τελική θερμοκρασία ελέγχεται με μειωτήρες θερμοκρασίας, τότε, συνήθως, αυτοί έχουν μία συνεχή απομάστευση για να αποφευχθούν προβλήματα εξυδατώσεως κατά τους χειρισμούς.

Αν υπάρχει διαρροή αφυπερθερμαντήρα στο θάλαμο, μπορεί να προκληθεί απότομη ψύξη των συλλεκτών του υπερθερμαντήρα, κυρίως κατά την εκκίνηση και μετά από μακριές περιόδους εν αναμονή διαταγών (σταντ-μπάυ). Οι συλλέκτες του υπερθερμαντήρα εξετάζονται προσεκτικά για ρωγμές οφειλόμενες σε θερμική καταπόνηση, κυρίως όπου υπάρχει χονδρό κορδόνι συγκολλήσεως.

Τα εσωτερικά διαφράγματα επίσης επιθεωρούνται, ώστε να υπάρχει η βεβαιότητα ότι είναι αδύνατη η βραχυκύκλωση κάποιας διαδρομής του ατμού που θα φέρει μηχανική διάβρωση.

Εναποθέσεις στην πρώτη διαδρομή του ατμού στον υπερθερμαντήρα είναι αποτέλεσμα αναβράσεως και αφρού.

Παραμόρφωση αυλών υπερθερμαντήρα οφείλεται σε προβλήματα εξυδατώσεως.

Τηγμένη σκουριά εξωτερικά των αυλών υπερθερμαντήρα αν είναι μεγάλη, έχει ως αποτέλεσμα υψηλές ταχύτητες καυσαερίων και επομένως τοπικές υψηλές θερμοκρασίες αυλών.

18.5.9 Προθερμαντήρας αέρα.

Οι προθερμαντήρες υποφέρουν από διάβρωση όταν η θερμοκρασία των καυσαερίων πέσει κάτω από το σημείο δρόσου. Οι προθερμαντήρες αλλά και τα περιβλήματά τους πρέπει να επιθεωρούνται προσεκτικά. Επίσης τα άκρα των αυλών κοντά στις αυλοφόρες πλάκες. Τρύπιοι αυλοί έχουν ως αποτέλεσμα τη βραχυκύκλωση του αέρα, με αποτέλεσμα την απώλεια πίεσεως αέρα στον κώνο του καυστήρα και επομένως ατελή καύση στην εστία.

Οι προθερμαντήρες αέρα με ατμό δεν παρουσιάζουν αυτό το πρόβλημα. Αυτοί παρουσιάζουν βρώμισμα από την πλευρά του εισερχόμενου αέρα, που καθαρίζεται εύκολα. Οι περιστρεφόμενοι προθερμαντήρες καυσαερίων αέρα δεν παρουσιάζουν αυτά τα προβλήματα εκτός από διαρροή καυσαερίων από τις τσιμούχες, με αποτέλεσμα να κάνουν αδύνατη την παραμονή στους γύρω χώρους.

18.5.10 Μειωτήρες θερμοκρασίας και αφυπερθερμαντήρες.

Και οι δύο συσκευές είναι συνήθως αυλωτού τύπου μέσα στον ατμο-

υδροθάλαμο και υδροθάλαμο. Διαρροή των τσοντών στις βιδωτές φλάντζες των συλλεκτών είναι δύσκολο να αποκατασταθεί λόγω μη εύκολης προσπελάσεως για σφίξιμο των παξιμαδιών στο εσωτερικό του θαλάμου. Η διαρροή αυτή επιτρέπει το νερό στη θερμοκρασία κορεσμού να περάσει στους ατμαγωγούς Υ.Π., με αποτέλεσμα ρωγμές από θερμική καταπόνηση. Οποιαδήποτε υποψία για διαρροή πρέπει να έχει ως επακόλουθο υδραυλική δοκιμή σε πίεση 10 bar περίπου.

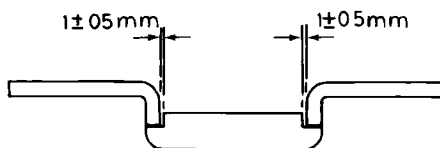
18.5.11 Κάσες βαλβίδων.

Συχνά παρουσιάζονται ρωγμές στα σώματα των βαλβίδων ή στο σώμα των κασών βαλβίδων. Μπορεί να οφείλονται σε απότομη εξάτμιση νερού σε ζώνη υψηλής θερμοκρασίας. Το νερό προέρχεται από προβολή του λέβητα. Αν όμως έχουν ξαναπαρουσιαστεί, τότε οφείλονται σε ελάττωμα συστολής του χυτού. Χυτές κάσες από χρωμιομολυβδαινιούχο χάλυβα (CrMo) ή βαναδιοχρωμιομολυβδαινιούχο (CrMoV) είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε τέτοιες ρωγμές. Η ρωγή πρέπει να εξετασθεί ακτινογραφικά ή με υπερήχους για να προσδιορισθεί η έκτασή της. Αλεπάλληλες συγκολλήσεις σε τίποτε δεν καταλήγουν. Η οικονομικότερη, ταχύτερη και ασφαλέστερη μέθοδος είναι η αντικατάσταση της κάσας ή της βαλβίδας.

18.5.12 Ανθρωποθυρίδες και χειροθυρίδες.

Το διάκενο εσωτερικά μεταξύ των χειλιών ελάσματος του λέβητα και της θυρίδας δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5 mm (σχ. 18.5a).

Αν είναι μεγαλύτερο, θα οφείλεται σε φθορά από διαρροή της τσόντας και επιβάλλεται η επισκευή της θυρίδας με συγκόλληση και εφαρμογή της με το χέρι.



Σχ.18.5a.
Εφαρμογή ανθρωποθυρίδας.

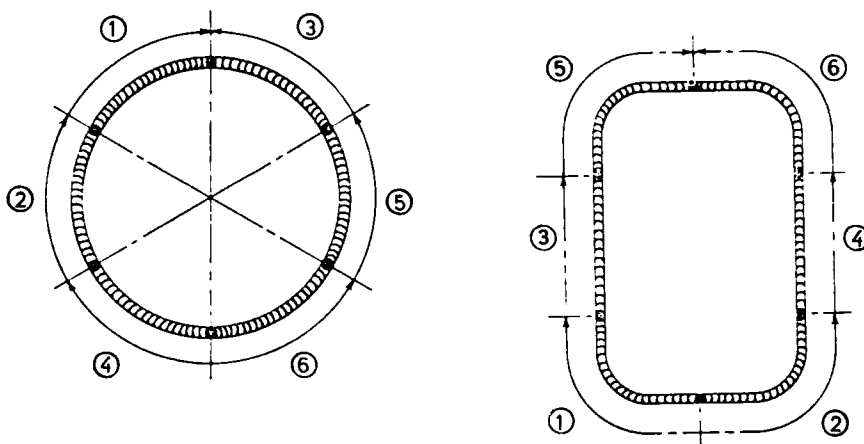
18.5.13 Ευλογίαση.

Αν η μεμονωμένη ευλογίαση δεν περνά σε βάθος το $\frac{1}{3}$ του πάχους του ελάσματος, τότε η καλύτερη μέθοδος είναι καλό βούρτσισμα με συρματόβουρτσα και τοποθέτηση ενός προστατευτικού στρώματος.

Αυτό το **προστατευτικό** στρώμα στους παλιούς φλογαυλωτούς λέβητες ήταν γραφίτης. Σήμερα απαγορεύεται η χρήση γραφίτη και στη θέση του χρησιμοποιούνται κατάλληλα βερνίκια.

Το γέμισμα με ηλεκτροσυγκόλληση μεμονωμένων ευλογιάσεων δε συνιστάται.

Αν η ευλογίαση είναι πυκνή και βαθιά, οπότε παίρνει τη μορφή της παραμορφώσεως ή της τοπικής φθοράς, τότε η καλύτερη λύση είναι το κόψιμο αυτής της περιοχής, η αφαίρεσή της ή και η τοποθέτηση μπαλώματος. Το μπάλωμα προτιμάται να είναι κυκλικό και αν δεν γίνεται αλλιώς ορθογώνιο χωρίς γωνίες. Αν απαιτείται συγκόλληση και από τις δύο όψεις, τότε καλύτερα να γίνει ταυτόχρονα με 2 συγ-



Σχ. 18.5β.

Σειρά που ακολουθείται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση μπαλώματος.

κολλητές. Η σειρά των κορδονιών φαίνεται στο σχήμα 18.5β και έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ψύξη άρα και την καλύτερη ποιότητα της συγκολλήσεως.

18.5.14 Ταξινόμηση καταλοίπων.

Κατά τις επιθεωρήσεις πρέπει τα κατάλοιπα των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών να εξετάζονται και να ταξινομούνται, ώστε αργότερα και μετά σχετική έρευνα να ληφθούν τα κατάλληλα διορθωτικά μέτρα.

18.5.15 Κατάλοιπα εξωτερικών επιφανειών.

α) Αιθάλη.

Η αιθάλη είναι ευρύς όρος, ο οποίος καλύπτει όλα τα προϊόντα τέφρας (εκτός από την τηγμένη σκουριά), τα οποία προέρχονται από την καύση στην εστία. Αυτά περιλαμβάνουν άνθρακα, πυρίμαχα υλικά, όπως άμμο, άλατα, θειικό νάτριο και προϊόντα καύσεως πολλών τύπων. Κατάλοιπα αιθάλης υπάρχουν υπό τύπο σκόνης ή συμπαγή.

Το σημείο αποθέσεως καθορίζει τον τύπο. Για παράδειγμα οι κορυφές των θαλάμων είναι επιδεικτικές συσσωρεύσεως στερεών μαζών συμπαγούς αιθάλης, ενώ οι επιφάνειες αυλών σε υψηλότερα μέρη των ατμογόνων δεσμών συσσωρεύουν τέφρα σε σκόνη. Τα άκρα των κάτω θαλάμων και τα άκρα συλλεκτών των σχεδόν κατακορύφων ατμογόνων αυλών, τα άκρα των οριζοντίων αυλών υπερθερμαντήρων μεταξύ των συλλεκτών και πλακών στεγανότητας, η κορυφή οικονομητήρων και οι καμπύλες των αυλών οικονομητήρων, που βρίσκονται στους προθάλαμους οικονομητήρων, είναι τα πλέον σημαντικά σημεία για συσσώρευση αιθάλης. Οι εναποθέσεις αιθάλης είναι απαράδεκτες γιατί απορροφούν νερό και οδηγούν στη γενική διάβρωση της εξωτερικής επιφάνειας των αυλών. Κατά συνέπεια τα σημεία αυτά πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά και να καθαρίζονται σε κάθε ευκαιρία. Η έκταση της βλάβης του μετάλλου του αυλού θα εκτιμηθεί μετά την αφαίρεση της αιθάλης.

β) Λιωμένη σκουριά.

Η λιωμένη σκουριά διαφέρει από την αιθάλη ως προς το ότι δεν είναι απλά συμπαγής τέφρα, αλλά μάλλον είδος αλατούχου υλικού πάνω στις επιφάνειες των αυλών. Θειικό νάτριο, μίγματα βαναδίου και σύνθετα μίγματα, καθώς και συνδυασμοί των δύο, είναι τα κύρια συστατικά της λιωμένης σκουριάς ναυτικών κατασκευών. Ενδεχομένως περιλαμβάνει ασβέστιο, νικέλιο, μόλυβδο, σίδηρο και άλλα στοιχεία.

Οι αυλοί υπερθερμαντήρων υπόκεινται ιδιαίτερα σε συσσώρευση λιωμένης σκουριάς και σε σοβαρές περιπτώσεις είναι πλήρως καλυμμένοι από κατάλοιπο σκουριάς υπό μορφή λάβας. Οι σκουριές είναι απαράδεκτες, γιατί ελαττώνουν την απορροφούμενη θερμότητα από τους αυλούς και επομένως μειώνουν την υπερθέρμανση. Επίσης αλλάζουν τη ροή των καυσαερίων και εντοπίζουν τις επιδράσεις της θερμότητας στα μεταλλικά μέρη που περιβάλλουν τη μάζα της σκουριάς. Ορισμένες σκουριές είναι αρκετά διαλυτές και μπορούν να καθαρισθούν με περιοδικές πλύσεις με νερό. Η έλλειψη θαλασσινού νερού από το πετρέλαιο και η χρησιμοποίηση καλής ποιότητας πετρελαίου είναι ωφέλιμα προληπτικά μέτρα.

γ) Προϊόντα διαβρώσεως.

Η διάβρωση σπάνια σχηματίζει σε μεγάλη κλίμακα εξωτερικές εναποθέσεις. Όμως, περιστασιακά, σοβαρή διαρροή καπνοδόχου, ή σοβαρή συμπύκνωση θειικού οξέος σε οικονομητήρα ή στα τμήματα του θερμαντήρα αέρα, θα δημιουργήσουν ογκώδεις εναποθέσεις θειικού σιδήρου. Τέτοιες εναποθέσεις μετατοπίζονται και **ψύχονται** στις απομακρυσμένες σειρές των ατμογόνων αυλών. Εφόσον παρουσιασθούν, πλύση με νερό και μηχανικός καθαρισμός είναι τα καλύτερα μέσα αφαιρέσεως των εναποθέσεων.

δ) Οξείδωση υψηλής θερμοκρασίας.

Με τον όρο αυτό καθορίζονται βαριά στρώματα μίγματος οξειδίου σιδήρου πάνω στην εξωτερική πλευρά, τα οποία σχηματίσθηκαν από την υπερθέρμανση του μετάλλου όπως και σε περιπτώσεις χαμηλής στάθμης νερού. Η εναπόθεση αποτελείται από διαδοχικά στρώματα χωρίς κανένα άλλο διακριτικό χαρακτηριστικό. Μοιάζουν με τα παράγωγα της διαβρώσεως αλλά συχνότατα ένας άπειρος μηχανικός μπορεί να τις θεωρήσει κακώς ως καθαλατώσεις.

18.5.16 Κατάλοιπα εσωτερικών επιφανειών.

α) Καθαλατώσεις.

Αν η χημική επεξεργασία του νερού του λέβητα είναι επιτυχημένη, δεν πρέπει να υπάρχουν καθαλατώσεις.

β) Ιλύς.

Η ιλύς είναι καθαλάτωση λόγω κατακαθίσεως. Είναι το αποτέλεσμα κατακαθίσεως αιωρούμενου υλικού πάνω σε δυσπρόσιτες επιφάνειες. Επομένως μπορεί να περιλαμβάνει καθαλάτωση και προϊόντα διαβρώσεως, τα οποία διέφυγαν από τους δυσπρόσιτους χώρους καθώς και αδιάλυτα προϊόντα αντιδράσεως από χημική κα-

τεργασία νερού. Επίσης περιλαμβάνει γενικά διάφορα υλικά από εξωτερικές πηγές, όπως λιπαντέλαιο.

Η μικροκατασκευή των καθαλατώσεων από ιλύ ποικίλλει από κονιοποιημένα λεπτά στρώματα ως μίγματα από διάφορο μόρια. Μπορούν να αναγνωρισθούν από τη μη ομοιόμορφη, εσωτερική κρυσταλλική κατασκευή. Η ιλύς αρχικά είναι μαλακή και δεν προσκολλάται, έτσι, ώστε να μη διατηρεί το σχήμα της εφόσον αφαιρεθεί μηχανικά. Όμως αν δεν καθαρισθεί κανονικά από την εσωτερική πλευρά με εξαγωγές και μηχανικό καθαρισμό, τείνει να κατακαεί πάνω στις θερμαινόμενες επιφάνειες, να γίνει σκληρή και να προσκολληθεί. Αυτό είναι πρόβλημα μέγιστης σημασίας. Η παρουσία αιωρούμενων ουσιών όπως λαδιού, λίπους ή χρώματος, μπορεί να προκαλέσει ιλύ, υπό μορφή μικρών βύλων που πήζουν σε μάζα μορφής πύσας.

Περιορισμένο ποσό μαλακής, μη συγκολλητής ιλύος, είναι αναπόφευκτη στις εσωτερικές πλευρές των λεβήτων. Περιέχει μικρές ποσότητες οξειδίων μετάλλου από βαθμιαία διάβρωση και μηχανική διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών στο τροφοδοτικό νερό και τα συστήματα του λέβητα, και αδιαλύτων φωσφορικών αλάτων από αντίδραση των μεταλλικών ιόντων με τις χημικές κατεργασίες του τροφοδοτικού νερού. Η ιλύς αυτή γενικά παραμένει σε αιώρηση κατά τις περιόδους λειτουργίας, και εναποτίθεται στις περιόδους μη λειτουργίας. Υπερβολική συσσώρευση ιλύος προλαμβάνεται με κανονικές εξαγωγές.

Η σπουδαιότητα των συχνών εξαγωγών και εξαφρίσεων έχει κατ' επανάληψη τονισθεί. Σε νεότερες, πιο υψηλών πιέσεων λέβητες, η ανάγκη αύξησης των εξαγωγών είναι μεγαλύτερη παρά στις παλαιότερες εγκαταστάσεις χαμηλών πιέσεων.

Στο παρελθόν οι προγραμματισμοί εξαγωγών ρυθμιζόνταν με βάση την αλατότητα του νερού του λέβητα. Τα κριτήρια αυτά δικαιολογούνταν κάπως στα παλιότερα πλοία, τα οποία είχαν λέβητες χαμηλών πιέσεων που τροφοδοτούνταν με πόσιμο νερό.

Κάτω από τέτοιες συνθήκες λειτουργίας, ο Α΄ Μηχανικός μπορεί να προγραμματίσει εκ του ασφαλούς εξαγωγή λόγω της υψώσεως της αλατότητας του νερού του λέβητα, και συνήθως μπορεί να περιμένει μέχρις αφιξέως του σε λιμένα, όπου διατίθεται άφθονο πόσιμο νερό προς ανεφοδιασμό του. Επίσης σε τέτοια πλοία, όταν οι λέβητες έχουν τις κανονικές ποσότητες αλκάλειος και φωσφορικών, η ιλύς η οποία σχηματίζεται στο λέβητα δεν **προσκολλάται** φυσικώς, το δε ποσοστό σε μεταλλικά οξείδια είναι σχετικά χαμηλό (30% σε βάρος ή λιγότερο). Σε λέβητα χαμηλής πίεσεως (κάτω από 27 bar) η αλκαλικότητα του νερού λέβητα μπορεί επίσης να τηρηθεί σε υψηλότερα όρια. Αυτό έχει τάση να τηρήσει την ιλύ διασκορπισμένη στο νερό του λέβητα, ή μπορεί κανείς να πεί σε πιά **ρευστή** κατάσταση, έτσι ώστε να μπορεί να αφαιρεθεί το μεγαλύτερο τμήμα της από το λέβητα με σχετικά μη συχνές εξαγωγές.

Η κατάσταση σε πλοία, με λέβητες σχετικά υψηλής πίεσεως (27-100 bar), τα οποία χρησιμοποιούν αποσταγμένο τροφοδοτικό νερό, διαφέρει κατά πολύ. Κάτω από ομαλές συνθήκες η αλατότητα του νερού λέβητα τηρείται από μόνη της σε πολύ χαμηλά όρια για μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμη και χωρίς εξαγωγή. Αυτό βέβαια δεν ισχύει στην περίπτωση διαρροής ψυγείου. Έτσι η χρησιμοποίηση της υψώσεως της αλατότητας για τον προγραμματισμό των εξαγωγών δεν είναι αξιόπιστη και στην πραγματικότητα είναι επικίνδυνη. Η αφαίρεση της ιλύος από το λέβητα με συχνές κανονικές εξαγωγές (αδιάφορα από την αλατότητα) είναι επιτακτική.

Η ιλύς περιέχει συνήθως 70% κατά βάρος μεταλλικά οξειδία, τα οποία προέρχονται κατά μεγάλο ποσοστό, όπως προηγουμένως ανεφέραμε, από διαβρώσεις.

Η ίδια τακτική πρέπει να εφαρμοσθεί σε εντελώς καινούργιους λέβητες.

Στους πρώτους μήνες μετά την αρχική ατμοποίηση, έχουν παρατηρηθεί μεγάλες ποσότητες ιλύος, παρά τη φροντίδα, η οποία ενδεχομένως να έχει ληφθεί προς καθαρισμό των λεβήτων μετά την άρμωσή τους και την αφαίρεση των προϊόντων οξειδώσεως ή ελαφριάς σκωριάσεως από τα τροφοδοτικά συστήματα. Αυτό για τον Α' μηχανικό είναι καταφανές στο νερό του λέβητα το οποίο είναι **πολύ ρυπαρό** ακόμη και μαύρο για αρκετούς μήνες. Κατά τη διάρκεια της εκκαθαριστικής αυτής περιόδου, οι εξαγωγές θα είναι τόσο μεγάλες και τόσο συχνές όσο επιτρέπουν οι συνθήκες λειτουργίας και το απόθεμα τροφοδοτικού νερού του πλοίου.

18.6 Χρησιμοποιούμενοι όροι.

Για την περιγραφή από τον επιθεωρητή της καταστάσεως του λέβητα, όπως αυτή προκύπτει από την επιθεώρησή του, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι όροι. Δίπλα σε κάθε ελληνικό όρο μπήκε και η Αγγλική ονομασία για τη διευκόλυνση των μαθητών:

Αποσυνθεμένος	= disintegrated
Αρπαγμένο	= seized
Αυλάκωση	= grooving
Βλογιοκομμένο	= pitted
Διαρροή	= leak
Εξογκωμένος	= bulged
Εκλεπτυσμένος	= thinned
Θραύση ή ρωγμή	
πυρότουβλου	= spalling
Καθαλάτωση	= scale
Καμένος	= burnt
Κατάρρευση	= collapse
Κυρτωμένος	= bulged
Μηχανική διάβρωση	= erosion
Οξείδωση	= corrosion
Παραμορφωμένος	= buckled
Πορώδης	= porous
Ραγισμένος	= cracked
Ρωγμή	= ruptured
Σκασμένος	= bursted
Σκουριά	= slag
Στρεβλωμένος	= distorted
Τριμμένο	= scored
Υπερθερμασμένος	= overheated
Φθορά	= wastage
Φουσκάλα (φλύκταινα)	= blister
Φραγμένος	= choked

18.7 Η υδραυλική δοκιμή.

Έτσι ονομάζεται η δοκιμή που γίνεται με υδραυλική πίεση και ο έλεγχος της αντοχής της στεγανότητας και της καλής κατασκευής (ή καταστάσεως) του λέβητα.

Η υδραυλική δοκιμή εκτελείται απαραίτητα σε καινούργιους λέβητες στο εργοστάσιο. Επίσης σε λέβητες, στους οποίους έγινε μερική ή γενική επισκευή ή αντικατάσταση αυλών. Τέλος, υδραυλική δοκιμή γίνεται κατά διάφορα χρονικά διαστήματα, τα οποία δεν ρυθμίζονται προηγουμένως από τους κανονισμούς, αλλά συγχρονίζονται μαζί με τις ειδικές και γενικές επιθεωρήσεις.

Η υδραυλική δοκιμή εκτελείται ως εξής:

Κατ' αρχήν γεμίζει ο λέβητας με νερό τελείως (μέχρις ότου αυτό εξέλθει από τον εξαεριστικό κρουνό). Το νερό μπορεί να είναι ψυχρό ή κατά την άποψη των αμερικανικών κανονισμών, θερμοκρασίας 65°C, ώστε η δοκιμή να μοιάζει με τις συνθήκες λειτουργίας του λέβητα από απόψεως θερμοκρασίας. Πραγματικά έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο να είναι στεγανός ο λέβητας κατά την υδραυλική δοκιμή με ψυχρό νερό και στη συνέχεια κατά τη λειτουργία λόγω των από τη θερμοκρασία διαστολών να παρουσιάζει διαρροές.

Μετά την πλήρωση του λέβητα ασφαλιζονται τα ασφαλιστικά και επακολουθεί η βαθμιαία ύψωση της πίεσεως με χειραντλία, μέχρι τα επιθυμητά όρια.

Ενώ υψώνεται η πίεση, επιθεωρούνται λεπτομερώς όλα τα τμήματα του λέβητα για διαρροές, μόνιμες παραμορφώσεις κλπ. Όταν παρουσιασθεί κάποια ανωμαλία ή παραμόρφωση, διακόπτεται αμέσως η δοκιμή, αποπιέζεται προοδευτικά ο λέβητας και λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα επισκευής του (ενίσχυσή του στα ασθενή σημεία) και επαναλαμβάνεται μετά ξανά η δοκιμή.

Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις παλιών λεβήτων μπορεί ο επιθεωρητής του Νηογνώμονα να επιβάλλει την παραπέρα δοκιμή του λέβητα μέχρι πίεσεως κατά 1-2 At κάτω από την πίεση στην οποία εμφανίσθηκε η ανωμαλία ή παραμόρφωση και να καθορίσει ανάλογα ελαττωμένη την πίεση λειτουργίας του λέβητα αυτού. Σε ευνοϊκή έκβαση της όλης δοκιμής μέχρι το όριο της πίεσεως διατηρείται αυτή για ένα τέταρτο ή μισή ώρα και στη συνέχεια αφήνεται να πέσει ομαλά. Απαγορεύεται η υπέρβαση αυτού του χρονικού ορίου.

Η υδραυλική δοκιμή εκτελείται σε πίεση πάντοτε μεγαλύτερη από την ανώτατη πίεση λειτουργίας του λέβητα. Η τιμή αυτή καθορίζεται από τους διάφορους κανονισμούς, οι οποίοι δε διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους. Έτσι οι αγγλικοί κανονισμοί του Lloyd's Register of Shipping και του Board of Trade υπαγορεύουν για λέβητες πίεσεως μέχρι 100 psi ότι η υδραυλική δοκιμή πρέπει να γίνεται σε τιμή διπλάσια από την πίεση λειτουργίας p , δηλαδή $2p$. Για λέβητες μεγαλύτερης πίεσεως 1,5 φορά την πίεση λειτουργίας συν 50 psi, δηλαδή $1,5p + 50$ psi. Οι γερμανικοί κανονισμοί υπαγορεύουν τα ίδια με τους αγγλικούς με μόνη εξαίρεση τα πλοία εσωτερικής ατμοπλοΐας τους. Γι' αυτά ορίζουν ότι, εφόσον η πίεση λειτουργίας δεν υπερβαίνει τις 4,5 At, η πίεση υδραυλικής δοκιμής θα είναι $1,3p + 3$ At.

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται σε καινούργιους λέβητες.

Οι υπερθερμαντήρες και οικονομητήρες τροφοδοτικού νερού υποβάλλονται στην ίδια δοκιμή με τον κυρίως λέβητα.

Με το όρο **υδροστατική** δοκιμή αντί υδραυλική νοείται εξάλλου η εκτελούμενη

δοκιμή στεγανότητας σε περιπτώσεις πολύ μικρών επισκευών με μόνη την πίεση της στήλης του νερού του υδροθάλαμου μέχρι τη στάθμη λειτουργίας του.

Γενικά πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι η υδραυλική δοκιμή πρέπει να αποφεύγεται ή μάλλον να μη εκτελείται αν δεν υπάρχει σοβαρός λόγος εκτελέσεώς της. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τους φλογαυλωτούς κυλινδρικούς λέβητες, οι οποίοι λόγω των μεγάλων διαμέτρων τους είναι πολύ ευπαθέστεροι στις κοπώσεις και τις μόνιμες παραμορφώσεις από τους υδραυλωτούς.

18.8 Έλεγχος πάχους ατμοθαλάμων ή υδροθαλάμων. Δοκιμή διατήρησης.

Ο έλεγχος αυτός αφορά την εξακρίβωση του πάχους των θαλάμων του λέβητα, όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι λόγω διαβρώσεων κατέβηκε σε μη επιτρεπόμενα όρια.

Ο έλεγχος εκτελείται με ειδικό μηχάνημα υπερήχων (ultra-sonic), το οποίο και παρέχει τις αντίστοιχες ενδείξεις.

Σε σπάνιες περιπτώσεις, και μόνο κατά την κρίση του εντεταλμένου επιθεωρητή του Νηογνώμονα, μπορεί να εκτελείται ο έλεγχος αυτός με διάτρηση των θαλάμων. Οι οπές που δημιουργούνται κλείνονται με ηλεκτροσυγκόλληση.

Η μέθοδος αυτή πάντως κρύβει ορισμένους κινδύνους, ιδίως όταν επακολουθεί ηλεκτρογόμωση των οπών, δεδομένου ότι δημιουργείται συσσώρευση τοπικών τάσεων στο υλικό που μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστα επακόλουθα. Κανονικά η απαλοιφή των τάσεων αυτών απαιτεί την εκτέλεση θερμικής κατεργασίας **ανοπτήσεως-επαναφοράς**. Για τους παραπάνω λόγους ο έλεγχος του πάχους των θαλάμων με διάτρηση κατά κανόνα αποφεύγεται. Προτιμάται έλεγχος με το μηχάνημα των υπερήχων.

18.9 Δοκιμή ατμοποίησης.

Είναι μεγάλης σημασίας γιατί με αυτή ελέγχεται η καλή λειτουργία του λέβητα και πραγματοποιείται η μέτρηση της ατμοποαραγωγικής του ικανότητας, της κατανάλωσης και του βαθμού αποδόσεώς του (παράγρ. 11.36).

18.10 Δοκιμή ασφαλιστικών.

Η δοκιμή ασφαλιστικών γίνεται για να ελεγχθεί η επάρκεια των ασφαλιστικών από απόψεως διατομής. Διαπιστώνεται δηλαδή η δυνατότητα εκφυγής όλου του παραγόμενου ατμού με πλήρη δράση των πυρών και ονομάζεται στα αγγλικά **accumulation test**.

Για την εκτέλεση της δοκιμής ρυθμίζονται τα ασφαλιστικά στην κανονική πίεση λειτουργίας, κλείνονται τελείως οι ατμοφράκτες του λέβητα και τίθενται τα πυρά σε πλήρη δράση.

Η στάθμη στον υπό δοκιμή λέβητα παραμένει σταθερή με την τροφοδοτική αντλία, η οποία αν είναι ατμοκίνητη κινείται με ατμό από άλλο λέβητα.

Με την έναρξη της δοκιμής η πίεση υψώνεται σιγά-σιγά, μέχρις ότου ανοίξουν τα ασφαλιστικά. Μετά το άνοιγμά τους όλη η παραγόμενη ποσότητα ατμού διοχετεύεται με αυτά προς την ατμόσφαιρα.

Από τους κανονισμούς του αγγλικού Lloyd's Register η δοκιμή καθορίζεται σε 15 πρώτα λεπτά, κατά το διάστημα των οποίων η πίεση του λέβητα δεν πρέπει να

υπερβεί την πίεση των ασφαλιστικών σε ποσοστό μεγαλύτερο από 10%. Από το Αγγλικό Ναυαρχείο εξάλλου η διάρκεια της δοκιμής ορίζεται σε 10 πρώτα λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων η πίεση δεν πρέπει να υπερβεί περισσότερο από 3% την πίεση λειτουργίας.

Σύμφωνα με τους κανόνες των Νηογνωμόνων, η δοκιμή των ασφαλιστικών ακολουθεί κάθε χρόνο τις επιθεωρήσεις του λέβητα: Τότε άλλωστε θεωρείται τελειωμένη η επιθεώρηση του λέβητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

19.1 Χάλυβες και χαλυβοκράματα.

Στην κατασκευή λεβήτων χρησιμοποιούνται υπό μορφή ελασμάτων, σωλήνων και χυτευμάτων, χάλυβες και χαλυβοκράματα διαφόρων χημικών συνθέσεων, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του λέβητα.

Η πίεση του λέβητα και οι θερμοκρασίες στα διάφορα τμήματά του καθορίζουν απόλυτα το χάλυβα που θα χρησιμοποιηθεί.

Ο χάλυβας πρέπει να κατασκευάζεται με τις ακόλουθες μεθόδους:

- α) Ανοικτής καμίνου.
- β) Βασικού οξυγόνου.
- γ) Ηλεκτρικής καμίνου.

Όλα τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή ενός λέβητα είναι χωρίς ρωγμές, επιβλαβείς ατέλειες επιφάνειας, απολεπιδώσεως και παρομοίων ελαττωμάτων. Στον πίνακα 19.1.1 αναφέρονται ξεχωριστά οι προδιαγραφές των χαλυβδίνων τμημάτων των λεβήτων Χ.Π. και Υ.Π. Οι προδιαγραφές αναφέρονται στα αγγλικά πρότυπα (B.S.), αμερικανικά (ASTM) και γερμανικά (DIN). Οι προδιαγραφές των διαφόρων Νηογνωμόνων ακολουθούν τα παραπάνω πρότυπα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.1.1.
ΛΕΒΗΤΕΣ Χ.Π. ΚΕΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ

Τμήμα λέβητα	BS	ASTM	DIN
Περίβλημα, καθρέπτες, ουρανός φλογοθαλάμου, φλογοθάλαμος, καπναγωγός, οχετός καυστήρων.	1501-151-Gr.28A	A285-Gr.C	H 1, H 11, H111-17155 17 Mn 4-17155 19 Mn 5-17155
Εστία	1501-151-Gr.28A	A53-Gr.B	H1, H11, H111-17155
Αυλοί	3059 Part 1 Steel 33.ERW or HFS	A178-Gr.A	St.35.8-17175 St.45.8-17175
Ενδέτες (πράντες)	1502-161 Gr.28	A31-Gr.B	C22, C35-17240 St.42.2-17100
Κατακόρυφοι σωλήνες και ακροφύσια	3602 HFS 23	A181-Gr.1 (Forgings)	St.35.8-17175 St.45.8-17175

**ΠΙΝΑΚΑΣ 19.1.1.
ΛΕΒΗΤΕΣ Χ.Π. ΚΕΚΟΡΕΣΜΕΝΟΥ ΑΤΜΟΥ**

Τμήμα λέβητα	BS	ASTM	DIN
Ελάσματα ανθρωποθυρίδων και χειροθυρίδων και οι γέφυρές τους	1501-151-Gr.28A	A285-Gr.C	H1, H11 - 17155
Φλάντζες	4360-43A	A181-Gr.1 (Forgings)	H1, H11 - 17155 19 Mn 5-17155 15 Mo 3-17155
ΛΕΒΗΤΕΣ Υ.Π. ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΥ ΑΤΜΟΥ			
Τμήμα λέβητα	BS	ASTM	DIN
Ατμοθάλαμοι υδροθάλαμοι	1501-213-Gr.32 1501-221-Gr.32 1501-223-Gr.32 1501-224-Gr.32 1501-271B	A516-Gr.70	H1, H11, H111-17155 17 Mn 4-17155 19 Mn 5-17155 15 Mo 3-17155 13 Cr.Mo 44-17155
Συλλέκτες (ανάλογα με τη μέγιστη θερμοκρασία υπολογισμού)	3602 HFS 27 and 35 3602 HF 620 and 622 3604 HF 620 1501-271B	A106-Gr.B A335-Gr.P-11 and P-22	St. 35.8-17175 St.45.8-17175 15 Mo.3-17175 13 Cr.Mo44-17175 10 Cr.Mo. 910-17175
Αυλοί κυκλοφορίας	3602 HFS 27 and 35	A106-Gr.B	St.45.8-17175
Εσωτερικοί σπαραγωγοί	3602 HFS 35 3604 HF 622	A106-Gr.B	St.35.8-17175 13 Cr. Mo 44-17175 St.45.8-17175
Αυλοί υπερθερμαντήρων η οικονομητήρων. Αυλοί υδροτοιχών και σωλήνων ανόδου (ανάλογα με τη μέγιστη θερμοκρασία υπολογισμού)	3059 Pt.2.ERW St.33. Pt.2.St.45. Pt.2.St.620 Pt.2.St.622 3602 3604	A178-Gr.A A192 A213-Gr.T-11 and T-22. A423-Gr.1.	St.35.8-17175 St.45.8-17175 13 Cr.Mo.44-17175 10 Cr.Mo.910-17175
Ακροφύσια και κατακόρυφοι σωλήνες	3602 HFS 27S 3604 24Part 4 Class B. (Forgings)	A105 (Forgings) A182 Gr.F-11	St.35.8-17175 St. 45.8-17175

19.2 Λέβητες Χ.Π.

Οι χάλυβες για το περίβλημα, τους καθρέπτες, τον ουρανό του φλογοθάλαμου, το φλογοθάλαμο, τον καπναγωγό, τους οχετούς καυστήρων, τα ελάσματα ανθρωποθυρίδων και τις γέφυρές τους, είναι ανθρακούχοι ενδιάμεσης αντοχής εφελκυσμού, με ανώτατο πάχος 50,8 mm, η χημική σύνθεσή τους είναι: άνθρακας μεγ. % 0,28, μαγγάνιο μεγ. % 0,90, φωσφόρος μεγ. % 0,035, θείο μεγ. % 0,045. Η αντο-

χή εφελκυσμού είναι 39-46 κρ/mm² και το όριο ροής ελάχιστο 21 κρ/mm².

Το υλικό για την εστία πρέπει να είναι χωρίς ραφή ή συγκολλημένο με ηλεκτρική αντίσταση. Η χημική του σύνθεση επί τοις % είναι: άνθρακας 0,30, μαγγάνιο 1,20, φωσφόρος 0,05, θείο 0,06. Η ελάχιστη αντοχή εφελκυσμού είναι 42,2 κρ/mm² και το ελάχιστο όριο ροής 24,5 κρ/mm².

Οι αυλοί είναι από ανθρακούχο χάλυβα συγκολλημένο με ηλεκτρική αντίσταση. Η χημική σύνθεση του χάλυβα επί τοις % είναι: άνθρακας 0,06-0,18, μαγγάνιο 0,27-0,63, φωσφόρος 0,05, θείο 0,06. Τα παραπάνω στοιχεία υφίστανται ομαλοποίηση σε θερμοκρασία υψηλότερη της ανώτερης κρίσιμης θερμοκρασίας.

Οι μηχανικές δοκιμές αφορούν επιπέδωση, αυχενισμό, θλίψη, αντίστροφη επιπέδωση και υδροστατική. Η υδροστατική δοκιμή γίνεται σε διάφορες πιέσεις, ανάλογα με τη διάμετρο του αυλού, όπως παρακάτω:

έξωτ. διάμετρος αυλών πίεση δοκιμής κρ/cm²

25,4	70,3
25,4 – 38,1	105
38,1 – 50,8	140
50,8 – 76,2	175
76,2 – 127	245
127 και άνω	315

Ο χάλυβας για τους ενδότες (τιράντες) πρέπει να έχει αντοχή σε εφελκυσμό 41-48 κρ/mm² και ελάχιστο όριο ροής 20 κρ/mm².

19.3 Λέβητες Υ.Π.

Χαρακτηριστικές διαφορές σε σχέση με τους προηγούμενους χάλυβες παρουσιάζουν οι χάλυβες για τους λέβητες Υ.Π.

Έτσι, για τους ατμοθάλαμους και υδροθάλαμους τα ελάσματα πρέπει να υποβάλλονται σε θερμική κατεργασία, ώστε να επιτευχθούν λεπτοί κόκκοι, που γίνονται είτε με επαναφορά είτε με ομοιόμορφη θέρμανση για την περίπτωση διαμορφώσεως σε θερμό. Η χημική σύνθεση επί τοις % είναι: άνθρακας 0,27 για ελάσματα πάχους 12,7 mm και αυξάνει προοδευτικά στο 0,31% για ελάσματα πάνω από 101 μέχρι και 203 mm, μαγγάνιο 0,85 ως 1,25, φωσφόρος μέγ. 0,035, θείο μέγ. 0,04. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι 49,5-60 κρ/mm² και το ελάχιστο όριο ροής 27 κρ/mm².

Οι συλλέκτες, οι αυλοί κυκλοφορίας και οι εσωτερικοί ατμαγωγοί κατασκευάζονται από χάλυβα για χαλύβδινους σωλήνες χωρίς ραφή. Οι χάλυβες πρέπει να είναι καθησυχασμένοι, δηλαδή να έχουν υποστεί θερμική κατεργασία επαναφοράς σε θερμοκρασία κάτω από το κρίσιμο σημείο του, με σκοπό την αφαίρεση των εσωτερικών τάσεων. Η χημική σύνθεση επί τοις % είναι: άνθρακας 0,30, μαγγάνιο 0,29-1,06, φωσφόρος 0,048, θείο 0,058, πυρίτιο 0,10 (ελάχιστο). Το υλικό υποβάλλεται σε δοκιμές εφελκυσμού, κάμψεως, επιπεδώσεως και υδροστατική. Η ελάχιστη αντοχή εφελκυσμού είναι 42,2 κρ/mm² και το ελάχιστο όριο ροής 24,5 κρ/mm². Η υδροστατική δοκιμή είναι ανάλογη με την εξωτερική διάμετρο του σωλήνα, ο οποίος πρέπει να ανταπεξέρχεται σε τέτοια εσωτερική πίεση που θα προ-

καλούσε τάση στο τοίχωμα του σωλήνα ίση με το 60% της καθορισμένης ελάχιστης ροής σε θερμοκρασία δωματίου. Η μέγιστη πίεση δοκιμής δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 176 kρ/mm² για σωλήνες με εξωτερική διάμετρο 89 mm και κάτω ή 197 kρ/mm² για μεγαλύτερες διαμέτρους.

Όταν αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία λειτουργίας του λέβητα η παραπάνω ποιότητα χάλυβα δεν είναι επαρκής να καλύψει την ασφάλη λειτουργία του λέβητα. Στις περιπτώσεις αυτές ο χάλυβας για σωλήνες κραμάτων χωρίς ραφή πρέπει να παράγεται με τη μέθοδο της ηλεκτρικής καμίνου. Οι σωλήνες πρέπει να είναι τέλεια ανοπτημένοι. Η χημική σύνθεση επί τοις % είναι: άνθρακας 0,15, μαγγάνιο 0,30-0,60, φωσφόρος 0,030, θείο 0,030. Οι χάλυβες υψηλότερων θερμοκρασιών περιέχουν πυρίτιο 0,50-1,00, χρώμιο 1,00-1,50 και μολυβδαίνιο 0,44-0,65, ενώ οι χάλυβες πάρα πολύ υψηλών θερμοκρασιών περιέχουν πυρίτιο 0,50, χρώμιο 1,90-2,60 και μολυβδαίνιο 0,87-1,13. Η ελάχιστη αντοχή σε εφελκυσμό και των τελευταίων είναι 42,2 kρ/mm² και το ελάχιστο όριο ροής 21 kρ/mm².

Οι αυλοί υπερθερμαντήρων, οι αυλοί οικονομητήρων, οι αυλοί υδροτοίχων και οι σωλήνες ανόδου κατασκευάζονται από χάλυβα διαφόρων ποιοτήτων, ανάλογα με την πίεση και θερμοκρασία λειτουργίας του λέβητα.

Ο αμερικανικός νηογνώμονας ABS διακρίνει τις ποιότητες H, N και P.

Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια επί %

Χημική σύνθεση	H	N	P
Άνθρακας	0,06-0,18	0,15	0,15
Μαγγάνιο	0,27-0,63	0,30-0,60	0,30-0,60
Φωσφόρος	0,048	0,030	0,030
Θείο	0,058	0,030	0,030
Πυρίτιο	0,25	0,50-1,00	0,50
Χρώμιο	—	1,00-1,50	1,90-2,60
Μολυβδαίνιο	—	0,44-0,65	0,87-1,13

Και οι τρεις ποιότητες χάλυβα υφίστανται τις εξής μηχανικές δοκιμές: επιπέδωση, σκληρότητα, υδροστατική και οι N και P εφελκυσμό.

Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι για τον H 33 kρ/mm² (ελάχιστο) και για τους N και P 42 kρ/mm² (ελάχιστο) ενώ το όριο ροής αντίστοιχα είναι 18,5 kρ/mm² και 21 kρ/mm² (ελάχιστο).

Οι μέθοδοι κατασκευής-συναρμοлогіσεως των λεβήτων.

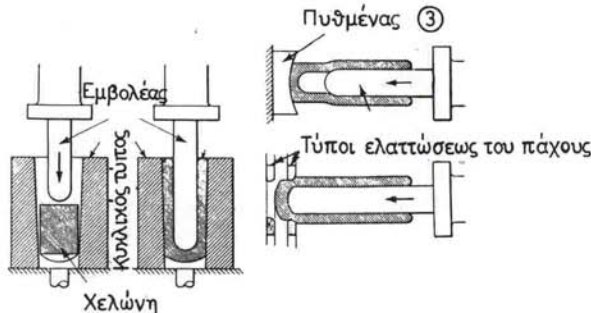
Γενικά.

Οι συνηθισμένες μέθοδοι κατασκευής των λεβήτων είναι η της σφυρηλασίας και εξελάσεως, της καρφώσεως και της συγκολλησεως. Από τις παραπάνω μεθόδους η κάρφωση ελάχιστα χρησιμοποιείται σήμερα κι έχει αντικατασταθεί σχεδόν τελείως από τη συγκόλληση.

19.4 Η εξέλαση.

Αυτή αφορά κυρίως την κατασκευή των λεγομένων τραβηκτών θαλάμων και αυλών χωρίς ραφή.

Στο σχήμα 19.4α παριστάνονται οι τέσσερις φάσεις εξελάσεως ενός τραβηχτού θαλάμου λέβητα. Στη θέση (1) το θερμό υλικό, από το οποίο θα κατασκευασθεί ο θάλαμος, διατρύπεται μέσα σε κατάλληλο κωνικό τύπο (καλούπια) και παίρνει τη μορφή της θέσεως (2). Στη συνέχεια σε θέση (3) διανοίγεται κατά διάμετρο, ενώ στη θέση (4) ελαττώνεται το πάχος του θαλάμου στο επιθυμητό.



Σχ. 19.4α.

Διαδοχικές φάσεις εξελάσεως τραβηχτού θαλάμου λέβητα.

Ο θάλαμος που προκύπτει με αυτό τον τρόπο τονίρεται και μετά επαναθερμαίνεται και κλείνεται το ανοικτό άκρο του. Στη συνέχεια συγκολλώνται πάνω σ' αυτόν όλες οι συνδέσεις (λαιμοί κλπ.) και κατόπιν υποβάλλεται σε ανόπτηση-επαναφορά για την απαλλαγή του από τις εσωτερικές τάσεις λόγω κατεργασίας.

Στο σχήμα 19.4β εικονίζονται οι διαδοχικές φάσεις κατασκευής των τραβηκτών αυλών με ψυχρή εξέλαση. Σ' αυτή παίρνουμε τεμάχιο υλικού τόσο, όσο το βάρος του αυλού, ο οποίος πρέπει να προκύψει. Θερμαίνεται αυτό σε 1150°C, για να υποστεί τη διάτρηση.

Η πρώτη φάση (1) της διατρήσεως του υλικού γίνεται με *εισολή* με σύγχρονη περιστροφή με τη βοήθεια των κώνων του σχήματος απ' όπου παίρνεται το τεμάχιο με τη μορφή ενός μικρού και χονδρού αυλού.

Κατά τη δεύτερη φάση (2) και ενώ ο αυλός είναι ακόμα θερμός, εξέλκεται περίπου στις διαστάσεις του με τη βοήθεια δύο αντίθετα περιστρεφόμενων κυλίνδρων και βολβοειδούς άξονα.

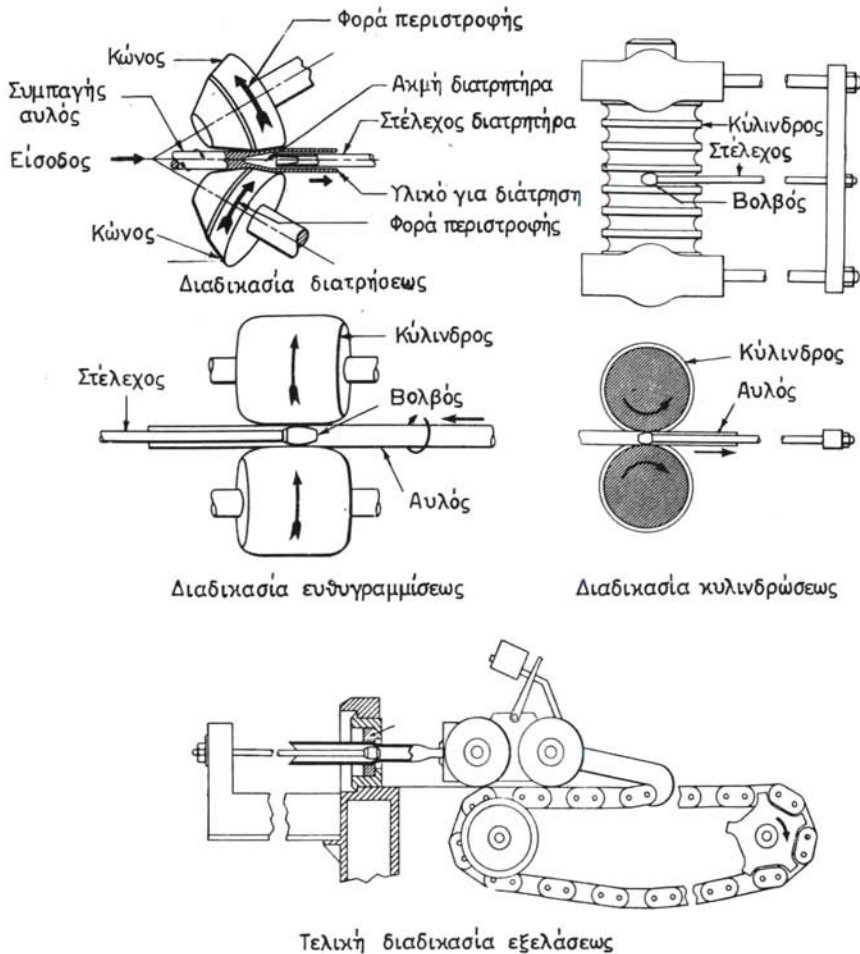
Κατά την τρίτη φάση (3) ο αυλός ευθυγραμμίζεται, και στη συνέχεια υποβάλλεται σε καταλληλή θερμική επεξεργασία και αφήνεται να ψυχθεί.

Η τέταρτη φάση (4) συνίσταται σε εξέλαση σε ψυχρό κατά την οποία αποκτά τις τελικά οριστικές διαστάσεις του και την αναγκαία στιλπνότητα επιφάνειας.

Κατόπιν ο αυλός επαλείφεται εσωτερικά και εξωτερικά με αντιδιαβρωτικό, το οποίο και αφαιρείται πριν από την τοποθέτηση του αυλού στο λέβητα.

19.5 Η κατασκευή θαλάμων.

Οι περισσότεροι απ' τούς θάλαμους (ατμοθάλαμοι και υδροθάλαμοι) κατα-



Σχ. 19.4β.

Διαδοχικές φάσεις κατασκευής τραβηχτών αυλών.

σκευάζονται από δύο χαλύβδινα ελάσματα ημικυκλικού σχήματος. Τό κάτω έλασμα των ατμοθαλάμων και τό πάνω έλασμα του υδροθαλάμου έχουν μεγαλύτερο πάχος άρα και μεγαλύτερη αρχική αντοχή. Και αυτό γιατί η αντοχή του ελαττώνεται σημαντικά με το άνοιγμα των τρυπών για τους αυλούς. Το άλλο μισό των κυλινδρων ονομάζεται έλασμα περικαλύμματος (Wrapper sheet). Τα άκρα των θαλάμων, δηλαδή οι κεφαλές των θαλάμων κατασκευάζονται με σφυρηλάτηση.

Η σύνδεση των ημικυλινδρων των θαλάμων αφού κατεργασθούν οι ακμές τους, γίνεται με ηλεκτροσυγκόλληση με αυτόματη μηχανή. Επίσης με τη μηχανή συγκολλούνται και οι κεφαλές. Στο τέλος συγκολλούνται με το χέρι οι διάφοροι μαστοί πάνω στους οποίους θα συνδεθούν τα διάφορα εξαρτήματα του λέβητα. Ο θάλαμος υφίσταται εξέταση με ακτίνες Χ για την εύρεση τυχόν ελαττωμάτων, και ανόπηση σ' ένα φούρνο για την αφαίρεση των τάσεων που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια της κατεργασίας. Μετά την ανόπηση εκτελείται υδροστατική δοκιμή και

εφόσον όλες οι παραπάνω δοκιμές είναι επιτυχείς, ανοίγονται οι τρύπες των αυλών.

19.6 Οι συγκολλήσεις στους λέβητες.

Κατά τη συγκόλληση τμημάτων των λεβήτων εφαρμόζεται πάντοτε η αυτογενής συγκόλληση ανεξάρτητα από τη μέθοδο της συγκολλήσεως (δηλαδή του αν αυτή εκτελείται με τη μέθοδο της οξυγονοασετυλίνης, οξυγονοϋδρογόνου, ηλεκτροσυγκολλήσεως με βολταϊκό τόξο με επενδυμένα ηλεκτρόδια ή άλλες μεθόδους, κατά τις οποίες το σημείο της συγκολλήσεως προστατεύεται από την επίδραση της ατμόσφαιρας) ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

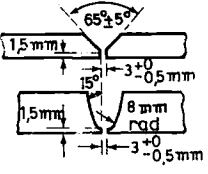
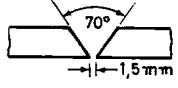
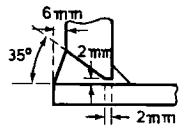
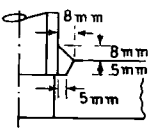
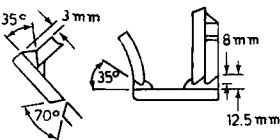
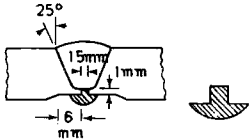
- Όλες οι συγκολλήσεις πρέπει να εκτελούνται κάτω από την εποπτεία του επιθεωρητή του Νηογνώμονα.
- Οι μέθοδοι συνδέσεως με συγκόλληση εκτελούνται με τρόπους τυποποιημένους.

Στόν πίνακα 19.6.1 αναφέρονται οι τυπικές παραδεκτές μέθοδοι συγκολλήσεως των διαφόρων μερών του λέβητα με τις απαραίτητες σε κάθε σχέδιο πληροφορίες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.6.1.
Τυπικές παραδεκτές μέθοδοι συγκολλήσεως.

Περιγραφή	Υλικό	Διαδικασία συγκολλήσεως	Ηλεκτρόδιο ή σύρμα	Προ-θέρμανση	Θέρμανση μετά	Επιθεώρηση
Κορδόνι συγκολλήσεως σε αυλούς, στοιχεία οικονομητήρων, αυλούς υπερθερμαντήρων από μαλακό χάλυβα, αυλούς κυκλοφορίας, σωλήνες τροφοδοτήσεως και ανόδου με εξωτερική διάμετρο κάτω από 170 mm	Μαλακός χάλυβας	1) Διαδρομή βάσεως TIG, υπόλοιπα κορδόνια, μεταλλικό τόξο με το χέρι 2) εξ ολοκλήρου TIG ή 3) εξ ολοκλήρου οξυγονοασετυλίνη	12G ηλεκτρόδιο 2-4 mm σύρμα γεμίσματος	1) Καμία 2) Καμία 3) Καμία	1) Καμία 2) Καμία 3) Φλόγα επαναφοράς 900/920°C επί 2 min	Οπτική και 10% ακτινογραφία
Κορδόνι συγκολλήσεως σε συλλέκτες και αυλούς με εξωτερική διάμετρο πάνω από 170 mm	Μαλακός χάλυβας	Διαδρομή βάσεως TIG, υπόλοιπα κορδόνια, μεταλλικό τόξο με το χέρι	2-4 mm σύρμα γεμίσματος 12G & 10G ηλεκτρόδιο	Καμία μέχρι 20 mm πάχους 100°C πάνω από 20 mm - 75 mm πάχους 150°C πάνω από 75 mm πάχους	Καμία 580/620°C 580/620°C	Οπτική και 100% ακτινογραφία
Κορδόνι συγκολλήσεως σε στοιχεία υπερθερμαντήρα 1 Cr 1/2 Mo	1Cr ¹ / ₂ Mo	1) Διαδρομή βάσεως TIG υπερθερμαντήρα 1 Cr ¹ / ₂ Mo Μεταλλικό τόξο με το χέρι 2) εξ ολοκλήρου TIG	2-4 mm σύρμα γεμίσματος 12G ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου	100°C	620/670°C	Οπτική και 10% ακτινογραφία

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.6.1.
Τυπικές παραδεικτικές μέθοδοι συγκολλήσεως.

Περιγραφή	Υλικό	Διαδικασία συγκολλήσεως	Ηλεκτρόδιο ή σύρμα	Προ-θέρμανση	Θέρμανση μετά	Επιθεώρηση
<p>Κορδόνι συγκολλήσεως σε στοιχεία υπερθεμαντήρα 1 Cr 1/2 Mo</p> 	2) 1/4 CrMo	1) Διαδρομή βάσεως TIG, υπόλοιπα κορδόνια μεταλλικό τόξο με το χέρι 2) εξ ολοκλήρου TIG	2-4 mm σύρμα γεμίσματος 12 G ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου	150°C	650/690°C	Οπτική και 10% ακτινογραφία
<p>Κορδόνι ελασμάτων σε εστίες, φλογόθαμους που υπόκεινται σε εξωτερικές πιέσεις</p> 	Μαλακός χάλυβας	εξ ολοκλήρου οξυγονοασετυλίνη	10 C & 8G ηλεκτρόδια ρουτιλίου	Καμία	Καμία	Οπτική, 100% έλεγχος για ρωγμές, 10% ακτινογραφία
<p>Ενωση καθρεπτών αυλών με περίβλημα</p> 	Μαλακός χάλυβας	εξ ολοκλήρου οξυγονοασετυλίνη	10G, 8G & 6G ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου	550°C	Καμία	Οπτική, 100% έλεγχος για ρωγμές
<p>Αυλοί ή μασοί σε συλλέκτες</p> 	Μαλακός χάλυβας	Μεταλλικό τόξο με το χέρι	10G & 8G ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου	450°C	580/620°C	Οπτική, 100% έλεγχος για ρωγμές
<p>Καπναγωγός και σχετός καυστήρων</p> 	Μαλακός χάλυβας	Μεταλλικό τόξο με το χέρι	10G & 8G ηλεκτρόδια ρουτιλίου	Καμία	Καμία	Οπτική, 100% έλεγχος για ρωγμές
<p>Εσωτερικοί ατμαγωγί, έξοδος υπερθεμαντήρα προς κ. ατμαγωγό</p> 	1) 2 1/4 Cr 1 Mo 2) 1/2 Cr 1/4 Mo	Τηκόμενο παρενθεμα βάσεως, υπόλοιπα κορδόνια, μεταλλικό τόξο με το χέρι	12G, 10G & 8G ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου	200°C	1) 650/690°C 2) 650/710°C	Οπτική, μαγνητικός έλεγχος ρωγμών τήξεως βάσεως, 100% ακτινογραφία

19.6.1 Λεπτομέρειες συγκολλήσεων.

Όλες οι ελασματοουργικές εργασίες επισκευής σε τμήματα του λέβητα υπό πίεση πρέπει να συγκολλούνται με πλήρη διείσδυση σε ευθείς ραφές ή σε ραφές T και από τις δύο όψεις.

Σε ορισμένες περιπτώσεις στην πράξη είναι αποδεκτή από το Νηογνώμονα η συγκόλληση με πλήρη διείσδυση από τη μια μεριά μόνο, εφόσον υπάρχουν εξαιρετικά καλά εκπαιδευμένοι συγκολλητές. Όταν η μια όψη δεν είναι προσιτή, τότε η βάση της ραφής συγκολλήσεως πρέπει να υποστεί σύντηξη, ώστε να εξασφαλισθεί η πλήρης διείσδυση. Αυτό, συνήθως, επιτυγχάνεται με τη χρήση λαπάτσας στην απρόσιτη πλευρά. Η λαπάτσα απομακρύνεται μετά τη συγκόλληση αν και πολλές φορές αυτό δεν είναι εύκολο. Πάντως πρέπει με κάθε τρόπο να απομακρύνεται η λαπάτσα από θερμαινόμενες επιφάνειες, όπου η παρουσία της θα έχει ως αποτέλεσμα δυσκολία στη μετάδοση της θερμότητας και κατά συνέπεια τοπική υπερθέρμανση. Αλλά και όταν η λαπάτσα δεν είναι σε θερμαινόμενη επιφάνεια, κατακρατεί όξινα κατάλοιπα από τον καθαρισμό του λέβητα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν τοπικές διαβρώσεις. Επίσης η λαπάτσα δυσχεραίνει την ορθή ερμηνεία των ακτινογραφίσεων της συγκολλήσεως.

Για επισκευές σε αυλούς (κυκλοφορίας, τροφοδοτικούς συλλεκτών, υποστηρίγμάτων και εσωτερικούς ατμαγωγούς) βασική επιδίωξη είναι να εξασφαλισθεί μια καλή ομαλή ραφή. Αυτή επιτυγχάνεται με τις εξής μεθόδους:

- α) Κλειστή ραφή με σύντηξη της βάσεως με τη μέθοδο αδρανούς αερίου (TIG) χωρίς ηλεκτρόδιο. Τα υπόλοιπα κορδόνια μπορούν να γίνουν με ηλεκτρικό τόξο και ηλεκτρόδιο.
- β) Ανοικτή ραφή με σύντηξη της βάσεως με τη μέθοδο αδρανούς αερίου και με τη χρήση ηλεκτροδίου. Τα υπόλοιπα κορδόνια μπορούν να γίνουν με τόξο και ηλεκτρόδια.
- γ) Εισαγωγή εύθικτης βάσεως που τήκεται με τη διαδικασία TIG (πίνακας 19.6.1). Τα υπόλοιπα κορδόνια γίνονται με τόξο και ηλεκτρόδια.

Η τελευταία μέθοδος έχει το πλεονέκτημα να σχηματίζει ομαλή επιφάνεια συγκολλήσεως στο εσωτερικό του αυλού, αλλά πρέπει να προστατευθεί η εξωτερική επιφάνεια από την οξείδωση με απαλλαγή του εσωτερικού του αυλού από τον αέρα διοχετεύοντας ρεύμα αργού.

Κάθε κορδόνι συγκολλήσεως πρέπει να καθαρίζεται τελείως από τις σκουριές και σε κάθε περίπτωση δύο τουλάχιστο κορδόνια πρέπει να εναποτίθενται. Στο τέλος η επιφάνεια της ραφής πρέπει να γίνει αρκετά λεία. Αυτό επιτυγχάνεται με την κάλυψη της συγκολλήσεως με ένα τελείως λείο κορδόνι ή με λείανση με τροχό, ώστε να έχουμε φινιρίσμα κατάλληλο για ακτινογραφικό έλεγχο.

19.6.2 Αφαίρεση τάσεων.

Για την αφαίρεση των τάσεων που δημιουργήθηκαν κατά τη συγκόλληση, αντιμετωπίζονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- α) Κοινός χάλυβας πάχους 20 mm τουλάχιστο ή ειδικός χάλυβας με οποιοδήποτε πάχος.
- β) Κοινός χάλυβας αυλών με περιεκτικότητα άνθρακα μέχρι 0,25% και πάχος πάνω από 30 mm.
- γ) Κοινός χάλυβας αυλών και κατασκευασμένα τεμάχια σωλήνων με άνθρακα

πάνω από 0,25% οποιουδήποτε πάχους και
δ) αυλοί και κατασκευασμένα τεμάχια σωλήνων ειδικού χάλυβα οποιουδήποτε πάχους.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η θερμοκρασία αφαιρέσεως των τάσεων διατηρείται μια ώρα (ελάχιστο όριο) για κάθε 25 mm πάχους και χρησιμοποίηση θερμομονωτικών κουβερτών, για να εξασφαλισθεί η αργή απόψυξη.

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ειδικά μολύβια ελέγχου θερμοκρασιών, όταν πρόκειται για την προθέρμανση, ενώ πυρόμετρα χρησιμοποιούνται κατά την αφαίρεση τάσεων. Για τους αυλούς και τα τεμάχια των σωλήνων η θερμοκρασία αφαιρέσεως των τάσεων που κυμαίνεται από 580°C - 710°C εξασφαλίζεται εύκολα με τη χρησιμοποίηση ευκάμπτων θερμαντικών στοιχείων που τυλίγονται γύρω τους.

Για τους θάλαμους και τους συλλέκτες όμως η διαδικασία αυτή δεν είναι πρακτική. Προτιμάται η κάλυψη της συγκολλήσεως με πρόσθετο παχύ κορδόνι ηλεκτροσυγκολλήσεως γιατί έτσι το υπόλοιπο της συγκολλήσεως διατηρείται χωρίς τάσεις. Το πρόσθετο κορδόνι αφαιρείται μετά την απόψυξη με λείανση με τροχό.

Μπορεί επίσης για την αφαίρεση των τάσεων να εφαρμοσθούν μηχανικές μέθοδοι, όπως δονήσεις. Έχουν όμως μικρό αποτέλεσμα για τη μείωση της σκληρότητας και τη βελτίωση της ελαστικότητας της συγκολλήσεως.

Για θάλαμους και συλλέκτες από χάλυβες υψηλής αντοχής (χαλυβοκράματα) είναι δύσκολο να διατηρηθεί η ελαστικότητα ελέγχοντας τις τιμές σκληρότητας στην περιοχή θερμάνσεως (HAZ) και να αποφευχθεί η πιθανότητα ρωγμών λόγω υδρογόνου.

Η πείρα δείχνει ότι, αν μια περιφερειακή ζώνη του θαλάμου καλύπτεται με θερμαντικά στοιχεία που εξασφαλίζουν για την προθέρμανση 200-250°C και για την αφαίρεση των τάσεων 650-665°C, οι παρακάτω τιμές σκληρότητας είναι γενικά παραδεκτές:

- α) Βασικό μέταλλο 180-200 BHN (βαθμός σκληρότητας Brinell).
- β) Ζώνη θερμάνσεως 210-240 BHN.
- γ) Συγκόλληση 150-220 BHN.

Όταν οι παραπάνω θερμοκρασίες δεν έχουν αποτέλεσμα στην αφαίρεση των τάσεων, πράγμα που θα φανεί από την μη επίτευξη των παραπάνω βαθμών Brinell, η θερμοκρασία προθερμάνσεως αυξάνεται σε 300-350°C και διατηρείται για 4 ώρες για κάθε 25 mm πάχους ελάσματος ακολουθούμενη από αργή απόψυξη με θερμομονωτικές κουβέρτες που επιτρέπουν τη διάχυση του υδρογόνου. Σ' αυτή την περίπτωση οι παραδεκτές τιμές σκληρότητας είναι:

- α) Βασικό μέταλλο 180-200 BHN.
- β) Μέταλλο ζώνης θερμάνσεως 280-330 BHN.
- γ) Μέταλλο συγκόλληση 220-260 BHN.

19.6.3 Έλεγχος συγκολλήσεων.

Σε όλες τις περιπτώσεις ο μη καταστρεπτικός έλεγχος (υπέρηχοι, ακτίνες Χ, ή μαγνητικός έλεγχος κλπ.) είναι απαραίτητος μετά τη συγκόλληση καθώς και μετά απ' όλες τις θερμικές κατεργασίες.

Όλες οι συγκολλήσεις εξετάζονται οπτικά και τα συνήθη ελαττώματα ή ατέλειες διορθώνονται και επαναλαμβάνεται ο μη καταστρεπτικός έλεγχος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

1α. Ογκομετρική ανάλυση καυσαερίων με τη χρήση της συσκευής Orsat:

Το θέμα αυτό αναπτύσσεται στην παράγραφο 11.23.

1β. Υπολογισμός μάζας καυσαερίων και ποσότητας θερμότητας που αποβάλλεται κατά την καύση:

Το θέμα αυτό αναπτύσσεται αντίστοιχα στις παραγράφους 11.25 και 11-26.

1γ. Έλεγχος ατμοποίησης και εύρεση των παραμέτρων της αποδόσεως του λέβητα:

Το θέμα αναπτύσσεται στην παράγραφο 11.36.

1δ. Βαθμός αποδόσεως του λέβητα:

Αναπτύσσεται στην παράγραφο 11.37.

2α. Χρήση αλατομέτρου:

Αναπτύσσεται στην παράγραφο 14.6.

2β. Επεξεργασία του νερού των υδραυλωτών λεβήτων (εύρεση περιεκτικότητας χλωριούχων, αλκαλικότητας, σκληρότητας κλπ).

Αναπτύσσεται στις παραγράφους 14.9 ως και 14.16.

2γ. Έλεγχος τροφοδοτικού νερού με τη μέθοδο Ameroid, έλεγχος προσμίξεων και χρήση της μεθόδου Hydrazine.

Εκτελείται στο εργαστήριο σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται με τη συσκευή Ameroid.

3. Προετοιμασία αφής πυρών, αφή πυρών και παρακολούθηση λειτουργίας του λέβητα με μεταβολές φορτίου, για την εύρεση της μεταβολής των παραμέτρων λειτουργίας του λέβητα.

Αναπτύσσεται σε γενικές γραμμές στις παραγράφους 16.2 ως και 16.6 και λεπτομερέστερα παρακάτω.

3α. Προετοιμασία ανοικτού λέβητα για αφή.

Τμήματα υπό πίεση.

1. Οπτική έρευνα ότι οι αυλοι είναι ελεύθεροι.
2. Τοποθέτηση όλων των εσωτερικών διαφραγμάτων.
3. Αφαίρεση όλων των εργαλείων, μέτρημά τους.
4. Αλλαγή των παρεμβυσμάτων των χειροθυρίδων και ανθρωποθυρίδων, κλείσιμο των τελευταίων και βεβαίωση καλής εδράσεως.
5. Αφαίρεση καλυμμάτων (φέσια) των ασφαλιστικών.
6. Τοποθέτηση μηχανισμού χειροκίνητης ανυψώσεως ασφαλιστικού. Χειρισμός του χωρίς ανύψωση βαλβίδας.

Εστία-χώροι καύσεως.

7. Καθαρισμός και επιθεώρηση εστίας.

8. Βεβαίωση ότι η πλινθοδομή, αν υπάρχει, είναι σε καλή κατάσταση.
9. Κώνιοι αέρα και αγωγοί αέρα προς κώνους ελεύθεροι από κατάλοιπα πετρελαίου.
10. Οι καυστήρες λειτουργούν ελεύθερα και κανονικά.
11. Τάσια συλλογής πετρελαίων, αν υπάρχουν, και οπές εκκενώσεως τους καθαρά.
12. Θύρες εστίας και περιβλήματος στη θέση τους.
13. Καπνοθάλαμοι: επιθεώρηση εσωτερικά. Θύρες στη θέση τους.
14. Περισκόπια καπνού, καθαρισμός καθρεπτών και ηλεκτρικών λαμπτήρων τους.

Βαλβίδες που πρέπει να κλείσουν.

15. Βαλβίδα εκκενώσεως υδροδείκτη.
16. Βαλβίδα εξαγωγής (στρατσώνα) πυθμένα και εκτός πλοίου.
17. Εξαφρισμού.
18. Κύριας και βοηθητικής τροφοδοτήσεως επί ατμοθάλαμου.
19. Κύριος και βοηθητικός επί ατμοθαλάμων.

Βαλβίδες που πρέπει να ανοίξουν.

20. Υδροδεικτών.
21. Θλιβομέτρων και μεταδοτών.
22. Εξαεριστικά θαλάμων.
23. Εξαεριστικά και υγρά υπερθερμαντήρα.
24. Ρυθμιστών τροφοδοτήσεως.

Καυσιγόνου αέρα και συναφή.

25. Έλεγχος όλων των ενδεικτών διαφραγμάτων (ντάμπερ).
26. Κλείσιμο ντάμπερ εξόδου ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.
27. Κλείσιμο βανών εισαγωγής αέρα στον ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.
28. Τοποθέτηση σε καυστήρα δεκάρας αφής.
29. Τοποθέτηση όλων των ελέγχων στο χειροκίνητο.

3β. Αφή πυρών λέβητα με χρησιμοποίηση πετρελαίου Ντήζελ.

Διαδοχικά στάδια.

1. Ο λέβητας έχει ετοιμασθεί για αφή όπως αναφέρεται στην παράγραφο 3α.
2. Η στάθμη του νερού στον ατμοϋδροθάλαμο είναι ορατή στους υδροδείκτες και επαληθευμένη.
3. Η παροχή πετρελαίου ντήζελ στην αντλία είναι κλειστή.
4. Ανοίγεται η ταχύκλειστη βαλβίδα προς τον καυστήρα και κλείεται.
5. Ανοίγεται η κεντρική βαλβίδα παροχής πετρελαίου στον καυστήρα και κλείεται.
6. Ενεργοποιείται ο συναγερμός μη υπάρξεως φλόγας.
7. Ρυθμίζεται η πίεση πετρελαίου στον ρυθμιστή (3-4 bar).
8. Εκκινείται η αντλία πετρελαίου.
9. Τίθενται όλοι οι αυτοματισμοί στο χειροκίνητο έλεγχο.
10. Χειρίζεται η ταχυχειρίστη βαλβίδα ανάγκης στη σωλήνωση επιστροφής πετρελαίου από τους καυστήρες.
11. Τοποθετείται η δεκάρα αφής στον καυστήρα αν δεν έχει ήδη μπει.

12. Ελέγχονται όλοι οι ενδείκτες θέσεως των διαφραγμάτων.
13. Κλείεται το διάφραγμα καταθλίψεως του ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.
14. Κλείονται τα πτερύγια εισαγωγής του ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.
15. Εκκινείται ο ανεμιστήρας τεχνητού ελκυσμού. Ανοίγονται τα πτερύγια και το διάφραγμα εισαγωγής και καταθλίψεως.
16. Ανοίγονται τα διαφράγματα του κώνου αέρα του καυστήρα.
17. Εκτελείται καλός αερισμός της εστίας επί ένα λεπτό τουλάχιστο.
18. Ρυθμίζεται η πίεση του αέρα στον αεραγωγό τροφοδοτήσεως κώνων αέρα (π.χ. σε 15 mm στήλης H_2O).
19. Εισάγεται ο φορητός αναπτήρας (ηλεκτρικός ή μαλαστούπα) στην εστία.
20. Ανοίγονται διαδοχικά η κεντρική βαλβίδα πετρελαίου και η ταχύκλειστη βαλβίδα πετρελαίου προς τον καυστήρα.
21. Μετά την αφή του πετρελαίου ανοίγονται πλήρως τα διαφράγματα του κώνου αέρα του καυστήρα. Αν το πετρέλαιο δεν ανάψει αμέσως κλείεται η παροχή, εξαερίζομε καλά την εστία και επαλαμβάνεται η αφή.
22. Αν η φλόγα είναι ασταθής ανοίγονται και κλείονται μερικές φορές τα διαφράγματα του κώνου αέρα για να στρώσει.
23. Άρχεται η λειτουργία του λέβητα για ατμοπαραγωγή. Εντατική παρακολούθηση της φλόγας του καυστήρα, του ενδείκτη καπνού και της εξόδου των καυσαερίων από την καπνοδόχο.

3γ. Μετάβαση από καύση πετρελαίου Ντήζελ σε καύση με πετρέλαιο λεβήτων.

Προϋποθέσεις: Ο λέβητας εργάζεται με πετρέλαιο Ντήζελ. Διατίθεται ατμός για προθέρμανση πετρελαίου.

1. Εξυδάτωση δεξαμενής ημερήσιας χρήσεως.
2. Έλεγχος υπάρξεως ατμού θερμάνσεως στη δεξαμενή ημερήσιας χρήσεως.
3. Έλεγχος ιξώδους πετρελαίου για κανονική ροή στους 50°C.
4. Άνοιγμα βαλβίδων από τη δεξαμενή στην κυρία αντλία πετρελαίου.
5. Κράτηση αντλίας πετρελαίου Ντήζελ, κλείσιμο βαλβίδων από δεξαμενή Ντήζελ.
6. Άνοιγμα βαλβίδων από αντλία πετρελαίου στους προθερμαντήρες πετρελαίου.
7. Άνοιγμα βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής πετρελαίου και στους δύο προθερμαντήρες.
8. Εξαέρωση πλευράς πετρελαίου προθερμαντήρα.
9. Άνοιγμα βαλβίδων απομονώσεως ρυθμιστού πίεσεως πετρελαίου.
10. Καθορισμός επιθυμητής πίεσεως λειτουργίας στον ρυθμιστή πετρελαίου.
11. Άνοιγμα εξυδατωτικών και στους δύο προθερμαντήρες.
12. Εκκίνηση αντλίας πετρελαίου.
13. Κλείσιμο βαλβίδων πετρελαίου στον αμοιβό (σταντ-μπάυ) προθερμαντήρα.
14. Άνοιγμα βαλβίδας επανακυκλοφορίας οχετού πετρελαίου καυστήρων.
15. Άνοιγμα ξανά ταχύκλειστου βαλβίδας.
16. Επανακυκλοφορία πετρελαίου πίσω στην αναρρόφηση της αντλίας.
17. Άνοιγμα βαλβίδων απομονώσεως βαλβίδας ελέγχου θερμοκρασίας.
18. Βραδύ άνοιγμα ατμού προς προθερμαντήρα.

19. Έλεγχος θερμοκρασίας πετρελαίου στον οχετό πετρελαίου καυστήρων (πρέπει να είναι γύρω στους 90°C).
20. Κλείσιμο βαλβίδας επανακυκλοφορίας οχετού πετρελαίου καυστήρων.
21. Καλός αερισμός εστίας.
22. Επαναφή λέβητα με τον αναπτήρα.
23. Άνοιγμα βαλβίδων αναρροφήσεως και καταθλίψεως στην σε ετοιμότητα (σταντ-μπάου) αντλία πετρελαίου.
24. Ρύθμιση βαλβίδας ελέγχου πίεσεως πετρελαίου όπως απαιτείται.
25. Συνέχιση υψώσεως πίεσεως ατμού.
26. Αλλαγή δεκάρας καυστήρα με κανονική πριν την συγκοινωνία του λέβητα.
27. Ενεργοποίηση του συστήματος αυτόματου ελέγχου καύσεως.

3δ. Απομόνωση λέβητα.

1. Εκτελείται εκκαπνισμός.
 2. Θέση αυτόματου συστήματος καύσεως στο χειροκίνητο.
 3. Αλλαγή πετρελαίου από λεβήτων (βαρύ) σε ντήζελ.
 4. Απομόνωση προθερμαντήρων πετρελαίου.
 5. Κλείσιμο ατομικών βαλβίδων πετρελαίου καυστήρων και κυρίας βαλβίδας.
 6. Αερισμός της εστίας 3-5 λεπτά.
 7. Κράτηση ανεμιστήρα τεχνητού ελκυσμού.
 8. Κλείσιμο κύριου και βοηθητικού ατμαγωγού λέβητα.
 9. Συμπλήρωση στάθμης λέβητα, πλήρωση με χημικά, όταν κρυώσει.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγικές γνώσεις

1.1	Γενικά	1
1.2	Το κύκλωμα της λειτουργίας ατμομηχανικής εγκαταστάσεως και οι βασικές μονάδες του	1
1.2.1	Λειτουργία ατμομηχανικής εγκαταστάσεως με παλινδρομική ατμομηχανή	1
1.2.2	Λειτουργία ατμομηχανικής εγκαταστάσεως με ατμοστρόβιλο	3
1.3	Παράσταση του κύκλου των ατμομηχανών σε διάγραμμα T-S	5
1.4	Οι βασικές λειτουργίες στο λέβητα	7
1.5	Τα μέρη των λεβήτων	7
1.6	Γενικά χαρακτηριστικά στοιχεία των λεβήτων	11
1.7	Αρχές κατασκευής και στοιχειώδους λειτουργίας των ναυτικών ατμολεβήτων	14
1.7.1	Οι αρχές κατασκευής	15
1.7.2	Η στοιχειώδης λειτουργία του λέβητα	15
1.8	Γενική περιγραφή εγκαταστάσεως λεβητοστασίου. Βοηθητικά μηχανήματα και συσκευές	17
1.8.1	Το λεβητοστάσιο	17
1.8.2	Οι συσκευές	17
1.8.3	Μηχανήματα	19
1.9	Τα εξαρτήματα του λέβητα	19
1.9.1	Εσωτερικά εξαρτήματα	19
1.9.2	Εξωτερικά εξαρτήματα	20
1.9.3	Όργανα και εξαρτήματα σχετικά με την καύση	22
1.10	Η κυκλοφορία του νερού μέσα στο λέβητα	24
1.10.1	Φυσική κυκλοφορία	24
1.10.2	Τεχνητή κυκλοφορία	26
1.11	Όριο ατμοπαραγωγικής ικανότητας του λέβητα	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Κατάταξη των ναυτικών ατμολεβήτων ανάλογα με τα βασικά χαρακτηριστικά κατασκευής τους

2.1	Γενικά	29
2.2	Η κατάταξη	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Κυλινδρικοί ατμολέβητες

3.1	Γενικά	35
3.2	Λέβητας φλογαυλωτός επιστρέφουσας φλόγας απλής προσώψεως	35
3.3	Νεότεροι τύποι κυλινδρικών λεβήτων	37
3.3.1	Κυλινδρικός λέβητας Howden Johnson (με υδραυλούς κυκλοφορίας)	37

3.3.2 Κυλινδρικός λέβητας Carus με πρόσθετους ατμοθάλαμους-υδροθάλαμους και υδραυλούς	37
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Υδραυλωτοί λέβητες

4.1 Γενικά	40
4.2 Λέβητας Babcock-Wilcox (B & W) με συλλέκτη τριών διαδρομών καυσαερίων	41
4.3 Λέβητας B & W με συλλέκτη, απλής διαδρομής καυσαερίων	44
4.4 Λέβητες ταχείας κυκλοφορίας	45
4.4.1 Λέβητας Yarrow-Express	45
4.4.2 Λέβητας Yarrow 5 θαλάμων	49
4.4.3 Λέβητες τύπου «D»	49
4.4.4 Λέβητας δύο εστιών τύπου Foster-Wheeler	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Σύγκριση φλογαυλωτών και υδραυλωτών λεβήτων	56
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Ατμογεννήτριες

6.1 Γενικά	58
6.2 Αρχές κατασκευής και λειτουργίας των ατμογεννητριών. Τύποι La Mont, Benson, Loeffler, Velox και Sulzer	61
6.3 Η τεχνητή ή αναγκαστική ή και βεβιασμένη κυκλοφορία του νερού	61
6.4 Τα υδροτοιχώματα	63
6.5 Η καύση υπό πίεση	64
6.6 Η έμμεση ατμοποίηση	66
6.7 Ο κονιοποιημένος γαιάνθρακας	66
6.8 Η χρήση των ατμογεννητριών	67
6.9 Ατμογεννήτρια La Mont	67
6.10 Ατμογεννήτρια τύπου Benson	69
6.11 Ατμογεννήτρια Loeffler	70
6.12 Ατμογεννήτρια Velox	71
6.13 Ατμογεννήτρια Sulzer	73
6.14 Ατμογεννήτρια κρίσιμης και υπερκρίσιμης πίεσεως	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Σύγχρονοι ατμολέβητες εμπορικών πλοίων

7.1 Γενικά	78
7.2 Λέβητας V2M-8 της Combustion Engineering Co	78
7.3 Λέβητας V2M-9 της Combustion Engineering Co	81
7.4 Λέβητας E.S.D. της Foster-Wheeler	83
7.4.1 Τύπος ESD-I	84
7.4.2 Τύπος ESD-II	85
7.4.3 Τύπος ESD-III	85
7.5 Λέβητας ESRD της Foster-Wheeler	88
7.6 Λέβητες Babcock	85
7.6.1 Λέβητας Marine Radiant (MR) της Babcock	92
7.6.2 Λέβητας Marine Radiant Reheat (MRR) της Babcock	96
7.6.3 Λέβητας Marine Radiant Tower (MRT) της Babcock	98

7.7 Λέβητες κατασκευής Kawasaki	99
---------------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

Βοηθητικοί λέβητες και λέβητες που λειτουργούν με καυσαέρια Μ.Ε.Κ.

8.1 Γενικά	104
8.2 Κάθετος φλογαυλωτός λέβητας επιστρέφουσας φλόγας τύπου Cochran	104
8.3 Σύνθετος κυλινδρικός λέβητας για καύση πετρελαίου και χρήση καυσαερίων	106
8.4 Λέβητας τύπου «Spanner»	106
8.5 Λέβητας τύπου Steamblow της B & W	108
8.6 Λέβητας τύπου M-11 της Babcock	108
8.7 Λέβητας M-11-M της Babcock	111
8.8 Λέβητες Babcock που λειτουργούν με καυσαέρια αεριοστρόβιλου	111
8.9 Λέβητες βοηθητικών χρήσεων κατασκευής Foster-Wheeler	111
8.10 Βοηθητικός λέβητας ελεγχόμενης κυκλοφορίας τύπου Clayton	114
8.11 Ατμογεννήτρια χαμηλής πίεσης με ατμό (Steam/Steam Generator)	116
8.12 Λέβητας βοηθητικών χρήσεων τύπου Stone-Vapor	118
8.13 Λέβητας Diesecon με καυσαέρια	118
8.14 Λέβητες κατασκευής εργοστασίου Aalborg	121
8.14.1 Φλογαυλωτοί λέβητες καυσαερίων	121
8.14.2 Κάθετοι υδραυλωτοί λέβητες	121
8.14.3 Κάθετος σύνθετος λέβητας	124
8.14.4 Υδραυλωτοί λέβητες τεχνητής κυκλοφορίας με καυσαέρια	124
8.14.5 Λέβητας διττού κυκλώματος (διπλής ατμοπαραγωγής)	124
8.14.6 Λέβητας απορριμμάτων	129

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Τα μέρη των υδραυλωτών λεβήτων

9.1 Γενικά	130
9.2 Θάλαμοι και συλλέκτες	131
9.2.1 Ατμοθάλαμος	131
9.2.2 Υδροθάλαμος	131
9.2.3 Συλλέκτες	131
9.3 Αυλοί και αυλοστηρίγματα	133
9.3.1 Ατμογόνοι αυλοί	133
9.3.2 Υδρότοιχοι	136
9.3.3 Αυλοί υδροτοίχων και διαφραγμάτων καυσαερίων	136
9.3.4 Αυλοί κυκλοφορίας	137
9.3.5 Αυλοστηρίγματα θαλάμων και υπερθερμαντήρων	137
9.4 Πιέδιλα και στηρίγματα	137
9.5 Η εστία	138
9.5.1 Μονωτικοί πλίνθοι, απλοί και υψηλής θερμοκρασίας	139
9.5.2 Ανακλαστικοί αλεξίπτυροι (πυρμαχοί) πλίνθοι	140
9.5.3 Πλαστικά ανακλαστικά	140
9.5.4 Χυτά ανακλαστικά	141
9.5.5 Κονιάματα	141
9.5.6 Κοχλίες συγκρατήσεως πλίνθων λεβήτων	142
9.5.7 Η κατασκευή των τοιχωμάτων της εστίας από υδρότοιχους	142
9.6 Μεμβρανοειδείς υδρότοιχοι	143
9.7 Το περίβλημα του λέβητα	145

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Εξαρτήματα λεβήτων

10.1	Γενικά	146
10.2	Εσωτερικός σωλήνας τροφοδοτήσεως	147
10.3	Εσωτερικός εξαφριστικός σωλήνας	147
10.4	Διαχωριστικά ελάσματα και αποχωριστές	147
10.5	Εσωτερικός σωλήνας απαγωγής ατμού	151
10.6	Ατμοφράκτες	151
10.7	Ο κοινός ατμοφράκτης	152
10.8	Ο αυτόκλειστος ατμοφράκτης	153
10.9	Ατμοφράκτης με βραχιόνες	155
10.10	Άλλοι τύποι ατμοφρακτών	156
10.11	Τροφοδοτικό επιστόμιο	156
10.12	Αυτόματοι τροφοδοτικοί ρυθμιστές	159
10.12.1	Τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford	159
10.12.2	Τροφοδοτικός ρυθμιστής Mumford-Steadiflow	159
10.12.3	Τροφοδοτικός ρυθμιστής Weir Robot	160
10.12.4	Θερμοϋδραυλικός ρυθμιστής τροφοδοτήσεως Bailey	162
10.12.5	Θερμο-εκτονωτικός τροφοδοτικός ρυθμιστής	163
10.12.6	Τροφοδοτικός ρυθμιστής Campbell	163
10.12.7	Τροφοδοτικός ρυθμιστής Copes	165
10.13	Πνευματικός ρυθμιστής στάθμης	167
10.13.1	Ακροφύσια ροής	167
10.13.2	Μεταδότες ροής	168
10.13.3	Μεταδότης στάθμης ατμοϋδροβάλαμου	169
10.13.4	Αθροιστής ροής ατμού ροής νερού	169
10.13.5	Αθροιστής στάθμης	171
10.13.6	Ελεγκτής ροής τροφοδοτικού νερού	172
10.13.7	Συντονιστής	173
10.13.8	Βαλβίδα ελέγχου ροής τροφοδοτικού νερού	173
10.14	Ηλεκτρικός ρυθμιστής στάθμης	174
10.15	Ασφαλιστικά επιστόμια	175
10.15.1	Η διατομή των ασφαλιστικών	175
10.15.2	Τυπικές μορφές ασφαλιστικών	176
10.15.3	Ασφαλιστικό τύπου Cockburn	177
10.15.4	Ασφαλιστικό με θάλαμο	180
10.15.5	Ασφαλιστικό με ακροφύσιο τύπου Crosby	183
10.15.6	Ασφαλιστικό με αντίδραση	184
10.15.7	Ασφαλιστικά υπερθερμαντήρα	185
10.16	Υδροδείκτες	186
10.16.1	Κυλινδρικοί υδροδείκτες	186
10.16.2	Επίπεδοι υδροδείκτες	188
10.16.3	Υδροδείκτης αποστάσεως	190
10.17	Δοκιμαστικοί κρουνοί	192
10.18	Θλιβόμετρα	192
10.19	Εξαεριστικός κρουνός	197
10.20	Εξαφριστικός κρουνός	197
10.21	Επιστόμια εξαγωγής-εκκενώσεως	197
10.22	Κρουνοί υγρών	200
10.23	Ατμοπαγίδες	200
10.24	Κρουνός δειγματοληψίας νερού	201
10.25	Υδροκίνητρο	201

10.26	Ενδείκτες ροής ατμού	202
10.27	Σύστημα συναγερμού χαμηλής στάθμης νερού	205
10.28	Σύστημα συναγερμού υψηλής θερμοκρασίας ατμού	206

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Καύσιμα – καύση – μετάδοση της θερμότητας καμπύλες ατμοπαραγωγής

11.1	Γενικά	207
11.2	Ταξινόμηση των καυσίμων	207
11.3	Οι γαιάνθρακες	208
11.4	Το πετρέλαιο λεβήτων	208
11.5	Χαρακτηριστικά πετρελαίων	208
11.5.1	Το ιξώδες	208
11.5.2	Το ανθρακούχο υπόλειμμα ή εξανθράκωμα	209
11.5.3	Το ειδικό βάρος	209
11.5.4	Το θείο	210
11.5.5	Τα ασφαλτένια	210
11.5.6	Η τέφρα ή στάχτη	210
11.5.7	Το σημείο ροής ή πήξεως	210
11.6	Προδιαγραφή και κατάταξη πετρελαίων καύσεως	210
11.7	Βαρύ πετρέλαιο (Μπώνκερ)	211
11.8	Προβλήματα κατά την εναποθήκευση (πριν από τη χρήση στους λέβητες)	211
11.9	Προδιαγραφή πετρελαίου λεβήτων	213
11.10	Η σημασία των διαφόρων στοιχείων της ανάλυσεως του πετρελαίου για το λέβητα	213
11.11	Διαβρώσεις τμημάτων λεβήτων οφειλόμενες σε υψηλές θερμοκρασίες	214
11.12	Διαβρώσεις τμημάτων λεβήτων οφειλόμενες σε χαμηλές θερμοκρασίες	215
11.13	Εξισώσεις καύσεως άνθρακα, υδρογόνου και θείου	215
11.14	Εξίσωση καύσεως του μονοξειδίου του άνθρακα	217
11.15	Θερμαντική ικανότητα	217
11.16	Εξατμιστική ικανότητα	219
11.17	Καυσιγόνος αέρας	221
11.18	Λόγος ή σχέση αέρα-καυσίμου	224
11.19	Τα προϊόντα της καύσεως	225
11.20	Καυσαέρια	225
11.21	Συσκευές ανάλυσεως των καυσαερίων	228
11.22	Ενδείκτης CO ₂ Ranarex	228
11.23	Η συσκευή Orsat	231
11.24	Μετατροπή της ογκομετρικής ανάλυσεως σε ανάλυση μάζας	233
11.25	Υπολογισμός της μάζας καυσαερίων που αντιστοιχεί σε κάθε μονάδα μάζας καίωμενου καυσίμου	234
11.26	Υπολογισμός της θερμότητας που αποβάλλεται με τα καυσαέρια	235
11.27	Θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την καύση. Μεταβολές της κατά μήκος του θερμαντήρα	236
11.28	Σημείο δρόσου των υδρατμών των καυσαερίων	239
11.29	Ποιότητα της καύσεως και παράγοντες του την επηρεάζουν	239
11.29.1	Γενικά	239
11.29.2	Η νέκαση του πετρελαίου και τα στοιχεία καύσεώς του	240
11.29.3	Η παροχή του καυσιγόνου αέρα. Επίρεια της περισσειάς του στην ποιότητα καύσεως	241
11.29.4	Η παρουσία νερού στο πετρέλαιο	243
11.29.5	Παρακολούθηση και έλεγχος της ποιότητας καύσεως. Εύρεση της περισσειας αέρα από την ένδειξη του ποσοστού CO ₂ των καυσαερίων	243
11.30	Ελκυσμός	245

11.31 Φυσικός ελκυσμός	245
11.32 Τεχνητός ελκυσμός	246
11.32.1 Η παραγωγή του τεχνητού ελκυσμού	246
11.32.2 Συστήματα τεχνητού ελκυσμού βεβιασμένης εκποής (Induced Draft)	246
11.32.3 Συστήματα βεβιασμένης εισπνοής (Forced Draft)	247
11.32.4 Πλανεκτίματα του τεχνητού ελκυσμού	249
11.32.5 Τιμές εντάσεως ελκυσμού. Μέτρησή του	249
11.33 Η μετάδοση της θερμότητας στο λέβητα	250
11.34 Συμπεράσματα από τη θεωρία της μεταδόσεως της θερμότητας στο λέβητα	253
11.35 Καμπύλες ατμοπαραγωγής	255
11.36 Έλεγχος ικανοποιητικής ατμοποίησης του λέβητα	256
11.37 Απώλειες και απόδοση του λέβητα	259
11.37.1 Οι απώλειες του λέβητα	259
11.37.2 Η απόδοση του λέβητα	260
11.38 Μέσα αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως	262
11.39 Η αυτόματη λειτουργία των λέβητων	263

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

Όργανα καύσεως και ελέγχου της

12.1 Γενικά	272
12.2 Εγκαταστάσεις καύσεως πετρελαίου.	272
12.2.1 Μέρη, μηχανήματα, εξαρτήματα της εγκαταστάσεως	272
12.2.2 Δίκτυο του πετρελαίου. Όργανα και εξαρτήματα που ρυθμίζουν τη ροή του	273
12.2.3 Μηχανήματα και όργανα που ρυθμίζουν τη ροή του καυσίγόνου αέρα	275
12.3 Τα κύρια εξαρτήματα πραγματοποίησεως της καύσεως και ελέγχου της ποιότητάς της	276
12.4 Καυστήρες. Κώνοι αέρα. Γενικά	276
12.5 Καυστήρας και κώνος αέρα φυσικού ελκυσμού	276
12.6 Οι μηχανικοί διασκορπιστήρες και κώνοι αέρα	278
12.7 Καυστήρας μηχανικής εγχύσεως και κώνος αέρα B & W για τεχνητό ελκυσμό	281
12.8 Καυστήρας και κώνος Todd τεχνητού ελκυσμού	281
12.9 Καυστήρες μεταβαλλόμενης παροχής	282
12.10 Καυστήρες με ατμό	284
12.10.1 Καυστήρας με ατμό Y τύπου WY της Babcock-Wilcox	284
12.10.2 Καυστήρας με ατμό τύπου CD της Todd	287
12.11 Καυστήρας και κώνος αέρα αιωρούμενης φλόγας	288
12.12 Καυστήρες οροφής	289
12.13 Εφαπτομενικοί καυστήρες	291
12.14 Σύνθετος καυστήρας πετρελαίου-αερίου της B & W	292
12.15 Φυσητήρες αιθάλης	293
12.16 Ενδείκτες καπνού	296
12.17 Θλιβόμετρα - Θερμόμετρα - Πυρόμετρα	297
12.18 Μετρητές ροής πετρελαίου	297
12.19 Αερόμετρα ελκυσμού	299
12.20 Σύγχρονες εγκαταστάσεις καύσεως του γαιάνθρακα στα πλοία	300
12.20.1 Γενικά	300
12.20.2 Οι τρόποι καύσεως του γαιάνθρακα	300

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ

Συσκευές των ατμολεβήτων ή συσκευές ανακτήσεως της θερμότητας

13.1 Προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού	315
13.1.1 Το κέρδος από την προθέρμανση του νερού	316

13.1.2	Είδη προθερμαντήρων	317
13.1.3	Η εξαεριστική δεξαμενή (de-aerating feed tank-D.F.T.)	320
13.2	Οικονομητήρες	325
13.3	Υπερθερμαντήρες (superheaters)	328
13.3.1	Το κέρδος από την υπερθέρμανση	328
13.3.2	Το όριο της υπερθερμάνσεως	329
13.3.3	Η ταχύτητα ροής του ατμού στον υπερθερμαντήρα	330
13.3.4	Είδη υπερθερμαντήρων	330
13.3.5	Η ρύθμιση του βαθμού υπερθερμάνσεως	335
13.3.6	Υπολογισμός επιφάνειας υπερθερμάνσεως	336
13.4	Αναθερμαντήρες	336
13.5	Αφυπερθερμαντήρας (desuperheater)	338
13.6	Μειωτήρας θερμοκρασίας ατμού (attemperator)	339
13.7	Προθερμαντήρες αέρα (air heaters)	341
13.8	Κατανομή της θερμότητας κατά τη χρήση των συσκευών ανακτήσεώς της. Συνηθισμένες λειτουργικές θερμοκρασίες	347

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Τροφοδοτικό νερό – Επεξεργασία – Μετρήσεις

14.1	Γενικά	350
14.1.1	Το θαλάσσιο νερό	350
14.1.2	Το γλυκό νερό	351
14.1.3	Το αποσταγμένο νερό	351
14.2	Ξένες ουσίες που μολύνουν το τροφοδοτικό νερό	352
14.3	Οξύτητα, ουδετερότητα και αλκαλικότητα	355
14.4	Η επίδραση και τα αποτελέσματα των ξένων ουσιών	355
14.4.1	Η επίδραση των αλάτων και ο σχηματισμός των καθυαλώσεων	355
14.4.2	Η επίδραση των οξέων	357
14.4.3	Η επίδραση των ελαιωδών ουσιών	357
14.4.4	Η επίδραση των αερίων και του διαλυμένου οξυγόνου	357
14.4.5	Η επίδραση των γαιωδών υλών και προϊόντων οξειδώσεως	357
14.5	Τα μέτρα που λαμβάνονται για την προστασία του λέβητα	357
14.6	Η αλατότητα των φλογαυλωτών λεβήτων και η μέτρησή της	358
14.7	Ελάττωση της πυκνότητας του τροφοδοτικού νερού με εξαγωγή	360
14.8	Άλλες μετρήσεις σε φλογαυλωτούς λέβητες	360
14.9	Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε υδραυλωτούς λέβητες	361
14.9.1	Μετρήσεις	361
14.9.2	Μονάδες μετρήσεων	361
14.9.3	Η συσκευή μετρήσεως του νερού	362
14.9.4	Σημεία λήψεως δείγματος νερού	363
14.10	Αλατότητα	363
14.10.1	Χημική μέθοδος μετρήσεως της αλατότητας	364
14.10.2	Η μέτρηση της αλατότητας με το ηλεκτρικό αλατόμετρο	364
14.10.3	Επιτρεπόμενα όρια αλατότητας. Συχνότητα δοκιμών	365
14.11	Σκληρότητα	366
14.11.1	Η μέτρηση της σκληρότητας του νερού	366
14.11.2	Επιτρεπόμενα όρια σκληρότητας. Συχνότητα δοκιμών	366
14.12	Η ύπαρξη ελαιωδών ουσιών	367
14.13	Αλκαλικότητα	367
14.13.1	Η μέτρηση της αλκαλικότητας	368
14.13.2	Επιτρεπόμενα όρια αλκαλικότητας. Συχνότητα δοκιμών	368
14.14	Διαλυμένο οξυγόνο	369
14.14.1	Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου	370

14.14.2	Επιτρεπόμενα όρια οξυγόνου σε διάλυση. Συχνότητα δοκιμών	371
14.15	Αιωρούμενες ουσίες	371
14.15.1	Η μέτρηση των αιωρούμενων ουσιών	371
14.15.2	Επιτρεπόμενα όρια. Συχνότητα δοκιμών	372
14.15.3	Έλεγχος διαλυμένων στερεών	372
14.16	Η χημική επεξεργασία του νερού	373
14.17	Εξαγωγές	373
14.18	Συνοπτικές οδηγίες δοκιμών και επεξεργασίας του νερού των λεβήτων	375

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ

Διαβρώσεις και συντήρηση των λεβήτων

15.1	Ορισμός διαβρώσεως. Μορφές της. Αίτια	377
15.2	Η οξείδωση από το οξυγόνο και η αντιμετώπισή της	377
15.3	Η διάβρωση λόγω οξέων και η αντιμετώπισή της	378
15.4	Η διάβρωση λόγω ηλεκτρολύσεως και η αντιμετώπισή της	378
15.5	Οι εσωτερικές διαβρώσεις	378
15.6	Οι εξωτερικές διαβρώσεις	379
15.7	Συντήρηση λεβήτων εκτός λειτουργίας	379
15.7.1	Υγρή συντήρηση	380
15.7.2	Ξηρή συντήρηση	380
15.8	Άνοιγμα λεβήτων. Προφυλακτικά μέτρα	380
15.9	Βρασμός λέβητα	381
15.10	Εσωτερικός και εξωτερικός καθαρισμός λέβητα. Οι μέθοδοι και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται	383
15.11	Ο εσωτερικός καθαρισμός	383
15.11.1	Η εκτέλεση του εσωτερικού καθαρισμού	383
15.11.2	Ο χημικός καθαρισμός των λεβήτων	384
15.12	Ο εκκαπνισμός	387
15.12.1	Η εκτέλεση του εκκαπνισμού	387
15.12.2	Ο εκκαπνισμός με πλύση του λέβητα με νερό	388

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ

Λειτουργία και ανωμαλίες των λεβήτων

16.1	Γενικά	390
16.2	Η προετοιμασία του λέβητα για αφή πυρών	390
16.3	Αφή πυρών πετρελαιολέβητα	391
16.4	Η συγκοινωνία του λέβητα	392
16.5	Η απομόνωση του λέβητα	393
16.6	Παρακολούθηση λέβητα σε λειτουργία	393
16.7	Θαλάσσιο νερό στους λέβητες	394
16.8	Έμφραξη υδροδείκτη	394
16.9	Θραύση του γυαλιού του υδροδείκτη	394
16.10	Πτώση της στάθμης του λέβητα	395
16.11	Ανάβραση λέβητα και προβολές νερού	395
16.12	Διαρροή αυλών. Πωμάτωση	396
16.13	Επιστροφή φλογών	399
16.14	Νερό στο πετρέλαιο	400
16.15	Διαρροή πετρελαίου στην εστία	400
16.16	Σχηματισμός εξανθηράκματος (κωκ) κατά την καύση του πετρελαίου	401
16.17	Ζημιές στην πλινθοδομή	401
16.18	Δονήσεις στο λέβητα	402

16.19 Διαρροή προθερμαντήρα πετρελαίου	402
16.20 Διαρροή αφυπερθερμαντήρα	403
16.21 Πυρκαϊά στο λεβητοστάσιο. Προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα	404

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ

Βλάβες λεβήτων – Αιτία και αποκατάστασή τους

17.1 Γενικά	406
17.2 Συνθηθέστερες βλάβες φλογαυλωτών λεβήτων	407
17.2.1 Ρωγμές στις αυλοφόρες πλάκες και στα χείλια των αυλών. Επισκευή τους	407
17.2.2 Κάκωση ελασμάτων φλογοθαλάμων στο απέναντι από τους καυστήρες τμήμα	408
17.2.3 Φθορά ενδετών-συνδετών και αυλοστηριγμάτων	408
17.2.4 Φθορά περιβλήματος λόγω ελαττωματικής ενώσεως	409
17.2.5 Κάμψη ελασμάτων ουρανού φλογοθάλαμου. Αντικατάσταση τμημάτων του φλογοθάλαμου	410
17.2.6 Εκτεταμένη διαρροή στις ραφές. Τρόπος επισκευής	411
17.2.7 Πτώση κλιβάνου. Έλεγχος της πτώσεως και άλλες βλάβες των κλιβάνων	411
17.3 Βλάβες υδραυλωτών λεβήτων	412
17.4 Η εξαγωγή και αντικατάσταση των αυλών	422
17.4.1 Η εξαγωγή των αυλών	422
17.4.2 Η αντικατάσταση των αυλών	423
17.4.3 Πρόχειρη επισκευή αυλού μεμβρανοειδούς υδρότοιχου	424
17.5 Ηλεκτροσυγκόλληση	427
17.6 Έκρηξη λέβητα	428

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

Επιθεωρήσεις και δοκιμές των λεβήτων

18.1 Γενικά	429
18.2 Διατάξεις των Νηογνωμόνων που αφορούν την εκτέλεση των επιθεωρήσεων του λέβητα	429
18.3 Διατάξεις του Lloyd's Register of Shipping	430
18.3.1 Για λέβητες	430
18.3.2 Για τους ατμαγωγούς σωλήνες	430
18.4 Τυπική επιθεώρηση λεβήτων	431
18.5 Σημεία που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή κατά τις επιθεωρήσεις	435
18.5.1 Εξαρτήματα αυτόματου ελέγχου	435
18.5.2 Καυστήρες	435
18.5.3 Εστία, φλογοθάλαμος	436
18.5.4 Θάλαμοι υδραυλωτών λεβήτων	436
18.5.5 Οικονομητήρας	436
18.5.6 Συλλέκτες	436
18.5.7 Αναθερμαντήρας	437
18.5.8 Υπερθερμαντήρας	437
18.5.9 Προθερμαντήρας αέρα	437
18.5.10 Μειωτήρες θερμοκρασίας και αφυπερθερμαντήρες	437
18.5.11 Κάσες βαλβίδων	438
18.5.12 Ανθρωποθυρίδες και χειροθυρίδες	438
18.5.13 Ευλογίαση	439
18.5.14 Ταξινόμηση καταλοίπων	439
18.5.15 Κατάλοιπα εξωτερικών επιφανειών	439
18.5.16 Κατάλοιπα εσωτερικών επιφανειών	440
18.6 Χρησιμοποιούμενοι όροι	442

18.7	Η υδραυλική δοκιμή	443
18.8	Έλεγχος πάχους ατμοθαλάμων ή υδροθαλάμων. Δοκιμή διατρήσεως	444
18.9	Δοκιμή ατμοποίησης	444
18.10	Δοκιμή ασφαλιστικών	444

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

Υλικά και μέθοδοι κατασκευής των λέβητων

19.1	Χάλυβες και χαλυβοκράματα	446
19.2	Λέβητες Χ.Π.	447
19.3	Λέβητες Υ.Π.	448
19.4	Η εξέλαση	450
19.5	Η κατασκευή θαλάμων	450
19.6	Οι συγκολλήσεις στους λέβητες	452
19.6.1	Λεπτομέρειες συγκολλήσεων	454
19.6.2	Αφαίρεση τάσεων	454
19.6.3	Έλεγχος συγκολλήσεων	455

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΚΟΣΤΟ

Θέματα εργαστηρίου	456
--------------------	-----

ΚΟΡΥΡΗΙΤ ΙΑΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

