

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :AIR COMPRESSORS - ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ,  
ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ  
ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΛΑΓΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΑΑΝΤ ΦΑΝΤΙ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ 2012**  
**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**  
**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :AIR COMPRESSORS - ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ,  
ΥΨΗΛΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ, ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ  
ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :ΛΑΓΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

**ΑΜ : 4484**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :20/6/2013**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία αναφέρεται επάνω στους αεροσυμπιεστές (compressors). Ο σκοπός της εργασίας είναι να γίνει γενικά μια σχετική αναφορά στους αεροσυμπιεστές χαμηλής και υψηλής πίεσης. Η όλη εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στους αεροσυμπιεστές υψηλής πίεσης και κυρίως στους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές καθώς και στους πολησταδιακούς όπου η συμπίεση του αερίου και το έργο γίνεται σε παραπάνω από ένα στάδιο. Επίσης γίνεται μια σύντομη περιγραφή και λειτουργία των μηχανημάτων αυτών όπου αναφέρονται πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στα κύρια εξαρτήματα των αεροσυμπιεστών όπως είναι το εμβολο, ο διωστήρας, ο στροφαλοφόρος άξονας, τα ελατήρια των εμβολών βαλβίδες κλπ. Γίνεται μια στοιχειώδη περιγραφή και αναφορά στα χαρακτηριστικά του κάθε εξαρτήματος, την χρησιμότητα τους επάνω στην όλη κατασκευή καθώς και στο υλικό από τα οποία είναι φτιαγμένα το κάθε ένα. Τα δυο πρώτα κεφάλαια είναι γραμμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δώνουνε κάποιο είδος επεξήγησης του θέματος κατά των απλούστερο δυνατόν τρόπο, αποφεύγοντας ίσως το περίπλοκο θεωρητικό κομμάτι και δίνοντας περισσότερο έμφαση στο πρακτικό μέρος του αντικείμενου. Στο τρίτο κεφάλαιο ξαναφέρομε κυρίως στους αεροσυμπιεστές χαμηλής πίεσης οι οποίοι είναι Περιτροφική αεροσυμπιεστές (Κοχλιοειδούς Τύπου) ,φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές και οι Αξονική. Αναφέρεται περιγραφή και λειτουργία καθώς και διάφορα χαρακτηριστικά στην προκείμενη περίπτωση. Η εργασία τελειώνει με την βιβλιογραφία όπου αναφέρονται οι πηγές και το παράρτημα. Το παράρτημα είναι γραμμένο στα αγγλικά και αναφέρει όλους τους κύριους χρήσιμους τεχνικούς όρους που αφορούν τους αεροσυμπιεστές. Πολλούς από αυτούς τους όρους είναι γραμμένοι στα εγχειρίδια κατασκευαστή και πιστεύω ότι θα χρησιμεύουν αρκετά σε κάποιον τεχνικό ο οποίος ξεκινά να εμβαθύνει επάνω στην συγκεκριμένη γνώση. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Καθηγητές μου που βοήθησαν στο να επετεύχθη αυτή η γραπτή εργασία με επιτυχία.

## **Abstract**

The present final year project it refers to air compressor technology. The purpose of this coursework is to show a general reference to high pressure and low pressure compressors. The whole coursework is divided into three chapters. The first chapter it explains air compressors of high pressure and mostly piston air compressors and multistage air compressors where the compression of the air and the work occurs in more than one stage. Also there is made a small reference in those machines explaining advantages and disadvantages. The second chapter makes a small reference to the main parts of the air compressor which are the piston, the connecting rod, the crankshaft the piston rings and the valves etc. We have an elementary description of the characteristics of each part and its use referring to the whole structure, and the material which are design. The first two chapters are written with such a way in order to give some sort of explanation to the subject in the easiest way, avoiding perhaps the complicate theoretical part and give more emphasises to the practical part of the matter. In the third chapter I refer to low pressure compressors which are rotary screw compressors, centrifugal compressors and axial compressors. There is made a reference regarding the description and the operation, and some sort of characteristics at the present situation. The coursework ends with the bibliography witch there is a reference to the sources and the Appendix. The Appendix is written in English and it has all the main technical terms regarding air compressors. Many of those terms are written in the designer manual and I think is going to be a great help to the technician which wants to search the subject more. Finally I would like to thank my professors which help me with this final year project.

## Πρόλογος

Οι Αεροσυμπιεστές εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία των μηχανημάτων που είναι συνήθως γύρω μας και για τα οποία γνωρίζουμε λίγο. Θα τα βρείτε σε σπίτια και τους χώρους εργασίας καθώς και σε περίπλοκες εγκαταστάσεις όπως είναι το εργοστάσιο και το καράβι. Οι συμπιεστές εξυπηρετούν στην ψύξη μηχανών, χημικών διεργασιών, μεταφοράς φυσικού αερίου, και σε οποιοδήποτε μέρος υπάρχει ανάγκη να μετακινήθη συμπιεσμένο αέριο η αέρας. Οι μηχανολογικές αρχές είναι τόσες πολλές όπως είναι ( Δυναμική των ρευστών, θερμοδυναμική, μηχανολογία κλπ), που σε αυτή την εργασία μπορούμε να θίξουμε μόνο τα επίμαχα σημεία. Αυτό πραγματικά είναι τόσο μεγάλος εύρος και υπάρχουν τόσες μονάδες που είναι σχετικά δύσκολο να καλυφτούν τόσο εύκολα. Στους Αεροσυμπιεστές αυτά τα σημεία που παίζουν ιδιαίτερο ρόλο και έχουν περιορισμένη ωφέλιμη ζωή είναι τα ρουλεμάν, οι βαλβίδες και διάφορα άλλα εξαρτήματα που δέχονται ιδιαίτερη καταπόνηση. Για αυτό και σε αυτές τις σελίδες θα κάνω ότι μπορώ για να καλύψω το θέμα σχετικά με Αεροσυμπιεστές υψηλής και χαμηλής πίεσεως στα εμπορικά πλοία.

# Κεφάλαιο 1

## Τύποι Αεροσυμπιεστών

Υπάρχουν οι εξής βασικοί τύποι αεροσυμπιεστών

1) Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές εκτοπίσεως.

Στο συγκεκριμένο τύπο αεροσυμπιεστών ο αέρας συμπιέζεται με κατάλληλα περιστρεφόμενα εμβολα που ονομάζονται λοβοί. Ο αεροσυμπιεστής αυτός παρέχει μεγάλες ποσότητες αέρα, με πίεση όμως μικρότερη από εκείνη που επιτυγχάνεται στους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές

2) Εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές

Στους εμβολοφόρους γίνεται εισαγωγή του αέρα μέσα στον κύλινδρο του συμπιεστή με την δύναμη του κενού που δημιουργείται από το εμβολο του κυλίνδρου. Σε επόμενη φάση ο αέρας συμπιέζεται μέσα στον κύλινδρο κατά την διαδρομή του Έμβολου. Η πίεση που αποκτά ο αέρας ονομάζεται βαθμός συμπίεσεως κυλίνδρου.

Οι αεροσυμπιεστές αυτοί διακρίνονται σε

- 1) Απλής ενέργειας
- 2) Διπλής ενέργειας

3) Περιστροφικούς αεροσυμπιεστές ροής

Στους αεροσυμπιεστές αυτούς ο αέρας φυγοκεντρίζεται σε ένα η περισσότερα στροφεία η τροχούς και οδηγείται στην περιφέρεια του κελύφους με κατάλληλο σχητό. Ο τύπος αυτού του αεροσυμπιεστή λέγεται και φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής η αεροσυμπιεστής ακτινικής ροής. Τον Περιστροφικό αεροσυμπιεστή μπορούμε να των βρούμε και με τις ονομασίες αξονικό αεροσυμπιεστή και αξονικής ροής λόγω των σταθερών και κινητών πτερυγίων.

*Με τους αεροσυμπιεστές ροής μπορούμε να έχουμε πολύ μεγάλη παροχή, αλλά με χαμηλή πίεση. Υψηλότερες σχετικά πιέσεις μπορούμε να λάβουμε με αξονικό συμπιεστή πόλων βαθμίδων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές παρέχουν τις υψηλότερες πιέσεις. Ακλουθούν οι Αεροσυμπιεστές Εκτοπίσεως και μετά από αυτούς, οι αεροσυμπιεστές ροής. (Μιμηκοπουλος 1974).*

Τώρα ανάλογος με την πίεση τους διακρίνουμε σε

- 1) Υψηλής πίεσης
- 2) Χαμηλής πίεσης
- 3) Μέσης πίεσης

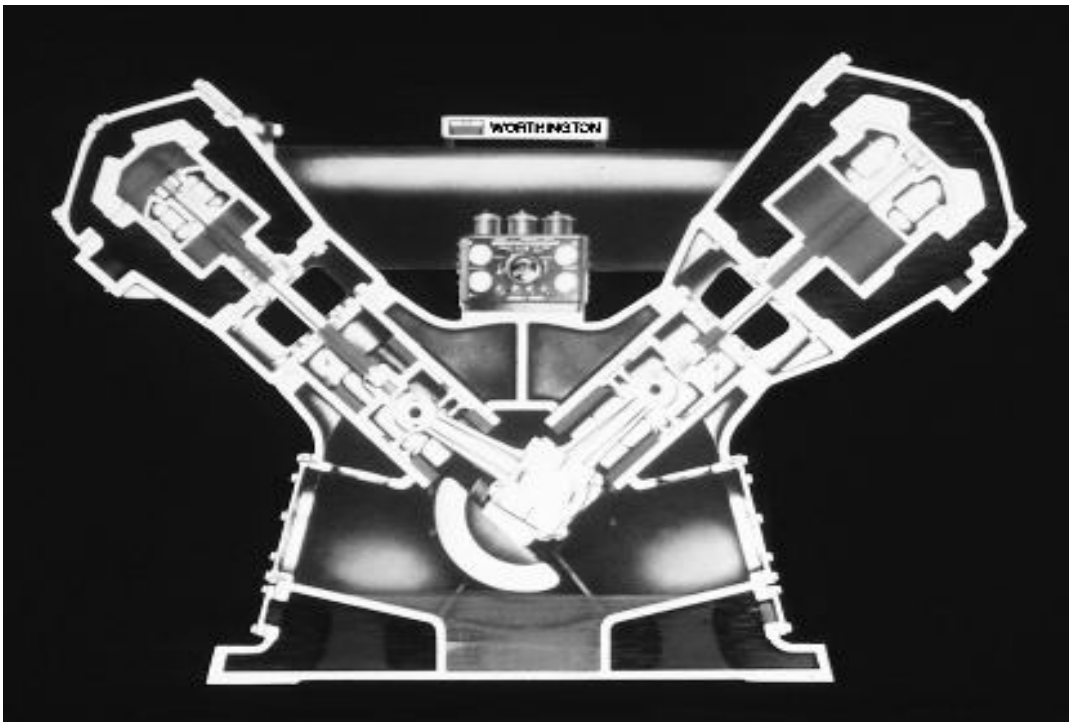
Σε αυτήν την εργασία θα εξεταστούν οι Υψηλής πίεσης και Χαμηλής πίεσης Αεροσυμπιεστές.

Επίσης τους διακρίνουμε με βάση άλλων χαρακτηριστικών όπως είναι

- 1) Αναλόγως με την διάταξη των κυλίνδρων.
- 2) Αναλόγως εάν είναι μόνιμη σε μια εγκατάσταση η όχι.
- 3) Ανάλογος με τον τρόπο κατά τον οποίο παίρνουν την κίνηση του κινητήριου μηχανήματος που παρέχει σε αυτούς την αναγκαία ισχύ για πραγματοποίηση της λειτουργία τους.

## **Εμβολοφόροι Αεροσυμπιεστές**

Οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές είναι αρκετά αποδοτικοί και πολύ καλή ώστε να συμπιέζουν αέρα οι διάφορα μίγματα αερίων. Έχουν πολλές εφαρμογές και θεωρούνται αεροσυμπιεστές ΥΠ. Έχοντας μεγάλη ανταπόκριση σε διάφορες εφαρμογές και επειδή είναι αεροσυμπιεστές θετικής εκτοπίσεως είναι σε θέση να συμπιέζουν διάφορα αέρια. Οι αεροσυμπιεστές αυτοί είναι εύκολοι να προσαρμοστούν στην δεδομένη πίεση. Η περιστροφική κίνηση του Έμβολου σε αυτούς τους αεροσυμπιεστές βοηθά στην όλη διαδικασία, και μπορούν να λειτουργούν για καιρό με μονή προϋπόθεση ότι κάποια στιγμή πρέπει να σταματήσουν για την προκαθορισμένη συντήρηση. Ορισμένοι τύποι από τους πιο γνωστούς φαίνονται στις παρακάτω εικόνες (εικόνα 1.1 και εικόνα 1.2). Κατά τη διεργασία του έργου παράγονται ανισόρροπες δυνάμεις. Εμφανίζονται σε όλους τους αεροσυμπιεστές κατά την επιτάχυνση και επιβράδυνση του εμβόλου και των παλινδρομικών βαρών (εμβόλου και ράβδου ζυγώματος και ένα τμήμα του διωστήρα). Ένας κατασκευαστής προσπαθεί να ισορροπήσει αυτή την κατάσταση, με το να μεταφερθεί μέρος του φορτιού σε τμήμα του διωστήρα.



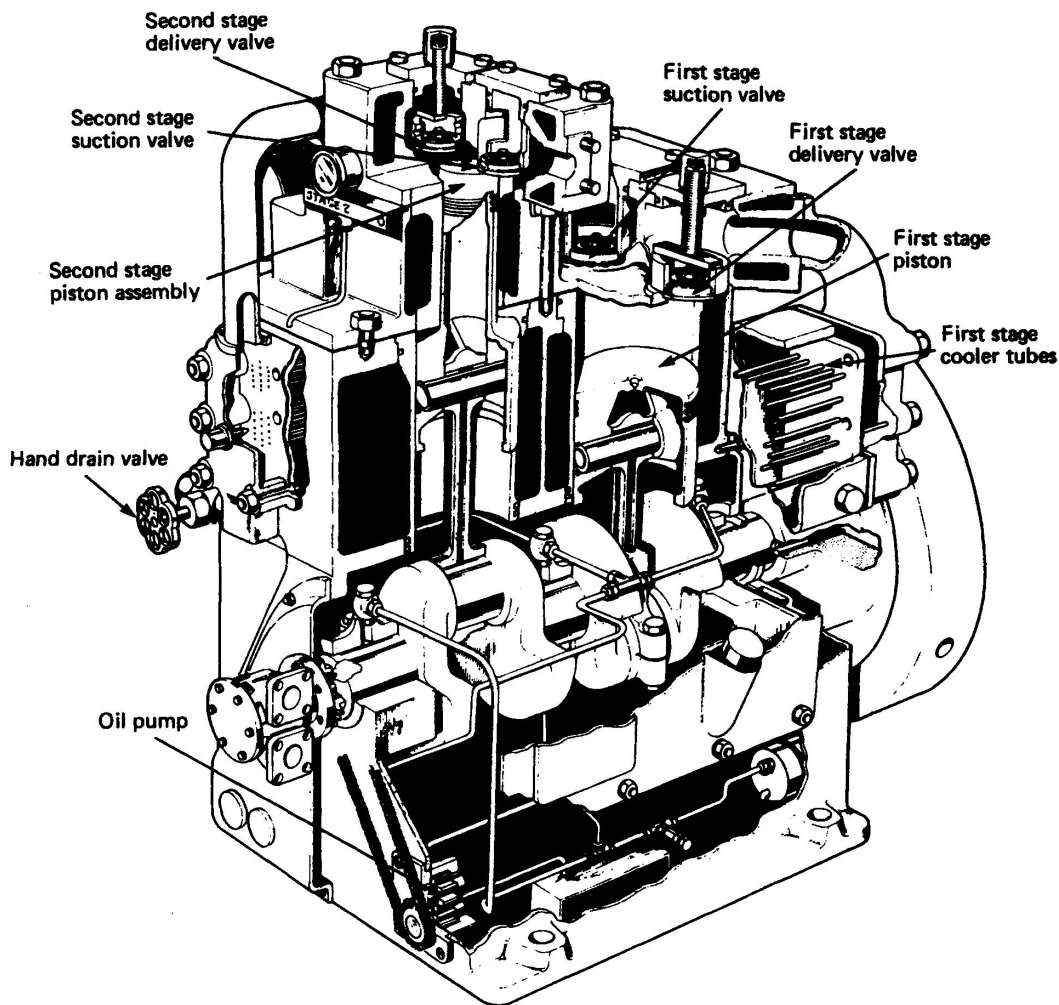
Εικόνα 1.1 Εμβολοφόρος Αεροσυμπιεστής με διάταξη κυλίνδρων Y

Μόνο πρωταρχικές δυνάμεις που επενεργούν επάνω στον αεροσυμπιεστή με την διπλάσια ταχύτητα λειτουργίας παίζουν σημαντικό ρόλο στον ολικό σχεδιασμό του μηχανήματος. Επίσης ανισόρροπες πρωταρχικές και δευτερεύουσες ροπές μπορούν να υπάρξουν στους περισσότερους αεροσυμπιεστές. Με δυο κυλίνδρους να δουλεύουν όπως βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα 1.1 τα περιστρεφόμενα βάρη και δυνάμεις σε γωνία στροφαλοφόρου 180 μοίρες αλληλοεξουδετερώνονται και μεταφέρονται στη βάση του μηχανήματος. Αυτές οι ροπές που δημιουργούνται κατά την λειτουργία είναι αβλαβής για το μηχάνημα. Οι αεροσυμπιεστές σχεδιάζονται επάνω σε γερά θεμέλια όπως είναι τσιμέντο κλπ. Οι πολλαπλοί αεροσυμπιεστές είναι δεμένοι μεταξύ τους με κοινές τσιμεντένιες βάσεις ώστε να σταματήσουν ροπές και δυνάμεις που μπορούν να επενεργούν στο μηχάνημα.



## Αεροσυμπιεστής

Ο πεπιεσμένος αέρας έχει πολλές εφαρμογές επάνω στα εμπορικά πλοία, ξεκινώντας πάντοτε από τις μηχανές διηζελ μέχρι και των καθαρισμό των μηχανημάτων. Ο αέρας πίεσεως 25 bar συνήθως παρέχεται σε πολυσταδιακα μηχανήματα. Εδώ ο αέρας συμπιέζεται στο πρώτο στάδιο, ψήχεται και συμπιέζεται σε επόμενο και ούτω καθεξής. Ο δύο σταδίων αεροσυμπιεστής είναι από τους πιθανών πιο γνωστούς. Ένας τύπος τέτοιου μηχανήματος φαίνεται στην εικόνα 1.2.



Εικόνα 1.2 Πολυσταδιακος Αεροσυμπιεστής

Ο αέρας αναρροφάται κατά τη διαδρομή αναρρόφησης διαμέσου του πρώτου σταδίου της βαλβίδας αναρρόφησης μέσω του σιγαστήρα ή φίλτρου. Η βαλβίδα αναρρόφησης κλίνει το εμβολο και ο αέρας συμπιέζεται. Ο πεπιεσμένος αέρας έχοντας φτάσει στο πρώτο στάδιο πίεσης, περνά μέσα από την βαλβίδα παροχής του πρώτου σταδίου ψυκτη. Το δεύτερο στάδιο αναρρόφησης και συμπίεσης τώρα παίρνει μέρος με παρόμοιο τρόπο επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη πίεση από του πρώτου και δευτέρου σταδίου κυλίνδρου. Περνώντας έπειτα από του δευτέρου σταδίου της βαλβίδας παράδοσης ο αέρας ψύχεται και είναι έτοιμος για παράδοση στο σύστημα αποθήκευσης.

Η μηχανή έχει έναν εύκαμπτο στροφαλοθαλαμο που παρέχει υποστήριξη για τα τρία έδρανα του στροφαλοφόρου. Το μπλοκ του κυλίνδρου βρίσκεται επάνω από τα χιτώνια που έχουν τοποθετηθεί επάνω στο μπλοκ του κυλίνδρου. Το όλο σύστημα αποτελείται από εμβολο, μπιέλες και στροφαλοφόρο άξονα. Ο πρώτος κύλινδρος κεφαλής είναι τοποθετημένος στο μπλοκ του κυλίνδρου και ο δεύτερος είναι δεμένος στο πρώτο. Κάθε κεφαλή κουβαλά βαλβίδα αναρρόφησης (delivery valve). Μια εξαρτημένη αντλία παράγει λίπανση στα κυρίως έδρανα. Επίσης υπάρχουν μικρά περάσματα όπου η λίπανση διέρχεται στον στροφαλοφόρο και στους δυο διωστήρες. Το νερό ψύξης παρέχεται από μια αντλία. Το νερό περνά διάμεσου της κεφαλής του κυλίνδρου όπου υπάρχουν εκεί περά κοντά δυο ψυγεία και μετά περνά μέσω των δυο κεφάλων των κυλίνδρων. Μια βαλβίδα ασφάλειας αποτρέπει την πίεση εάν κάποιος σωλήνας ψυγείου σκάσει και ο αέρας διαφύγει. Μια ανακουφιστική βαλβίδα έχει προσαρμοστεί στο πρώτο και το δεύτερο στάδιο εξαγωγής αέρα ώστε να παρέχει 10% διαφυγή σε πίεση. Ένα φίς προσαρμόζεται μετά το δεύτερο στάδιο του ψυγείου για να περιορίσει την θερμοκρασία του αέρα και να προστάτευση το πεπιεσμένο αέρα των δεξαμενών και σωληνώσεων.

Οι βαλβίδες αποστράγγισης είναι τοποθετημένες στους αεροσυμπιεστές. Όταν αυτές οι βαλβίδες είναι ανοικτές και το μηχάνημα δεν έχει φορτίο δεν παράγει συμπιεσμένο αέρα. Ένας αεροσυμπιεστής όταν ξεκινά πρέπει να είναι σε μη φορτωμένη κατάσταση. Αυτό μειώνει την αρχική ροπή του μηχανήματος και καθαρίζει οποιαδήποτε υγρασία στο σύστημα. Αυτή η υγρασία μπορεί να επηρεάσει την λίπανση και μπορεί να δημιουργήσει λαδί/νερό γαλακτώματα όπου λερώνει την γραμμή του αέρα και μπορεί να οδήγησει σε πυρκαγιά ή έκρηξη.

Ο κινητήρας του αεροσυμπιεστή ξεκινά και το μηχάνημα αναπτίζει ταχύτητα. Η πίεση του λαδιού ανέρχεται στην σωστή τιμή. Τα drain του πρώτου σταδίου και τα drain του δευτέρου είναι κλειστά και το μηχάνημα αρχίζει να λειτουργεί. Το πιεσόμετρο πρέπει να είναι ρυθμιζόμενο για να δίνει σταθερή τιμή πίεσης. Επίσης τα τοποθετημένα drains θα πρέπει να είναι ελαφρός ανοικτα ώστε να φεύγει από εκεί τυχόν υγρασία που έχει συγκεντρωθεί στα ψυγεία. Το νερό ψύξης θα πρέπει να ελέγχεται και επίσης οι θερμοκρασίες μετά από μια περίοδο που το μηχάνημα είναι φορτωμένο.

Για να σταματήσει ο αεροσυμπιεστής, του πρώτο και το δεύτερο στάδιο τα drain επιστόμια του ψυγείου θα πρέπει να είναι ανοικτα και το μηχάνημα θα πρέπει να λειτουργεί χωρίς φορτίο για 2 με 3 λεπτά. Αυτή η λειτουργία του μηχανήματος χωρίς φορτίο θα καθαρίσει τα ψυγεία από τυχόν συμπυκνώματα. Ο αεροσυμπιεστής τώρα μπορεί να σταματήσει και τα drain μπορούν να παραμείνουν ανοικτα. Το νερό ψύξης θα πρέπει να απομονωθεί εάν ο αεροσυμπιεστής σταματήσει για μεγάλη χρονική περίοδο.

Η αυτόματη λειτουργία των αεροσυμπιεστών είναι πόλη συνήθης και περιλαμβάνει επιπλέον μηχανήματα. Ένας εκφορτωτής πρέπει να υπαρχή σε ένα μηχάνημα ώστε να εξασφάλιση ότι το μηχάνημα τρέχει χωρίς φορτίο, και όταν τρέχει με ταχύτητα να φορτώνει με φορτίο και να παράγει συμπιεσμένο αέρα. Υπάρχουν πολύ μέθοδοι για την εκφόρτωση που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά ο ναυτικός σχεδιασμός ευνοεί τους συμπιεστές όπου κρατούν τα πιάτα της βαλβίδας αναρρόφησης στις θέσης τους η ένα by pass με κατάθλιψη στην εισαγωγή. Αυτόματα drain πρέπει να εφαρμοστούν για να εξασφαλιστεί η αφαίρεση της υγρασίας από τα στάδια του ψυγείου. Μια ανεπίστροφη βαλβίδα συνήθως εφαρμόζεται όσο πιο κοντά γίνεται στην βαλβίδα κατάθλιψης σε ένα αεροσυμπιεστή για να αποτρέψει την επιστροφή της ροής. Είναι μια σημαντική τοποθέτηση όπου οι εκφορτωτές χρησιμοποιούνται.

Ειδικές κατασκευές έχουν γίνει για αποτροπή της υγρασία και του γαλακτώματος στους αεροσυμπιεστές. Ένας Ειδικός τύπος αεροσυμπιεστή υπαρχή για να αποτρέπει την υγρασία και για να γίνεται η παροχή του αέρα φυσιολογικά η μπορεί να υπαρχει ειδική μεταχείριση μετά τον αεροσυμπιεστή. Αυτή η μεταχείριση έχει ως αποτέλεσμα ο αέρας να φιλτράρεται και να αποξηραίνεται για να φύγουν τυχόν ίχνη από λαδί η υγρασία.

Η συντήρηση περιλαμβάνει τους συνήθης ελέγχους (λαδί στροφαλοθαλαμου, νερό ψύξεως, θερμοκρασίες λειτουργίας και πίεσης). Η αναρρόφηση και οι βαλβίδες παράδοσης αέρα σε κάθε στάδιο περιέχουν την περισσότερη δουλειά σε κάθε συντήρηση. Αυτές οι βαλβίδες είναι αυτόματες και περιλαμβάνουν μια μικρή διαφορική πίεση για να λειτουργήσουν.

Αυτό το σταθερό άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων απαιτεί τις έδρες να είναι ανακαινισμένες. Η υπερθέρμανση και η λάθος λίπανση, η παρουσία βρώμιας φέρει ως αποτέλεσμα το (pitting) η το κόλλημα στις διαφορές επιφανές. Οι βαλβίδες πρέπει να ανοιχτούν να γίνει έλεγχος. Να τριφτούν και να καθαριστούν καθώς και η ομαλή και καλή επιφάνια πρέπει να εξασφαλιστεί για την καλή λειτουργία της βαλβίδας.

## Κεφάλαιο 2

### Διάφορα μέρη Εμβολοφόρου Αεροσυμπιεστή

#### Σχεδιασμός Στροφάλου

Ο στροφαλοφόρος άξονας σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε όλες οι δυνάμεις οι οποίες δημιουργούνται από ροπές κατά την περιστροφή να εξισορροπούνται . Οι κύλινδροι προκαλούν δυνάμεις συμπίεσης οι οποίες είναι αρκετά μεγάλες οι οποίες ξεπερνούν κατά μέσο όρο τους ίππους της ροπής ενός μεσαίου αεροσυμπιεστή. Ο σχεδιασμός του Αεροσυμπιεστή πρέπει να είναι αρκετά επαρκής ώστε να μπορεί να αντέξει τις δονήσεις οι οποίες δημιουργούνται κατά της περιστροφές και τις καταπονήσεις. Για Αεροσυμπιεστές μικρού τύπου περίπου 150 KW ο στροφαλοφόρος άξονας πρέπει να είναι από σφυρηλατημένο ατσάλι. Ειδική μεταχείριση επίσης πρέπει να υπαρχή εκεί που είναι τα κουζινέτα. Πρέπει ο άξονας να είναι ειδικά θερμαινόμενος σε εκείνο το σημείο. Επίσης ο άξονας είναι ειδικά φτιαγμένος ώστε να πέρνα λάδι από ορισμένα σημεία στον άξονα και να επιτυγχάνεται ομαλή λίπανση σε συγκεκριμένα σημεία.



Εικόνα 1.3 Στροφαλοφόρος Άξονας

## Διωστήρας

Οι Διωστήρες στις περιστρεφόμενες μηχανές συνήθως είναι φτιαγμένα από σφυριλατούμενο ατσάλι και είναι φτιαγμένα με τέτοιο τρόπο ώστε το λάδι της λίπανσης να πέρνει ειδικά από φτιαγμένους τρυπημένους λαβύρινθους κατά μήκος του διωστήρα ώστε να ευνοεί και να επιτυγχάνει την ομοιόμορφη λίπανση του διωστήρα. Τα μπουζουνια είναι ειδικός φτιαγμένα ώστε να αντέχουν τις καταπονήσεις



Εικόνα 1.4 Διωστήρας

## Εμβολα

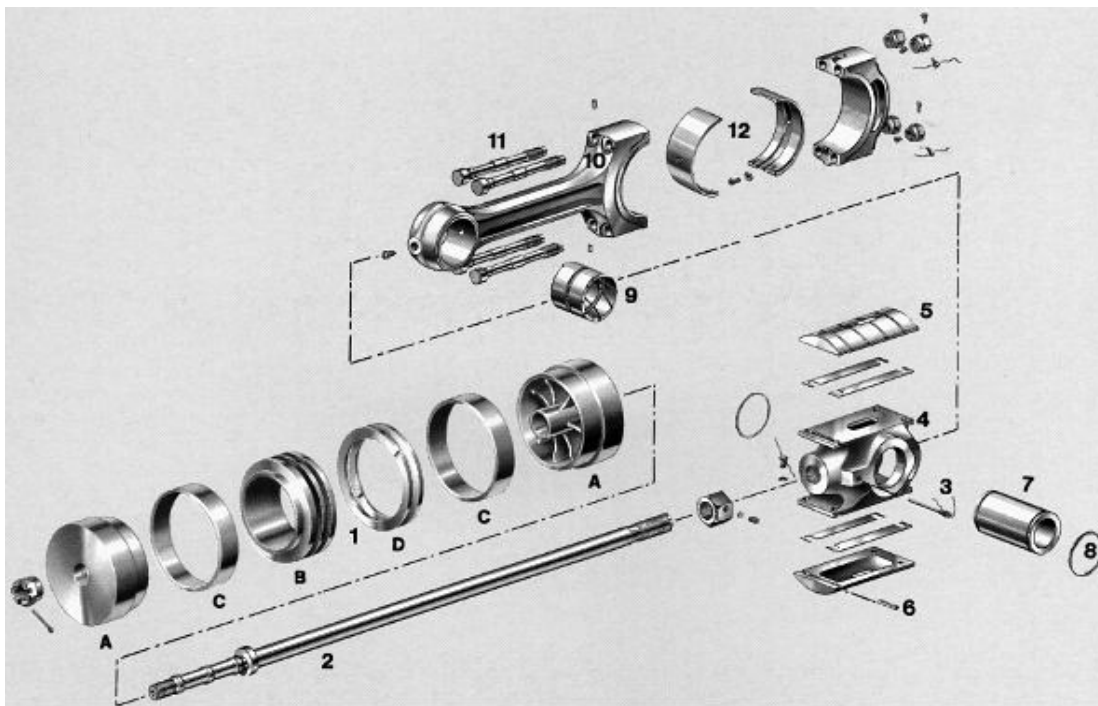
Τα εμβολα συνήθως είναι φτιαγμένα από Cast Iron στις περισσότερες εφαρμογές. Το Αλουμίνιο χρησιμοποιείται συνήθως για μεγάλα εμβολα και για μεγαλύτερες ταχύτητες για να μειώσει και να ισορροπήσει τις ροπές αδράνειας. Για μερικές εφαρμογές οι οποίες απαιτούν πάνω από 150 ατμόσφαιρες πίεση τα εμβολα φτιάχνονται πιο ανθεκτικά από πλευράς αντοχής υλικών.



Εικόνα 1.5 Εμβολο

## Ελατήρια Εμβολών

Οι περισσότερες εφαρμογές όσο αναφορά ελατήρια εμβολών είναι φτιαγμένα από Teflon (PTFE) η άλλης υψηλής απόδοσης πολυμερούς εφαρμογής. Συνήθως χρησιμοποιούνται τριών ειδών ελατήρια με μια συγκεκριμένη τομή στο καθένα. Για ορισμένες εφαρμογές υψηλής πίεσης (300 atm) χρησιμοποιούνται τριών ειδών ελατηρίων από μπρούτζο. Επίσης για ορισμένες μη λιπνομενες εφαρμογές ελατηρίων χρησιμοποιούν ειδικό πλαστικό η υψηλής απόδοσης η πολυμερή . Μια εφαρμογή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Επίσης χρησιμοποιείτε η εφαρμογή TFE rider rings όπου κρατούν το βάρος του εμβόλου και του Διωστήρα. Τα rider rings μπορεί να είναι διαιρούμενου τύπου βρισκόμενα στο κέντρο του εμβόλου. Η πίεση που δημιουργείτε από αυτά τα ελατήρια είναι περίπου 0.7 Kg/cm<sup>2</sup> ( 10 lb/in<sup>2</sup>). Είναι πιθανός αναγκαίο λυτών να υπάρχουν καθαρά καυσαέρια ώστε να ενισχύσει τη ζωή του packing. Η βρωμιά και η σκουριά που δημιουργείτε πιθανός θα μείωση τη ζωή του ελατηρίου.

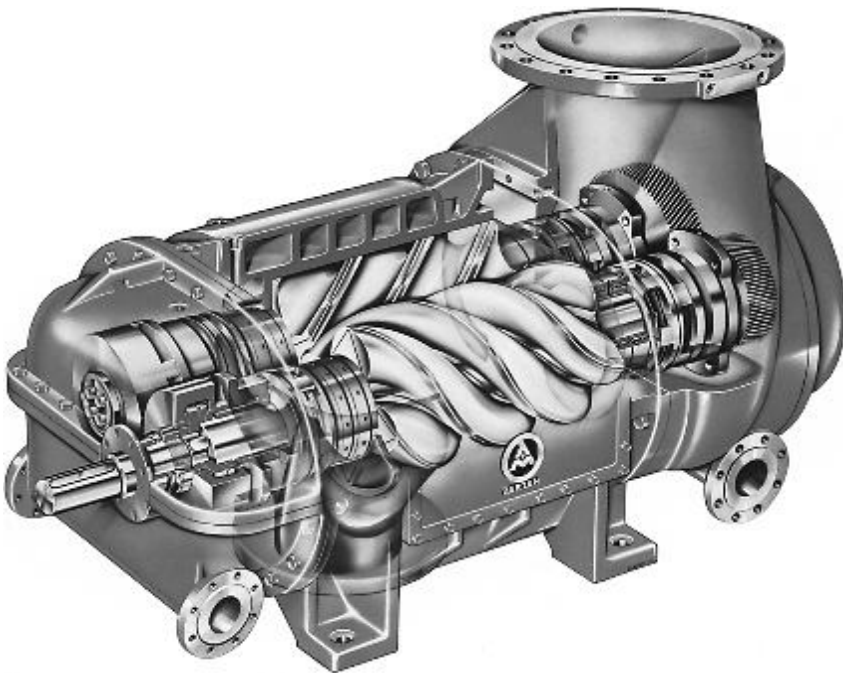


- |  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>1. 3-piece piston</b> allows for two solid slip-on Rider Bands.</p> <p>A. Piston end bells</p> <p>B. Ring carrier</p> <p>C. Solid rider bands</p> <p>D. Piston rings</p> <p><b>2. Piston rod</b></p> | <p><b>3. Dowel pin</b> so piston rod can not turn</p> <p><b>4. Box-section crosshead</b></p> <p><b>5. Babbitt-faced cast iron cross-head slippers</b></p> <p><b>6. Crosshead slipper key</b></p> <p><b>7. Full-floating crosshead pin</b></p> | <p><b>8. Crosshead-pin retainers</b></p> <p><b>9. Renewable crosshead pin bearing</b></p> <p><b>10. High-strength connecting rod</b></p> <p><b>11. Connecting bolts</b></p> <p><b>12. Split crankpin bearing</b></p> |
|--|---|--|

## Κεφάλαιο 3

### Αεροσυμπιεστές Χαμηλής Πίεσης

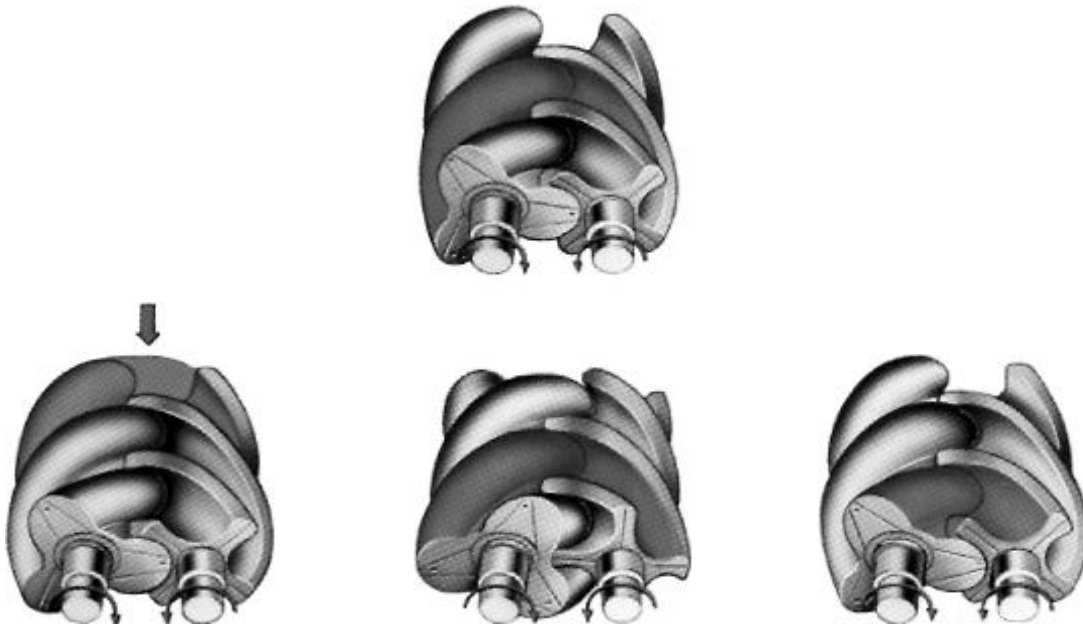
Οι Αεροσυμπιεστές οι οποίοι θα περιγραφούν σε αυτό το κεφάλαιο έχουν σχέση με χαμηλές πίεσης λειτουργίας γενικά. Ο πρώτος Αεροσυμπιεστής ο οποίος θα συζητηθεί είναι ο Περιστροφικός αεροσυμπιεστής κοχλιοειδούς τύπου. Η λειτουργία των αεροσυμπιεστών αυτού του τύπου στηρίζεται σε δυο ελικοειδής γρανάζια τα οποία είναι τοποθετημένα σε ένα κέλυφος και που γυρνάνε σε αντίθετη φορά μεταξύ τους. Υπαρχή εισαγωγή και εξαγωγή στο αντίστοιχο τέλος του μηχανήματος. Οι αεροσυμπιεστές αυτοί είναι μηχανήματα θετικής εκτοπίσεως με εργαζόμενες φάσεις όπως είναι η αναρρόφηση, κατάθλιψη, και συμπίεση. Θα μιλήσουμε κυρίως για την λειτουργία του αρσενικού και του θηλυκού λοβού. Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1 Περιστροφικός Αεροσυμπιεστής (Κοχλιοειδούς Τύπου)



Καθώς η φάση της αναρρόφησης ξεκινά, ο αρσενικός λοβός ξεδιπλώνεται από των θηλυκό και περιστρέφεται καθώς δημιουργείτε ένας κενός χώρος ο οποίος αναρροφά το αέριο. Καθώς ο ροτορας συνεχίζει να δουλεύει, ο μεταξύ χώρος αυξάνεται και ο μεταφερόμενος αέρας περνά μέσα στο χώρο αυτό. Η Εισαγωγή είναι αρκετά μεγάλη και το γέμισμα λαμβάνει χώρο σε κάθε περιστροφή. Η φάση περιστροφής είναι μεταβατική φάση μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης όπου το αέριο παγιδεύεται μεταξύ της εισαγωγής και της εξαγωγής και γίνεται η μεταφορά ακτινικά μέσω ορισμένου αριθμού μοιρών περιστροφής σε σταθερή πίεση αναρροφήσεως. Η Εικόνα 2.2 δείχνει μια φάση συμπίεσης. Όπως φαίνεται και παρακάτω η περιστροφή δένει έναν αρσενικό λοβό με έναν θηλυκό (σε αναλογία 4/6). Το σημείο αξονικής εμπλοκής μεταξύ του αρσενικού λοβού και του θηλυκού μετακινητέ, και ο κατεχόμενος όγκος του παγιδευμένου αερίου μέσα στο χώρο των λοβών αυξάνεται καθώς επίσης αυξάνεται και η πίεση του αερίου.



Εικόνα 2.2α

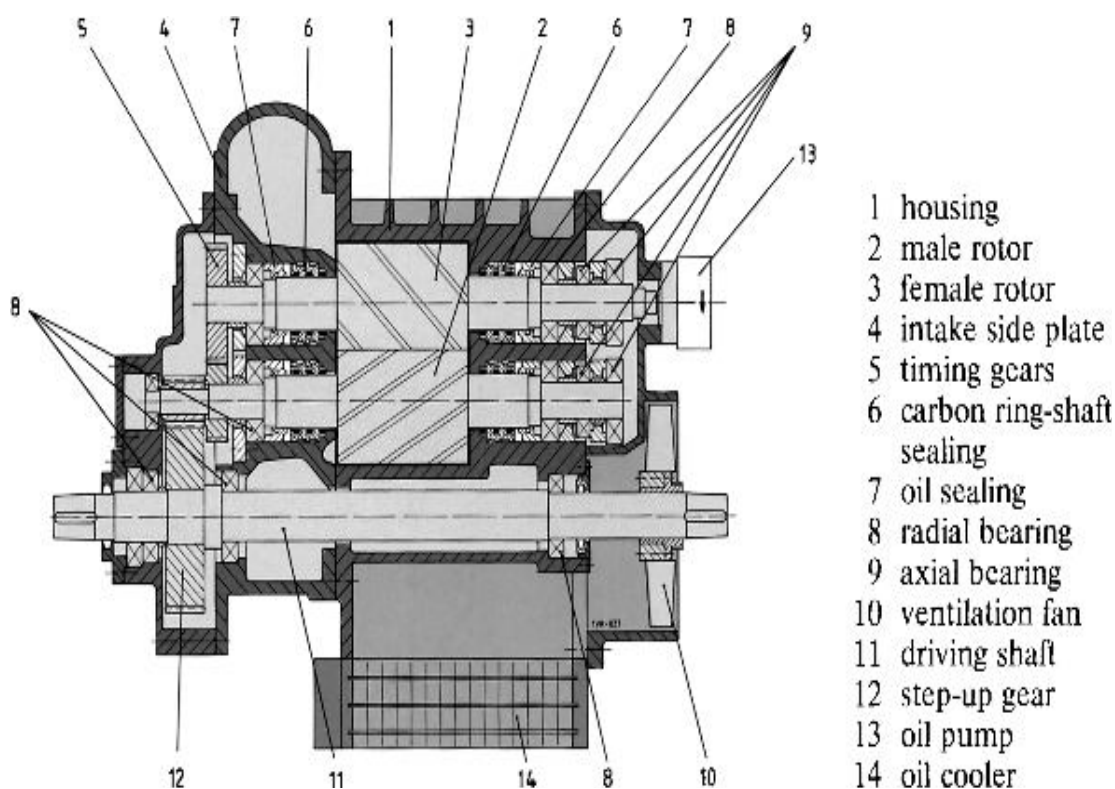
Εικόνα 2.2β

Εικόνα 2.2γ

Η Φάση συμπίεσης φαίνεται στην εικόνα 2.2γ. Επίσης μια καλή εικόνα είναι και η παρακάτω που δείχνει την κατάσταση του μηχανήματος διαγραμματικά καθώς και τα διάφορα μέρη από τα οποία αποτελείτε (εικόνα 2.3). Οι περιστροφικοί συμπιεστές είναι εδώ και πολλά χρόνια και είναι μηχανήματα τα οποία είναι φτιαγμένα για συμπίεση λαδιού η αέρα. Αυτό το οποίο είναι λιγότερο γνωστό είναι ότι είναι μηχανήματα τα οποία μπορούν να συμπιέσουν αμμώνια, αργών, εθηλενιο, ασετιλίνη, χλωρίνη και αεριώδη μίγματα. Οι Περιστροφικοί αεροσυμπιεστές χρησιμοποιούνται συνήθως στην μεταλλουργία και θα τους βρούμε συνήθως με τις παρακάτω πίεσης αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

300 to 60,000 m<sup>3</sup>/h (176 to 35,310 scfm – standard cubic feet per minute), με πίεσης καταθλίψεως μέχρι

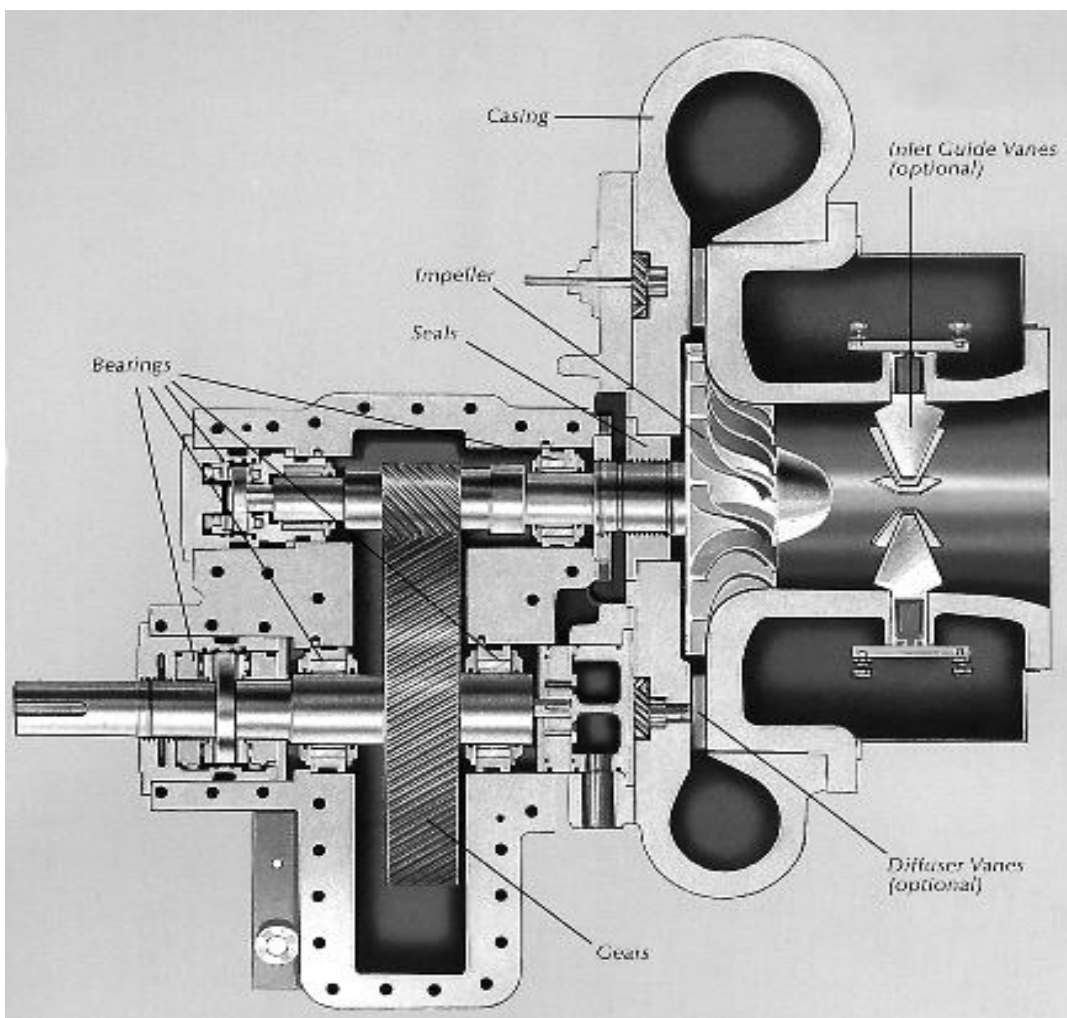
και 40 bar (580 psi). Για περιπτώσεις κενού και απόλυτης πίεσης έχουμε 0.09 bar (1.3 psi)



Εικόνα 2.3 Περιστροφικός Αεροσυμπιεστής

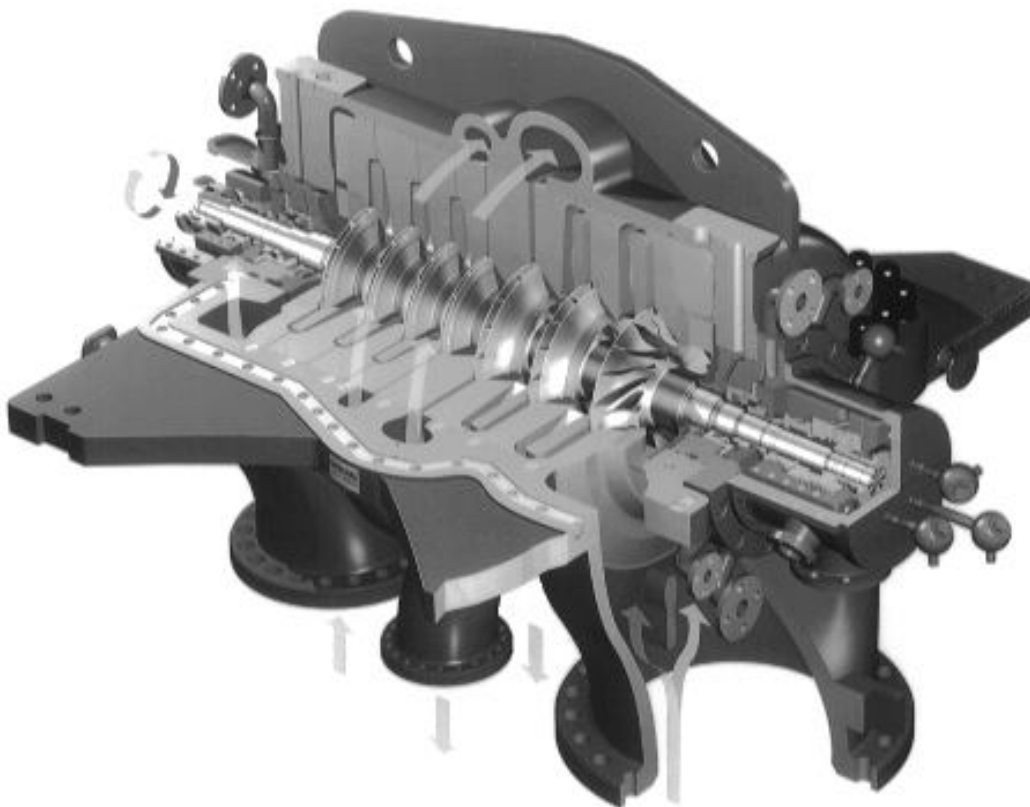
## Αεροσυμπιεστές Φυγοκεντρικοί και Αξονικής Ροής

Οι δυναμικοί Αεροσυμπιεστές στηρίζονται σε αρχές όπως είναι η ταχύτητα του ρεύματος του αερίου που μετατρέπεται από ταχύτητα ενέργειας σε ταχύτητα πίεσης. Αυτοί οι αεροσυμπιεστές συνήθως ονομάζονται τουρμποαεροσυμπιεστες οι φυγοκεντρικά μηχανήματα περιλαμβάνοντας το 80% και παραπάνω των δυναμικών αεροσυμπιεστών. Το υπόλοιπο 20% η λιγότερο είναι τα ακτινικής ροής μηχανήματα που καθορίζονται για υψηλότερες παροχές, χαμηλότερες πίεσης εφαρμογής. Εικόνα 2.4

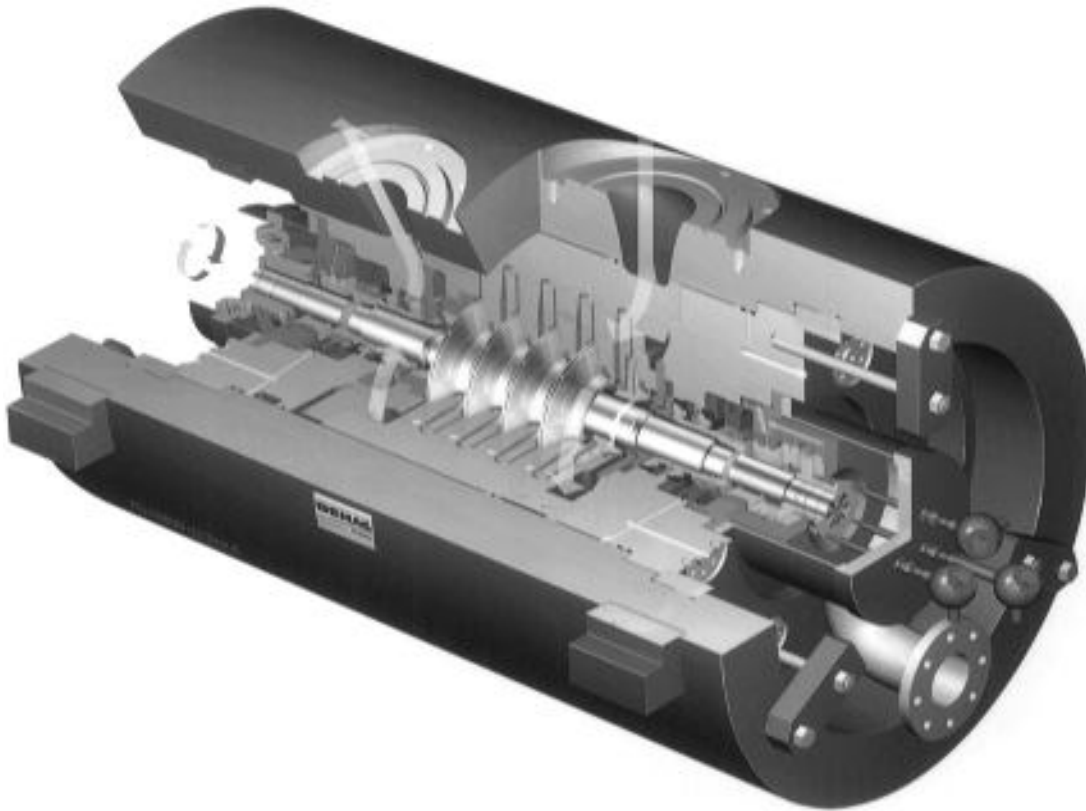


Εικόνα 2.4 Μονού Σταδίου φυγοκεντρικός Αεροσυμπιεστής

Οι φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές είναι απλοί εξαρτώμενη από το κινούμενο αέριο. Σχεδόν οποιοδήποτε αέριο μπορεί να συμπιεσθή από αυτά τα μηχανήματα, και το σημαντικό μέγεθος, καθώς και η ποικιλία πιέσεων που λειτουργούν τους κάνουν αρκετά αποτελεσματικούς όσο αναφορά τις μελλοντικές εφαρμογές. Χιλιάδες φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές είναι μονού σταδίου μηχανήματα, είτε απλά κατευθυνόμενα με την βοήθεια τροχών και χιλιάδες σχεδιάζονται σε πολυσταδιακες εφαρμογές. Υπάρχουν δυο περίπτωσης όσο αφορά το τύπο του κελύφους (1) Οριζόντιος διαιρούμενη κάσα εικόνα 2.51 και (2) κάθετου είδους με διαιρούμενο κέλυφος (βαρελοειδής τύπος αεροσυμπιεστή) εικόνα 2.52 . Το Μπεκ (νοζλα) μπορεί να επιλεγεί μέσα από πολλά είδη.



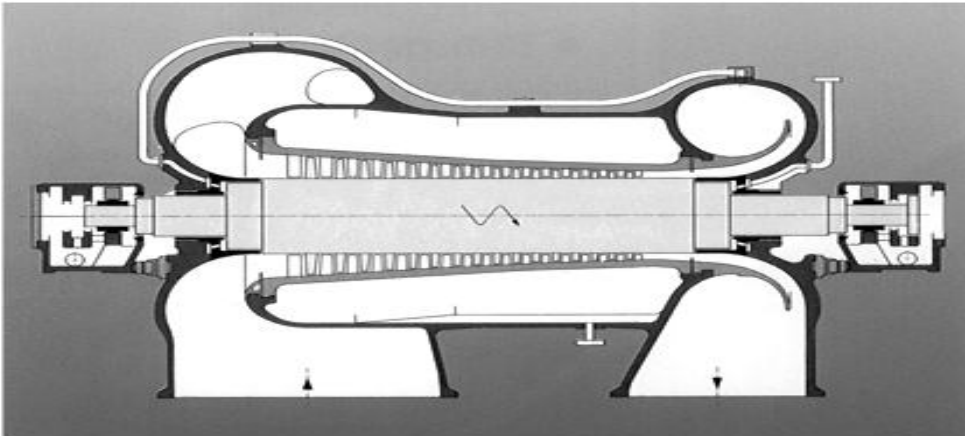
Εικόνα 2.51 Φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής με διαιρούμενο κέλυφος οριζοντίου τύπου κατασκευής



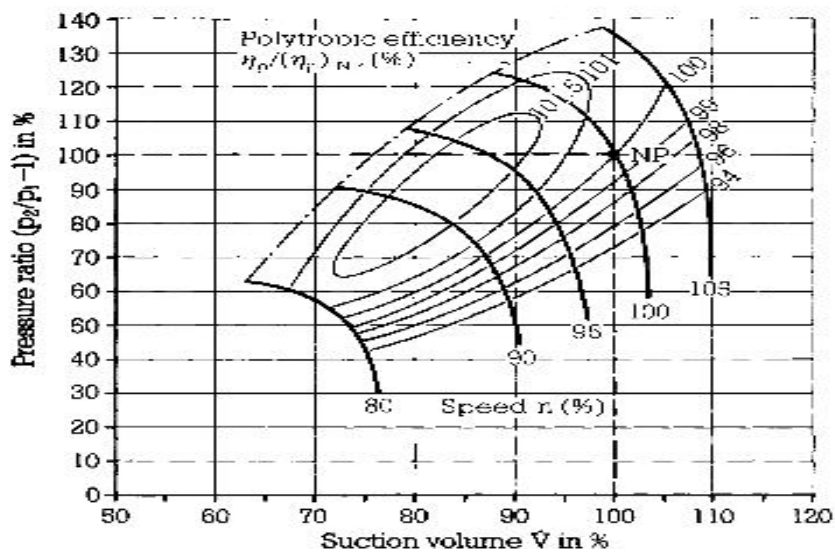
Εικόνα 2.52 Φυγοκεντρικός αεροσυμπιεστής με διαιρούμενο κέλυφος κάθετου τύπου κατασκευής

Σήμερα πολλά μηχανήματα έχουν φτιαχτεί κατά αυτών τον τρόπο ώστε να αντέχουν όγκους μεταξύ 500 και 200000 m<sup>3</sup>/h (294 μέχρι 117000 cfm) σε πιέσεις καταθλίψεως μέχρι και 160 bar(2352 psi). Βαρελοειδούς τύπου αεροσυμπιεστές για υψηλότερες πιέσεις έχουν σχεδιαστή και δουλεύουν πολύ πετηχημενα. Εξαρτωμένη από των όγκο της ροής και την αναλόγια συμπίεσης, δυο η τρία η περισσότερα κελύφη μπορούν να συνυπάρχουν σε σειρά με εμπλεκόμενους τροχούς. Η οδήγηση συνήθως προέρχεται από τουρμπίνες ατμού η από ηλεκτρικούς κινητήρες.

Τώρα σε σχέση με τον όγκο και την αναλογία σε συμπίεση, καθώς και με την επιλογή του υλικού κατά το οποίο είναι φτιαγμένο το κέλυφος το μπελερ καθώς και άλλα εξαρτήματα ο σχεδιασμός είναι αρκετά προσαρμόσιμος. Ο λαβύρινθος το μηχανολογικό seal καθώς και τα σημεία με τα οποία έρχονται σε επαφή μπορούν και είναι φτιαγμένα ώστε να παρέχουν στεγανοποίηση στον άξονα. Τέλος θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι φυγοκεντρικοί αεροσυμπιεστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κάθε είδους συμπίεσης αερίου.



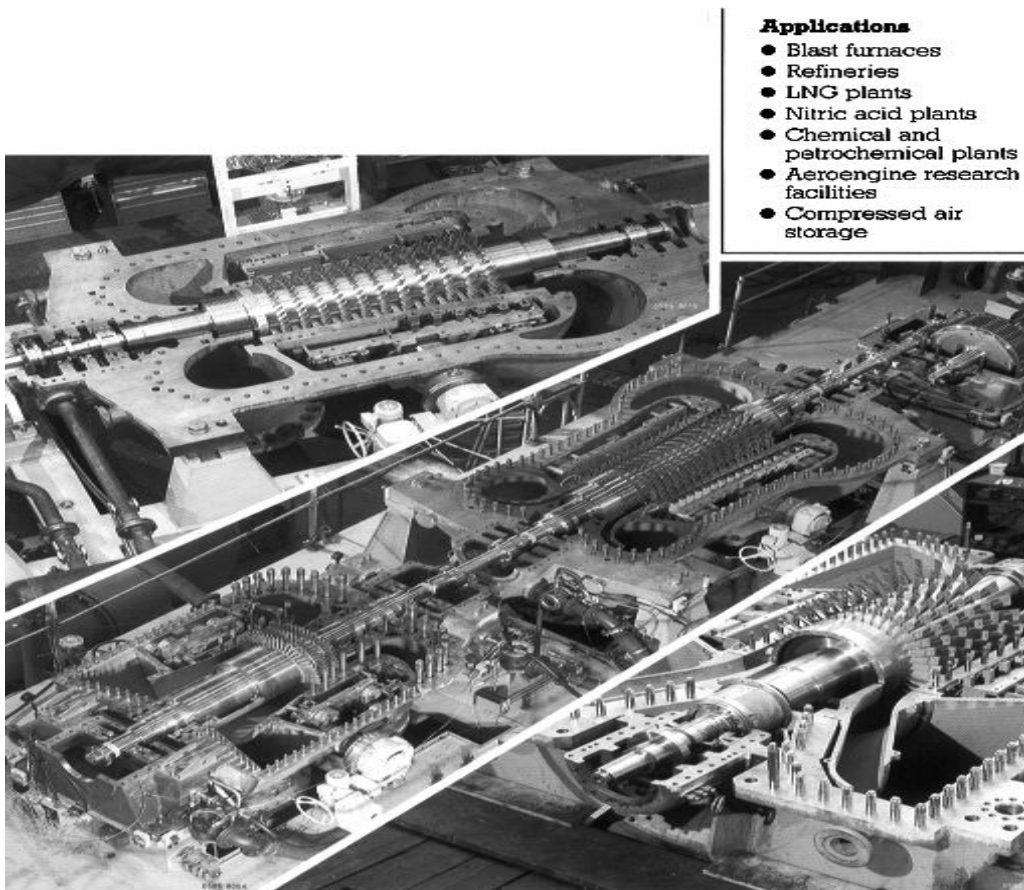
Series A with fixed stator blades (FIXAX).



Εικόνα 2.53 Διάγραμμα Όγκου Εισαγωγής και Πίεσης

## Αξονική Αεροσυμπιεστές

Οι αξονική αεροσυμπιεστές μπορούν να ικανοποιήσουν μεγάλες παροχές όγκου σε σχετικά μικρά κελύφη και με πολύ καλά δεδομένα σχετικά με την παραγόμενη Ισχύ. Είναι διαθέσιμη σε διάφορα μεγέθη και παράγουν πιέσεις που ξεπερνούν τα 7 bar σε καθοριζόμενο όγκο μεταξύ 40000 και 1000000 m<sup>3</sup>/h. Και εδώ θα μπορούσαμε να πούμε ότι οδηγούνται με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα. Η χαμηλές ταχύτητες είναι αναπόφευκτες εκτός και εάν προστεθούν κινητήρες μεταβλητής συχνότητας. Εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6 Αξονική Αεροσυμπιεστές

## Επίλογος - Συμπεράσματα

Σε κάθε βιομηχανία πάντα βρίσκουμε κάποιο καλό σχεδιασμό μηχανήματος (Design) από ορισμένους οργανισμούς οι Τεχνικούς. Έτσι και στην Ναυτιλιακή Βιομηχανία ισχύει αυτό σε μεγάλο ποσοστό. Βλέπουμε ότι στα περασμένα χρόνια η πετυχημένη ιδέα σχεδιασμού μοιραζόταν από περισσότερους από έναν κατασκευαστές που είχαν κοινό όραμα. Οι καλοί σχεδιαστές πάντα μνηστρούσαν στοιχεία μεταξύ τους όσο αφορά των πετυχημένο σχεδιασμό. Είναι αυτό τα οποία λέμε με λίγα λόγια κοινός εξέλιξη. Η εξέλιξη δεν ήρθε γρήγορα αλλά ήρθε μετά από διαφορές ανακατάταξης οι οποίες έγιναν χρήσιμες για τους μελλοντικούς σχεδιαστές. Πολλά μοντέλα και ιδέες δεν δουλεύσαν μέχρι να επετύχθη το τελικό το οποίο ήταν και το πλέον πετυχημένο. Αυτό ισχύει και στους αεροσυμπιεστές καθώς δεν αποτελούν εξαίρεση του κανόνα. Τα εργαστήρια καθώς και τα εργοστάσια αποκαλύπτουν ότι η κακή οργάνωση, η κουλτούρα, καθώς και η κακή επικοινωνία αποτελούν τα μεγαλύτερα φράγματα για να επετύχθη η μέγιστη απόδοση. Ο μεσαίος κρίκος της αλυσίδας όπως είναι οι τεχνίτες, εργοδηγοί, (Midlevel management) οι άνθρωποι οι οποίοι θα βάλουν σε εφαρμογή πρακτικός την ιδέα η οποία είναι σχεδιασμένη σε χαρτί, αποτελούν ένα σημαντικό και αναπόσπαστο κομμάτι της βιομηχανικής παράγωγης. Αυτό το προσωπικό αποτελεί κλειδί για την απολυτή επιτυχία του σχεδιασμού. Τέλος Θα μπορούσαμε με λίγα λόγια να πούμε ότι κατά το σχεδιασμό μέχρι την πραγματική υλοποίηση της κατασκευής πάντα υπάρχει ένα πρακτικό κενό κομμάτι γνώσεων το οποίο πρέπει να υπερκαλυφτεί μέχρι να φτάσουμε στο πετυχημένο Design. Αυτό το κενό υπερκαλύπτεται από ανθρώπους που είναι άρτια εκπαιδευμένοι στο πρακτικό κομμάτι της δουλειάς. Άρα η οργάνωση η εκπαίδευση καθώς και η τεχνογνωσία επάνω στο αντικείμενο παίζουν πάντα σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση μιας πετυχημένης ιδέας



## Βιβλιογραφία

- 1) A practical guide to Compressor Technology by Heinz P. Bloch
- 2) Compressor Handbook by Paul C. Hanlon
- 3) Introduction to Marine Engineering by D.A Taylor
- 4) Βοηθητικά μηχανήματα από Κωνσταντίνο. ΗΡ. Μιμηκοπουλο.
- 5). H. P. Bloch, Consider a low-maintenance compressor, *Chemical Engineering*, July 18, 1988.
- 6). Bently-Nevada Corporation, *System 1, Release 2.0*, Bently-Nevada, Minden, Nev., 1998.
- 7). Prognost GmbH, *Prognost System for Reciprocating Compressors*, Prognost, Rheine, Germany, 2004.
- 8). H. P. Bloch and F. K. Geitner, *An Introduction to Machinery Reliability Assessment*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.
- 9). R. B. Abernethy, *The New Weibull Handbook*, self-published, 1988.
- 10). James E. Corley, Troubleshooting turbomachinery problems using a statistical analysis of failure data, *Proceedings of the 19th Texas A&M University Turbomachinery Symposium*, September, 1990.
- 11). J. S. Mitchell, *Physical Asset Management Handbook*, 3rd Ed., Clarion Technical Publishers, Houston, Tex., 2002.

## Παράρτημα

Χρήσιμοι τεχνικοί ορισμοί σχετικά με τους Αεροσυμπιεστές (Αγγλικά)

*Absolute pressure* is total pressure measured from absolute zero, i.e., from an absolute Vacuum. It equals the sum of gauge pressure and atmospheric pressure corresponding to the barometer (expressed in pounds per square inch).

*Absolute temperature* equals degrees Fahrenheit plus 459.6 or degrees centigrade plus 273. These values are referred to as degrees Rankine and degrees Kelvin, respectively.

*Adiabatic or isentropic compression* of a gas is effected when no heat is transferred to or from the gas during the compression process.\* The characteristic equation relating pressure and volume during adiabatic compression is

$$Pv^k = C$$

Where  $k$  is the ratio of the specific heat at constant pressure to the specific heat at constant volume. *Polytropic compression* is effected when heat is transferred to or from gas during the compression process at such a precise rate that the relation between pressure and volume can be expressed by the equation

$$PV^n = C$$

I

in which  $n$  is constant. Where the actual compression path for a particular compressor is known, and where the heat transfer to or from the gas is at the proper rate, the value of  $n$  may be determined from the equation.

*Isothermal compression* is effected when interchange of heat between air or gas and surrounding bodies occurs at a rate precisely sufficient to maintain the air or gas at constant temperature during compression. It may be considered as a special case of polytropic compression. The characteristic equation for isothermal compression is

$$PV = C$$

*k value* is the value of the exponent defined by the equation under *Adiabatic* or

*Isentropic Compression* for any particular gas. *n value* is the value of the exponent as defined by the equation under *Polytropic Compression* for any particular gas. *Compressibility factor* is a factor expressing the deviation from the perfect-gas law. *Pressure ratio or compression ratio* is the ratio of the absolute discharge pressure to the absolute inlet pressure.

*Free air* is defined as air at atmospheric conditions at any specific location. Because altitude, barometer, and temperature may vary at different localities and at different times, it follows that this term does not mean air under identical or standard conditions. Free air as a measure of volume may be applied either to displacement or capacity, and in no way distinguishes between these two terms.

*Standard air* is defined as air at a temperature of 68\_F, a pressure of 14.70 psia, and a relative humidity of 35% (.0750 density). This agrees with the definitions adopted by ASME, but in gas industries the temperature of “standard air” is usually given as 60\_F.

*Displacement* of a compressor is the volume displaced per unit of time and is usually expressed in cubic feet per minute. In a reciprocating compressor it equals the net area of the compressor piston multiplied by the length of stroke and by the number of compression strokes per minute. The displacement rating of a multistage compressor is the displacement of the low-pressure cylinder only.

*Capacity (actual delivery)* of an air or gas compressor is the actual quantity of air or gas compressed and delivered, expressed in cubic feet per minute at conditions of total temperature, total pressure, and composition prevailing at the compressor inlet. Capacity is always expressed in terms of air or gas at intake conditions rather than in terms of standard air or gas.

*Theoretical horsepower* is defined as the horsepower required to compress adiabatically the air or gas delivered by the compressor through the specified range of pressures. For a multistage compressor with intercooling between stages *theoretical horsepower* assumes equal work in each stage and perfect cooling between stages.

*Theoretical power (polytropic)* is the mechanical power required to compress polytropically and to deliver, through the specified range of pressures, the gas delivered by the compressor.

*Air indicated horsepower* is the horsepower calculated from compressor indicator diagrams. The term applies only to displacement-type compressors.

*Brake horsepower or shaft horsepower* is the measured horsepower input to the compressor. It should be noted that horsepower, either indicated or brake, for any displacement compressor varies with compression ratio as well as absolute intake and discharge pressures. Performance guarantees are expressed in terms of horse power per cubic foot capacity. In comparing test results with performance guarantees, corrections should be made for any deviation from specified values of absolute intake pressures and ratio of compression.

*Intercooling* is the removal of heat from the air or gas between stages or stage groups.

*Degree of intercooling* is the difference in air or gas temperatures between the inlet of the compressor and the outlet of the intercooler.

*Perfect intercooling* prevails when the air temperature leaving the intercoolers is equal to the temperature of the air at the compressor intake.

*Volumetric efficiency* is the ratio of the capacity of the compressor to displacement of the compressor. The term does not apply to centrifugal compressors.

*Mechanical efficiency* is the ratio of the horsepower imparted to the air or gas to brake horsepower. In the case of a displacement-type compressor it is the ratio of air or gas indicated horsepower to indicated horsepower of the power cylinders for a steam engine or internal-combustion engine-driven compressor or to the brake horsepower delivered to the shaft in the case of a power-driven compressor.

*Compression efficiency (adiabatic)* is the ratio of the theoretical horsepower to horsepower imparted to the air or gas actually delivered by the compressor. Power imparted to the air or gas is brake horsepower minus mechanical losses.

*Efficiency of the compressor* is the ratio of the theoretical horsepower to brake horsepower. It is equal to the product of compression efficiency times mechanical efficiency.

*Compressor efficiency (polytropic)*, for which alternate terms are “hydraulic efficiency” and stage efficiency,” is the ratio of theoretical power (polytropic) to shaft power.

*Temperature-rise ratio* is the ratio of computed isentropic temperature rise to measured total temperature rise during compression. For a perfect gas, this is equal to the ratio of isentropic enthalpy rise to actual enthalpy rise. Consequently, for gases which do not deviate seriously from the perfect-gas law, the temperature-rise ratio is sometimes referred to as “*temperature-rise efficiency.*”

*Inlet pressure* is the absolute total pressure at the inlet flange of a compressor.

*Discharge pressure* is the absolute total pressure at the discharge flange of a compressor. It is commonly stated in terms of gauge pressure; unless the associated barometric pressure is included, this is an incomplete statement of discharge pressure.

*Inlet temperature* is the total temperature at the intake flange of the compressor.

*Discharge temperature* is the total temperature at the discharge flange of the compressor.

*Gas specific weight* is the weight of air or gas per unit volume. Unless otherwise specified, it refers to the weight per unit volume at conditions of total pressure, total temperature, and composition prevailing at the inlet of the compressor.

*Specific gravity* is the ratio of specific weight of air or gas to that of dry air at the same pressure and temperature. *Speed* refers to the revolutions per minute of the compressor shaft.

*Electrical input* is measured at the motor terminals. For synchronous motors with separately driven exciters, the excitation input as measured at the slip rings is added to the input to the stator. For synchronous motors with direct-connected exciters, the exciter losses are deducted from the measured stator input.

*Load factor* is the ratio of the average compressor load during a given period of time to the maximum rated load of the compressor.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Προλογος.....	5
Κεφάλαιο 1	
Τύποι Αεροσυμπιεστών.....	6
Εμβολοφόροι Αεροσυμπιεστές.....	7
Κεφάλαιο 2	
Διάφορα μέρη Αεροσυμπιεστή.....	12
Κεφάλαιο 3	
Αεροσυμπιεστές χαμηλής πίεσης.....	16
Αεροσυμπιεστές Φυγοκεντρικοί και Αξονικής ροής.....	19
Αξονική Αεροσυμπιεστές.....	23
Επιλογος.....	24
Βιβλιογραφία.....	25
Παραρτημα.....	26