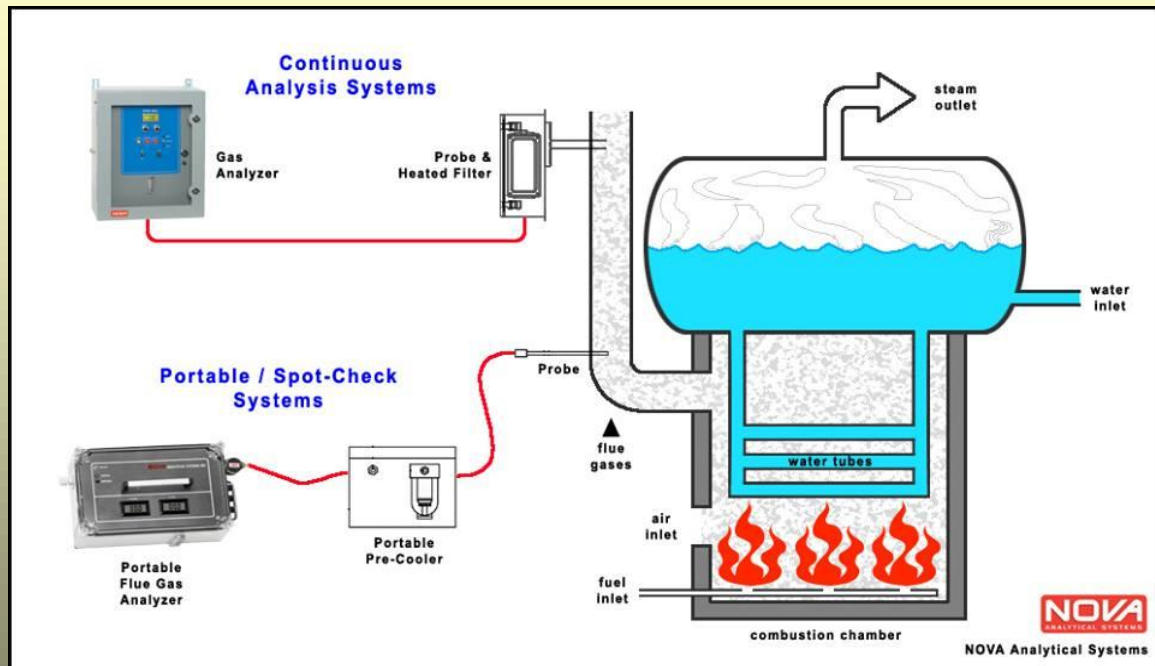


2014



**ΔΑΛΛΑΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ
ΛΕΒΗΤΩΝ**

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΑΛΛΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΙΛΙΤΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ 2014

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΑΛΛΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΑΜ:4632

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Ανάλυση καυσαερίων χρησιμοποιείται τόσο για την αποτελεσματικότητα και τους σκοπούς των εκπομπών. Χάρη στις προόδους στην ηλεκτρονική, είναι πλέον φθηνότερη, ευκολότερη και ως εκ τούτου πιο κοινά για την παρακολούθηση καυσαερίων. Λόγω των αυστηρότερων περιβαλλοντικών κανονισμών, η παρακολούθηση μπορεί να είναι υποχρεωτική. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση μπορεί να είναι φθηνές μικρές φορητές συσκευές που παράγουν αρκετή ακρίβεια, που είναι ικανές να παράγουν αποτελέσματα ποιότητας εργαστηρίου σε συνεχή βάση. Οι είσοδοι της διαδικασίας καύσης του καυσίμου και του αέρα. Ως εκ τούτου, τα συστατικά του καυσαερίου είναι κατά κύριο λόγο αποτελείται από ενώσεις του οξυγόνου, αζώτου, υδρογόνου και άνθρακα. Τα συστατικά που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, επειδή επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα είναι κατά κύριο λόγο οξυγόνο (O) και άνθρακα (C). Τα στοιχεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από περιβαλλοντική άποψη είναι υποξείδιο του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το διοξείδιο του θείου (SO₂) εάν η πηγή καυσίμων είναι πετρέλαιο ή άνθρακας. Για τον έλεγχο της καύσεως σχεδιάστηκαν επιτυχή όργανα, τα οποία βοηθούν το προσωπικό που χειρίζεται τους λέβητες. Ο ενδείκτης CO₂ 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.

Abstract

Exhaust gas analysis is used for both efficiency and emissions purposes. Due to advances in electronics, it is now cheaper, easier, and therefore more common to monitor exhaust . Due to stricter environmental regulations, monitoring may be required . The media used for the analysis can be inexpensive small portable devices that generate sufficient precision, which is able to produce lab-quality results on a continuous basis. The inputs of the combustion process of the fuel and air. Therefore the components of the exhaust gas is mainly composed of compounds of oxygen , nitrogen, hydrogen and carbon . The ingredients are of interest because they affect the efficiency is mainly oxygen (O) and carbon (C). The items of interest from an environmental perspective are nitrous oxide (NO_x), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO) and sulfur dioxide (SO₂) if the source is fuel oil or coal. For inspecting officer combustion designed successful institutions, which help staff handling boilers. Indicator CO₂ Ranarex formula is designed to image gives the instantaneous combustion conditions, while moreover the exhaust gas analysis apparatus, such as the type or Hays Orsat serve a scientific analysis of the combustion products.

Πρόλογος

Τα προϊόντα της καύσεως (προϋποθέτοντας ότι αυτή γίνεται τέλεια με την απολύτως αναγκαία ποσότητα αέρα) είναι σύμφωνα με όσα θα πούμε παρακάτω N_2 , C , O_2 , και υδρατμοί. Θεωρητικά, αν πάρουμε δείγμα των καυσαερίων και διαπιστώσουμε μόνο την παρουσία των παραπάνω, αυτό αποτελεί απόδειξη τέλει καύσης. Στην πράξη όπως είναι γνωστά, για την επίτευξη 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 τη περίσσεια αέρα, αλλά η εκατοστιαία κατ'όγκο αναλογία του ελαττώνεται, όταν αυξάνεται από 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 άκαυστων 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 τη περίσσεια αέρα μεγαλύτερη από την κανονική, με συνέπεια επιζήμια απώλεια θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Για 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'ότι 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:

1. **Σχεδιασμός μέτρησης.** Ο σχεδιασμός της μέτρησης περιλαμβάνει την συγκέντρωση όλων των σχετικών τεχνικών στοιχείων που απαιτούνται για την εκτέλεση της μέτρησης. Τα στοιχεία αυτά είναι: τύπος λέβητα (ατμολέβητας, ατμογεννήτρια, λέβητας ζεστού νερού), δυναμικότητα του λέβητα σε kW ή kcal, είδος καυσίμου (πετρέλαιο, μαζούτ, φυσικό αέριο) ώρες λειτουργίας, κατανάλωση καυσίμου ανά ώρα.

2. **Επίσκεψη στο λεβητοστάσιο.** Κατά την επίσκεψη στο λεβητοστάσιο γίνεται η πιστοποίηση των τεχνικών στοιχείων των λεβήτων και διερευνάται η δυνατότητα μέτρησης, δηλαδή, εύκολη πρόσβαση στην καμινάδα, ύπαρξη οπής στο σωστό σημείο της καμινάδας για την εισαγωγή του ακροστοιχείου δειγματοληψίας του αναλυτή καυσαερίων.

3. **Προετοιμασία μέτρησης.** Πριν από την εκτέλεση της μέτρησης θα πρέπει ο λέβητας να έχει λειτουργήσει για τόση ώρα έτσι ώστε να έχει φθάσει σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας

4. **Επιλογή σημείου δειγματοληψίας.** Η επιλογή του κατάλληλου σημείου δειγματοληψίας γίνεται σύμφωνα με το Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 896 «Μέθοδοι δειγματοληψίας καυσαερίων». Σύμφωνα με το πρότυπο το σημείο δειγματοληψίας θα πρέπει να βρίσκεται στο σημείο της καμινάδας με την καλύτερη ανάμειξη των καυσαερίων, επίσης θα πρέπει να αποφεύγονται περιοχές με εισαγωγή αέρα όπως οι θυρίδες, κοντά σε θυρίδες, πριν ή μετά από γωνίες της καπνοδόχου.

5. **Μέτρηση απόδοσης καύσης και ανάλυσης καυσαερίων.** Η μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα καθώς και της ανάλυσης των καυσαερίων γίνεται με τον αναλυτή καυσαερίων. Το ακροφύσιο δειγματοληψίας εισάγεται στην καμινάδα και το άκρο του πρέπει να βρίσκεται στο μέσο της ροής των καυσαερίων (μέσο της καπνοδόχου). Αυτό επιτυγχάνεται με τους σύγχρονους αναλυτές καυσαερίων λόγω

ότι ο πυρήνας της ροής των καυσαερίων έχει την μεγαλύτερη θερμοκρασία, έτσι μπορούμε μέσω της ένδειξης της θερμοκρασίας στην οθόνη να προσδιορίσουμε το ακριβές σημείο. Εφ' όσον επιτευχθεί η σωστή δειγματοληψία τα καυσαέρια αναλύονται από τον αναλυτή καυσαερίων και υπολογίζεται η απόδοση καύσης του καθώς επίσης υπολογίζεται η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO, CO₂, O₂, SO₂, NO_x, C_xH_x. Σήμερα οι αναλυτές καυσαερίων που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της απόδοσης των λεβήτων είναι ηλεκτρονικά όργανα και πλήρως αυτοματοποιημένα,

έτσι ώστε όταν επιτευχθεί σωστή δειγματοληψία ,η απόδοση του λέβητα και η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO, CO₂, O₂, SO₂, NO_x, C_xH_x διαβάζεται στην οθόνη των αναλυτών καυσαερίων. Ο αναλυτής καυσαερίων έχει την δυνατότητα να δίνει στιγμιαίες μετρήσεις, όπως επίσης και την μέση τιμή των μετρήσεων για το χρονικό διάστημα που θα παραμείνει συνδεδεμένος με τον λέβητα.

6. **Επεξεργασία αποτελεσμάτων μέτρησης.** Οι μετρήσεις απόδοσης καύσης επεξεργάζονται και υπολογίζεται η μέση απόδοση καύσης του λέβητα για το χρονικό διάστημα που έμεινε συνδεδεμένος ο αναλυτής καυσαερίων στο λέβητα.

ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ	Κύριος λέβητας	Δευτερεύων λέβητας
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΗΣ	81,6%	86,9%
ΠΟΣΟΣΤΟ O₂	10,1%	2,0%
ΠΟΣΟΣΤΟ CO₂	7,9%	13,8%
ΠΟΣΟΤΗΤΑ CO	0 ppm	0 ppm
ΠΟΣΟΤΗΤΑ NO	63 ppm	102 ppm
ΠΟΣΟΤΗΤΑ SO₂	35 ppm	55 ppm
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	284°C	301°C

Πίνακας 1. Αποτελέσματα Ανάλυσης Καυσαερίων καυστήρα λέβητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

-Απόδοση Καύσης (Βαθμός Απόδοσης)

Η απόδοση καύσης εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό από το καύσιμο που καταναλώνεται στο λέβητα, το οποίο αξιοποιείται πράγματι για την παραγωγή ατμού ή την θέρμανση νερού. Ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο α) λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον, β) λόγω ατελούς καύσης γ) λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα. και δ) λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα. Η τιμή της απόδοσης καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά της καύσης και αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα. Κατά συνέπεια η απόδοση καύσης πρέπει να πλησιάζει την τιμή 100.

-Θερμοκρασία καυσαερίων

Οι απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια είναι οι μεγαλύτερες και οι σημαντικότερες από τις συνολικές απώλειες ολόκληρου του συστήματος. Οι απώλειες από τα καυσαέρια είναι όμως, τις περισσότερες φορές, αυτές που ευκολότερα μπορούν να ελεγχθούν και να περιοριστούν με απλή ρύθμιση της αναλογίας αέρα/ καυσίμου που χρησιμοποιείται στο λέβητα. Η θερμοκρασία απαγωγής των καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις και επίσης όχι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων. Διαβρώσεις δημιουργούνται από την συμπύκνωση της υγρασίας η οποία με το τριοξείδιο του Θείου (SO₃) που περιέχεται στα καυσαέρια δημιουργεί θειικό οξύ (H₂SO₄). Το τριοξείδιο του Θείου (SO₃) παράγεται από την καύση του θείου προς διοξείδιο του θείου (SO₂), το οποίο με την περίσσεια αέρα οξειδώνεται προς τριοξείδιο (SO₃). Για παράδειγμα αν θεωρήσουμε μια περιεκτικότητα του μαζούτ σε θείο 4% (που είναι σήμερα για την Ελλάδα η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα θείου στο μαζούτ 3500) η θερμοκρασία καυσαερίων στην οποία αρχίζει συμπύκνωση (σημείο δρόσου) είναι 1630C. Παράλληλα η ελάχιστη θερμοκρασία που επιτρέπεται να έχουν οι μεταλλικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα καυσαέρια είναι 1200 oC. Η υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων οφείλεται κυρίως σε κακές συνθήκες λειτουργίας του λέβητα οι οποίες οφείλονται κυρίως:

- Στις αποθέσεις πάνω στους αυλούς είτε από την πλευρά του νερού είτε από

την πλευρά της καύσης.

- Στην λειτουργία του λέβητα σε μεγαλύτερο από το κανονικό φορτίο.
- Στην κακή ρύθμιση του καυστήρα ή χρησιμοποίηση ακατάλληλου καυστήρα για τον υπάρχοντα τύπο λέβητα και καυσίμου.
- Στην πολύ μικρή ή μεγάλη περίσσεια αέρα καύσης.

-Μονοξείδιο του Άνθρακα.

Είναι η ποσότητα CO που περιέχεται στα καυσαέρια σαν προϊόν ατελούς καύσης. Η τιμή της δίνεται σε μέρη όγκου ανά εκατομμύριο (Parts Per Million), σε κανονικές συνθήκες (Θερμοκρασία °C και πίεση 1 Atm) και πρέπει να είναι ελάχιστη. Όταν τα καυσαέρια περιέχουν:

- CO ή καπνό, χωρίς οξυγόνο σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση λόγω μικρής παροχής αέρα στον θάλαμο καύσης.
- CO ή καπνό, και συγχρόνως οξυγόνο μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες:
 1. Κανονική παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα- καυσίμου.
 2. Μικρή παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης, ενώ συγχρόνως εισροή δευτερογενή αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στον θάλαμο καύσης.



Εικόνα 2.1

-Ποσότητα Οξειδίων Αζώτου

Είναι η ποσότητα NO που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm, σε κανονικές συνθήκες. Η τιμή του εξαρτάται από την περίσσεια αέρα και την θερμοκρασία καυσαερίων. Πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

-Ποσότητα Διοξειδίου του Θείου

Είναι η ποσότητα SO₂ που περιέχεται στα καυσαέρια, εκφρασμένη σε ppm. Η τιμή του εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο και θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.



Διαδικασία ελέγχου καυσαερίων με φορητή συσκευή

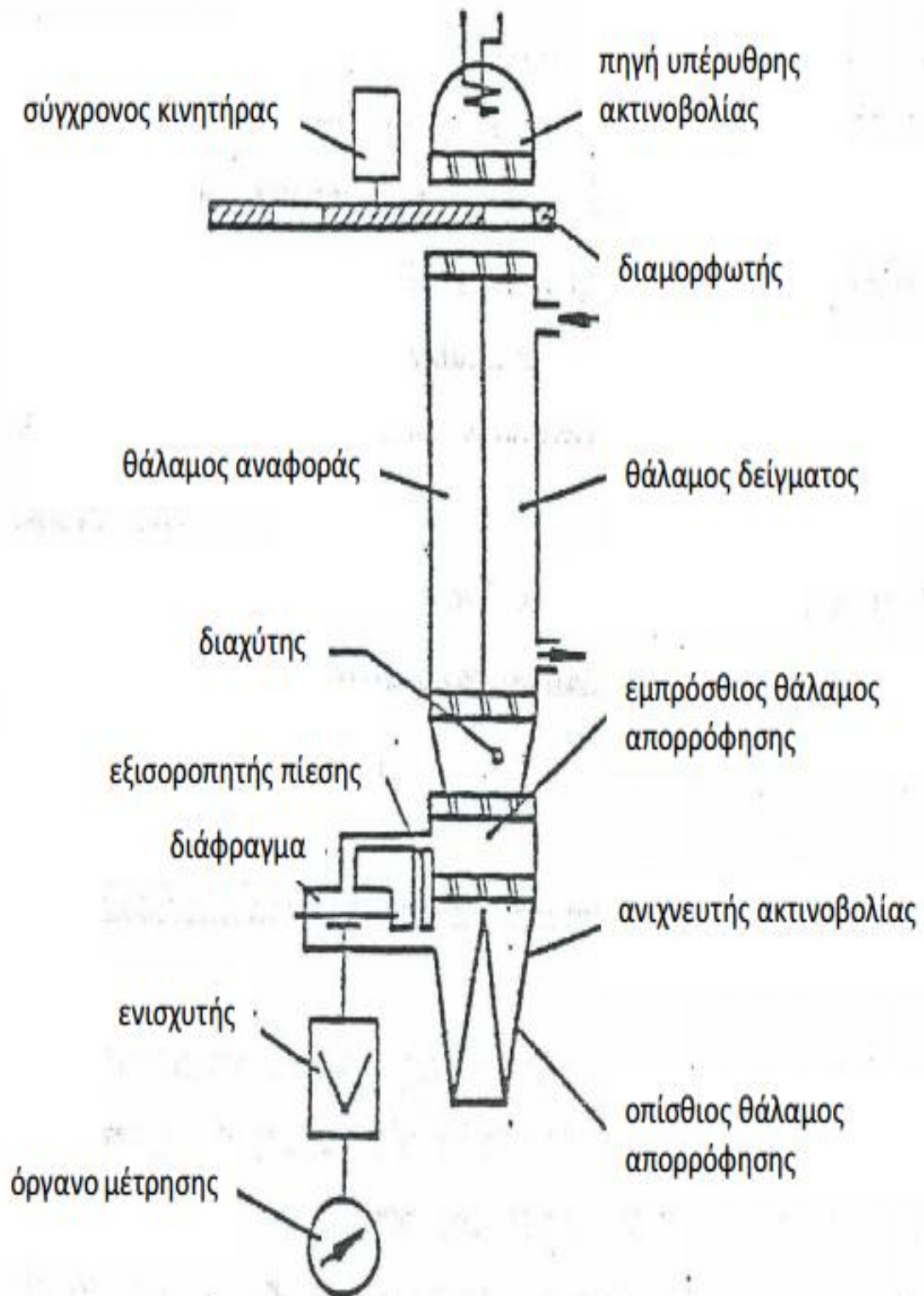
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ – ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

- ΑΝΑΛΥΤΗΣ CO / SO₂ / N₂O / και CO₂

Για τη μέτρηση του CO / SO₂ / CO₂ χρησιμοποιείται αναλυτής MODEL 60i της Thermo ενώ για τη μέτρηση του N₂O χρησιμοποιείται ο αναλυτής UNOR 6N της Mairhak. Οι αναλυτές για τις συγκεκριμένες μετρήσεις λειτουργεί με βάση την αρχή της επιλεκτικής απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας (Non - dispersive Infrared). Σύμφωνα με την αρχή της επιλεκτικής απορρόφησης κάθε αέριο, πλην των μονοατομικών και των συμμετρικών όπως O₂ , N₂ και H₂ , έχει ένα φάσμα απορρόφησης το οποίο συνίσταται από διάφορες ζώνες απορρόφησης οι οποίες είναι χαρακτηριστικές για κάθε αέριο. Έτσι ένα αέριο θα απορροφήσει υπέρυθρη ενέργεια μόνο αν αυτή είναι τέτοιου μήκους κύματος ώστε να βρίσκεται εντός της ζώνης απορρόφησής του. Η υπέρυθρη ακτινοβολία οποιουδήποτε μήκους κύματος, έξω από τα όρια της απορροφητικής ζώνης, θα διαπεράσει το συγκεκριμένο αέριο κατά τον ίδιο τρόπο που για το συγκεκριμένο αέριο και μήκος κύματος η ήδη απορροφώμενη ενέργεια θα διαπεράσει κάποια άλλα αέρια. Έτσι, έχει βρεθεί ότι το CO₂ απορροφά υπέρυθρη ακτινοβολία στη ζώνη των 4 ÷ 4.5 μm ενώ η απορροφητική ζώνη του CO είναι μεταξύ 4.5 ÷ 5 μm. Σχηματική δομή του υπέρυθρου αναλυτή καυσαερίου παρουσιάζεται στο ακόλουθο Σχήμα 1.



Εικόνα 3.1



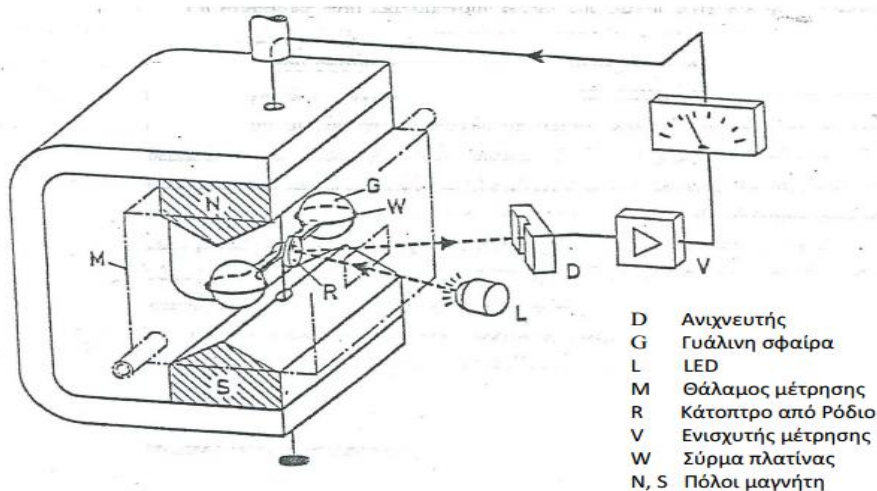
Σχήμα 1 : Σχηματική δομή του υπέρυθρου αναλυτή καυσαερίου.

Ένα θερμαινόμενο πηνίο παράγει την απαιτούμενη υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία, αφού διαχωριστεί σε δύο δέσμες ίσης έντασης, περνάει μέσα από το μετρητικό θάλαμο ο οποίος διαχωρίζεται στο θάλαμο δείγματος μέσα από τον οποίο περνάει το δείγμα προς ανάλυση και το θάλαμο αναφοράς που συνήθως περιέχει N₂ ή ξηρό αέρα που είναι αδρανή και δεν απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία αυτού του μήκους κύματος. Αφού η ακτινοβολία διαπεράσει τους δύο θαλάμους (δείγματος και αναφοράς) οδηγείται στον ανιχνευτή, ο οποίος αποτελείται από δύο θαλάμους, τον εμπρόσθιο και τον οπίσθιο. Οι δύο θαλάμοι επικοινωνούν μεταξύ τους και πληρούνται με εκείνο το ενεργό στην υπέρυθρη ακτινοβολία αέριο που μετράει ο αναλυτής. Η υπέρυθρη ακτινοβολία που προσπίπτει στο αέριο του εμπρόσθιου θαλάμου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας (λόγω αύξησης των ταλαντώσεων των μορίων του αερίου) και της πίεσης του αερίου αναγκάζοντάς το να εκτονωθεί στον οπίσθιο (αντισταθμιστικό) θάλαμο. τές οι ταλαντώσεις καταγράφονται με τη βοήθεια ενός διαφράγματος και μετατρέπονται σε ηλεκτρική τάση. Η υπέρυθρη ακτινοβολία από την πηγή προς τους θαλάμους αναφοράς και δείγματος διακόπτεται περιοδικά, με τη βοήθεια ενός σύγχρονου κινητήρα, από ένα ειδικά σχεδιασμένο περιστρεφόμενο δίσκο αποφεύγοντας έτσι προβλήματα από την αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου στον ανιχνευτή. Ο δίσκος επιτρέπει στην υπέρυθρη ακτινοβολία να προσπίπτει στον ανιχνευτή διαπερνώντας εναλλάξ το θάλαμο δείγματος και το θάλαμο αναφοράς, έτσι ώστε αν στο θάλαμο δείγματος δεν έχει προσαχθεί δείγμα για ανάλυση ώστε να απορροφηθεί ανάλογη ακτινοβολία, τότε ο ανιχνευτής δέχεται εναλλάξ μέσα από τους δύο θαλάμους, υπέρυθρη ακτινοβολία της αυτής έντασης. Έτσι δεν ενεργοποιείται το διάφραγμα και δεν υπάρχει σήμα. Μεταξύ του μετρητικού θαλάμου (θάλαμος δείγματος και αναφοράς) και του ανιχνευτή παρεμβάλλεται ένα φίλτρο το οποίο μειώνει την επίδραση της παρουσίας στο αέριο δείγμα των άλλων αερίων, τα οποία τυχαίνει να είναι επίσης ενεργά στην υπέρυθρη ακτινοβολία στο φάσμα που είναι το CO / SO₂ και CO₂. Η συσκευή φθάνει σε θερμοκρασία λειτουργίας μετά από 30 λεπτά και τότε πρέπει να ελεγχθούν το σημείο μηδέν και η ευαισθησία. Για τη βαθμονόμηση της συσκευής χρησιμοποιούνται: Για τη ρύθμιση του μηδενός χρησιμοποιείται N₂ (zerogas) το οποίο μεταφέρεται στη συσκευή με τη βοήθεια της εσωτερικής αντλίας. Για την ευαισθησία και ακρίβεια της συσκευής χρησιμοποιείται αέριο ελέγχου (testgas) (γνωστής περιεκτικότητας, σε περιβάλλον αζώτου).

- ΑΝΑΛΥΤΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ [O₂]

Αν και το οξυγόνο δεν αποτελεί ρύπο, η μέτρησή του επιβάλλεται για τρεις λόγους :

α) Οι συγκεντρώσεις των εκπεμπόμενων ρυπαντών ανάγονται συνήθως σε μία συγκεκριμένη συγκέντρωση οξυγόνου, οπότε για την αναγωγή αυτή απαιτείται η γνώση της συγκέντρωσης του οξυγόνου. β) Για τον υπολογισμό της πυκνότητας των καυσαερίων και γ) Για τη ρύθμιση του λόγου αέρα και της παροχής του αέρα καύσης. Το οξυγόνο είναι το μόνο γνωστό ισχυρά παραμαγνητικό αέριο. Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια του γόνου έλκονται πολύ ισχυρότερα από ένα μαγνητικό πεδίο από τα μόρια οποιουδήποτε άλλου αερίου. Για τη μέτρηση του O₂ χρησιμοποιείται ο αναλυτής MODEL 60i της Thermo καθώς και ο αναλυτής BA 4000 p/n του οίκου BUCHLER GmbH οι οποίοι λειτουργούν με την αρχή της περιστροφής ζυγού σε μαγνητικό πεδίο βασιζόμενος στο φαινόμενο του παραμαγνητισμού . Οι αναλυτές αυτού του τύπου βασίζονται στη μέθοδο του Faraday σύμφωνα με την οποία μετράται η δύναμη που αναπτύσσεται από ένα μαγνητικό πεδίο. Σχηματική δομή του αναλυτή οξυγόνου που βασίζεται στο φαινόμενο του παραμαγνητισμού παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα 2

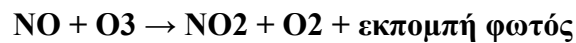


Σχήμα 2: Σχηματική δομή του αναλυτή οξυγόνου που βασίζεται στο φαινόμενο του παραμαγνητισμού.

Σε ένα ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο υπάρχει ο ζυγός, στις άκρες του οποίου οι μικρές γυάλινες σφαίρες είναι γεμάτες με O_2 . Ο ζυγός έχει τη δυνατότητα περιστροφής και συγκρατείται από πλατίνα. Ο γεμάτος αέριο ζυγός είναι διαμαγνητικός και περιστρέφεται εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου. Το παραμαγνητικό οξυγόνο τείνει να μεταφερθεί σε περιοχές του μαγνητικού πεδίου με μεγαλύτερη ένταση, στην περίπτωση μας προς το κέντρο του μαγνητικού πεδίου όπου υπάρχουν τα δύο γυάλινα σώματα. Μια μαγνητική πίεση δημιουργείται εντός του μαγνητικού πεδίου και μετακινεί τα γυάλινα σώματα, οπότε προκαλείται περιστροφή της μπάρας. Η ένταση της περιστροφής εξαρτάται από το δείγμα του αερίου (περιεκτικότητά του σε O_2). Αυτή η περιστροφή μετράται από ένα κατάλληλο μηχανισμό. Η θέση μηδέν της μπάρας διατηρείται με τη βοήθεια ενός οπτικού συστήματος, που αποτελείται από μια πηγή φωτός (Led), ένα κάτοπτρο στον άξονα της μπάρας και ένα ζεύγος ανιχνευτών. Η διαφορά μεταξύ της ισορροπίας των ρευμάτων που χρειάζονται για να διατηρηθεί η μπάρα στη θέση μηδέν με την παρουσία O_2 και με την παρουσία δείγματος του αερίου, είναι ανάλογη προς τη μερική πίεση του οξυγόνου στο δείγμα του αερίου. Μετά την ενίσχυση της μέτρησης, το σήμα παρουσιάζεται σε αναλογικό όργανο (% O_2) στο εμπρός τμήμα της συσκευής, ενώ είναι δυνατή και η παροχή ηλεκτρικού σήματος. Η εξάρτηση της τιμής από τη βαρομετρική πίεση και τη θέση της συσκευής είναι μεγάλη, εξαιτίας του ότι η ευαισθησία του οργάνου είναι ανάλογη προς τη μερική πίεση του O_2 . Η μετρούμενη περιεκτικότητα του O_2 προκύπτει από τη μερική πίεση του O_2 σε σχέση με τη βαρομετρική. Μεταβολή της βαρομετρικής κατά 1% δίνει μεταβολή της μετρούμενης τιμής κατά 1%. Το δείγμα του αερίου εισέρχεται στη συσκευή και αφαιρείται η σκόνη διαμέσου ενός φίλτρου. Στις περιπτώσεις που η πίεση του αερίου εισαγωγής είναι πολύ μικρή (< 50 mbar) η μεταφορά πραγματοποιείται με τη βοήθεια αντλίας. Η παροχή του αερίου στο θάλαμο μμέτρησης είναι $5 \div 8$ (l/h) και ρυθμίζεται από μια βαλβίδα παράκαμψης της ροής. Το ροόμετρο επιτρέπει τη ρύθμιση της παροχής εντός του θαλάμου μέτρησης. Για τη βαθμονόμηση της συσκευής χρησιμοποιούνται φιάλες προτύπων αερίων N_2 και O_2 γνωστής περιεκτικότητας σε περιβάλλον αζώτου.

- ΑΝΑΛΥΤΗΣ ΟΞΕΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ [NOX]

Η ανάλυση βάσει της αρχής της χημικοφωταύγειας έχει καθιερωθεί για μετρήσεις συγκέντρωσης NOX που περιέχονται στο καυσαέριο. Για τη μέτρηση του NOX χρησιμοποιείται ο αναλυτής MODEL 60i της Thermo καθώς και ο αναλυτής MODEL 42i HL της Thermo και η αρχή με την οποία λειτουργούν βασίζεται στη φωτοχημική αντίδραση μεταξύ όζοντος (O₃) και οξειδίου του αζώτου (NO) κατά την οποία παράγεται διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και οξυγόνο. Περίπου 10 % του παραγόμενου NO₂ βρίσκεται σε μια κατάσταση διέγερσης και η μετάβαση από την κατάσταση αυτή στην κανονική (καθώς τα μόρια χάνουν ενέργεια) συνοδεύεται από εκπομπή φωτός με μήκος κύματος το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0.6 ÷ 3 μm.



Η ένταση αυτής της ακτινοβολίας είναι ανάλογη της παροχής μάζας του NO₂ μέσα στο θάλαμο αντίδρασης και η εκπομπή του φωτός ανιχνεύεται από ένα φωτοπολλαπλασιαστή. Στη συνέχεια το σήμα ενισχύεται και διοχετεύεται στο μετρητή. Μόνο ένα μικρό ποσοστό από τα διεγερμένα μόρια του NO₂ χάνουν ενέργεια εκπέμποντας φως. Το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας χάνεται από συγκρούσεις με άλλα μόρια. Επειδή ο αριθμός των συγκρούσεων ανά δευτερόλεπτο μεταβάλλεται ευθέως ανάλογα με την πίεση, είναι προφανές ότι η διατήρηση υψηλής πίεσης ευνοεί την απώλεια ενέργειας με τη μορφή συγκρούσεων. Γι'αυτό το λόγο η παρούσα συσκευή λειτουργεί σε χαμηλή πίεση έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η εκπομπή φωτός από τη φωτοχημική αντίδραση. Επίσης, η λειτουργία σε συνθήκες χαμηλής πίεσης ελαχιστοποιεί την επίδραση άλλων αερίων τα οποία ευνοούνται από την απενεργοποίηση του NO₂ (όπως το CO₂ και οι ατμοί νερού) προκαλώντας συγκρούσεις μεταξύ των μορίων μειώνοντας έτσι την ποσότητα του εκπεμπόμενου φωτός. Αυτή η διαδικασία της απενεργοποίησης, εξαιτίας του CO₂ και των υδρατμών, όταν είναι έντονη μπορεί να προκαλέσει μετρητικό σφάλμα.

Η συσκευή συνίσταται από τα εξής τμήματα :

- Τη μονάδα ανιχνευτή / αντιδραστήρα.
- Τη μονάδα παραγωγής όζοντος.
- Τη μονάδα μετατροπής NO₂ σε NO (Converter).
- Το φούρνο.
- Το φωτοπολλαπλασιαστή και το λοιπό ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Το όζον παράγεται από καθαρό αέρα όπου ένα μέρος του οξυγόνου, υπό την επίδραση μιας υψηλής ενέργειας φωτεινής πηγής, μετατρέπεται σε όζον χαμηλής θερμοκρασίας. Αυτή η μέθοδος εξασφαλίζει ότι κατά τη διάρκεια της παραγωγής του όζοντος δεν παράγεται ταυτόχρονα και οξειδίο του αζώτου από το υπάρχον στον αέρα άζωτο. Η τεχνική της χημικοφωταύγειας μπορεί να ανιχνεύσει μόνο οξειδία του αζώτου και για αυτό η συσκευή διαθέτει μια μονάδα μετατροπής (Converter) του NO₂ , που περιέχεται στο καυσαέριο, σε NO. Η μετατροπή γίνεται περνώντας το δείγμα μέσα από ένα θερμαινόμενο σωλήνα από τιτάνιο ο οποίος περιέχει ένα ανθρακούχο υλικό σε θερμοκρασία 400 οC. Ένα μέρος μετατρέπεται θερμικά. Όταν το υπό εξέταση δείγμα περνάει μέσα από το μετατροπέα, τότε η ένδειξη αναφέρεται σε (NO_X) καθώς τα μετρούμενα οξειδία του αζώτου περιέχουν και το διοξειδίο του αζώτου που έχει ήδη μετατραπεί σε μονοοξειδίο του αζώτου. Όταν το δείγμα παρακάμπτει το μετατροπέα τότε η ένδειξη αναφέρεται σε NO. Η συγκέντρωση του NO₂ βρίσκεται τότε με απλή αφαίρεση του NO από την ένδειξη NO_X. Για την αποφυγή υγροποιήσεων μέσα στο κύκλωμα του δείγματος (που θα προκαλέσει και απώλεια δείγματος) η συσκευή διαθέτει ένα φούρνο μέσα στον οποίο εσωκλείονται το φίλτρο προστασίας, η βαλβίδα επιλογής βαθμονόμησης και οι σωληνώσεις μεταφοράς του δείγματος. Η θερμοκρασία του φούρνου ελέγχεται από έναν αισθητήρα, ώστε να λειτουργεί συνεχώς στην προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή θερμοκρασία των 180 οC. Η αναρρόφηση του δείγματος γίνεται από εξωτερική αντλία με δυνατότητα 100 ÷ 500 cc/min. Η συσκευή έχει δυνατότητα εύρους μετρήσεων από 0 ÷ 10000 ppm σε οκτώ (8) κλίμακες, απόκριση μικρότερη από 1.5 sec για 95% της ένδειξης και ακρίβεια ± 1% σε όλη την κλίμακα. Για τη βαθμονόμηση της συσκευής χρησιμοποιούνται φιάλες προτύπων αερίων N₂ και NO γνωστής περιεκτικότητας σε περιβάλλον αζώτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΥΠΟΣ : PROCAL 2000 NDIR ANALYSER

Στιβαρός αναλυτής on-stack, NDIR για ταυτόχρονη μέτρηση έως 5 αερίων, θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας. Κατάλληλος για λειτουργία σε σκληρές συνθήκες, μέγιστη θερμοκρασία καυσαερίων έως **360 oC**. Μέθοδος μέτρησης: φασματογραφία NDIR (**N**on **D**ispersive **I**nfra **R**ed spectroscopy – Gas Filter Correlation). Ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης και πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Τεχνική περιγραφή:

Η ανάλυση γίνεται σε υγρό δείγμα ως έχει, ενώ το σύστημα διαθέτει ενσωματωμένη μέτρηση των p – T – και H₂O για την κανονικοποίηση σε STP, ξηρές συνθήκες. Ο αναλυτής τοποθετείται σε φλάντζα στην καμινάδα, ο controller παραπλεύρως και εξωτερικά.:

- **Πομποδέκτη** (μία συσκευή), Procal 2000 με σωλήνα με sinter φίλτρα και κάτοπτρο/ανακλαστήρα για τοποθέτηση εντός της καμινάδας, με ενσωματωμένα αισθητήρια πίεσης και θερμοκρασίας. Το σύστημα περιλαμβάνει σειριακή έξοδο RS485/RS232 για επικοινωνία με H/Y. Ο αναλυτής διαθέτει πιστοποίηση **MCERTS** για την μέτρηση καυσαερίων. Επίσης αναλογικές εισόδους για την μέτρηση οξυγόνου, θερμοκρασίας και σκόνης ή παροχής καμινάδας. Παραδίδεται μαζί με την φλάντζα της καμινάδας.

- **Ενσωματωμένο στον πομποδέκτη**, πλήρες σύστημα Procal AVU αυτόματης και χειροκίνητης βαθμονόμησης μηδενός και κλίμακας. Η βαθμονόμηση μηδενός γίνεται με ξηρό (dew point <-20oC) πεπιεσμένο αέρα οργάνων ανά 12 ώρες, η βαθμονόμηση κλίμακας ανά 3-6 μήνες με πρότυπα αέρια από φιάλη. Η απαιτούμενη και αυτόματα ρυθμιζόμενη παροχή είναι 5 NI/min.

- **Πίνακα controller ACU MK4** με αναλογικές εξόδους 4-20 mA για όλα τα κανάλια μέτρησης, ελεύθερες μεταγωγικές επαφές για διάφορους συναγερμούς, ηλεκτρολόγιο και οθόνη για την παραμετροποίηση.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Κλίμακα ενσωματωμένης μέτρησης θερμοκρασίας καυσαερίων: 0 – 350 oC
- Κλίμακα ενσωματωμένης μέτρησης πίεσης καυσαερίων: 0 – 1200 mbar
- Θερμοκρασία λειτουργίας (περιβάλλοντος): -10 έως +45 oC
- Θερμοκρασία λειτουργίας καυσαερίων: έως 350 oC.
- Μήκος σωλήνα μέτρησης: περίπου 0,85 m εντός της καμινάδας
- Υλικό κατασκευής σωλήνα: SS 316 L

- Ενεργό μήκος ακτίνας μέτρησης: 1 m (2x0,5m)
- Βάρη: Σωλήνας & Πομποδέκτης 21 kg
- Προστασία αναλυτή & πινάκων: IP 65
- Αναμενόμενη διάρκεια ζωής λυχνίας και μοτέρ: 4 έτη.
- Ηλεκτρική Τροφοδοσία: 230VAC/5A



Συσκευή PROCAL 2000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Ως καυσαέρια ορίζονται τα αέρια που παράγονται είτε από τις διάφορες εστίες καύσης είτε από διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η δειγματοληψία των καυσαερίων είναι απαραίτητη μεταξύ άλλων αφού μέσω αυτής:

- Ελέγχεται και ρυθμίζεται η απόδοση της καύσης
- Προσδιορίζεται η σύσταση και στη συνέχεια υπολογίζεται ο όγκος των αερίων αποβλήτων
- Προσδιορίζονται οι ουσίες που μπορεί να προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας
- Προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε υγρασία
- Εκτιμάται η επίδραση των αερίων σε άλλα μέρη του εργοστασίου π.χ. διάβρωση σωλήνων
- Προσδιορίζονται τα τοξικά αέρια

Ο έλεγχος της απόδοσης της καύσης και η ανίχνευση εισροής του αέρα απαιτούν τον προσδιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και του οξυγόνου (O_2). Επίσης, για μεγαλύτερη ακρίβεια απαιτείται να ληφθεί υπόψη το διοξείδιο του θείου (SO_2), το υδρογόνο (H_2) και το μεθάνιο (CH_4). Τέλος, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του σημείου δρόσου του τριοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιδράσεις των καυσαερίων σε άλλα μέρη μίας εγκατάστασης καθώς και για την πρόληψη της ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Για την επιλογή της μεθόδου δειγματοληψίας των καυσαερίων εφαρμόζεται το πρότυπο ΕΛΟΤ 896. Το πρότυπο αυτό αναφέρεται στη δειγματοληψία για: διοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, μεθάνιο, υγρασία, σημείο δρόσου, διοξείδιο του θείου, συνολικά οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου. Στο πρότυπο αυτό αναφέρονται οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να ληφθεί ένα δείγμα και περιγράφονται οι πιο εύχρηστες διατάξεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Κατ' αρχήν πρέπει να καθορισθεί ο σκοπός για τον οποίο γίνεται η ανάλυση του δείγματος γιατί αυτός επηρεάζει τη μέθοδο και τη γενική διαδικασία δειγματοληψίας. Στην περίπτωση ελέγχου των οικιακών εγκαταστάσεων που καίνε αέριο μία βασική απαίτηση είναι η μέτρηση του λόγου μονοξειδίου του άνθρακα/διοξειδίου του άνθρακα και για αυτό απαιτείται καλή ανάλυση των προϊόντων της καύσης για μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα. Η αποδεκτή απόκλιση από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα θα πρέπει να ορίζεται εκ των προτέρων αφού αυτή η απόκλιση καθώς και η απαιτούμενη ποσότητα του δείγματος θα επηρεάσει τη διαδικασία. Σωλήνες δειγματοληψίας αερίων χωρητικότητας 100-250ml είναι αρκετά μεγάλοι για την ανάλυση με τη συσκευή Orsat αλλά για άλλες μεθόδους μπορεί να απαιτούνται μεγαλύτερα δείγματα.

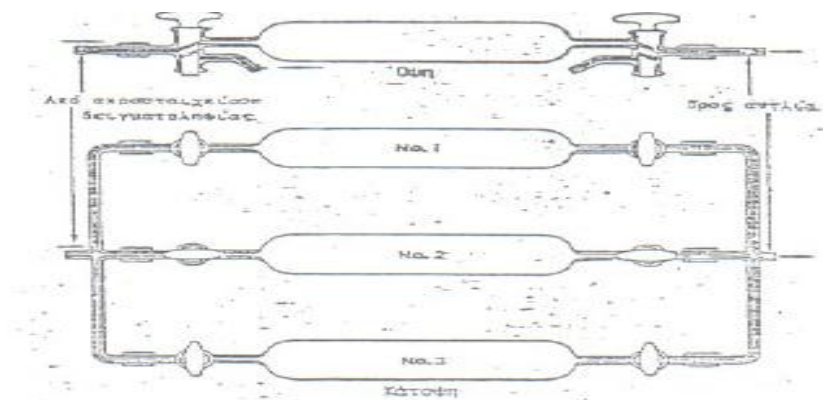
Τύποι δειγμάτων: Τα δείγματα διακρίνονται σε:

- Στιγμαία δείγματα, τα οποία λαμβάνονται από ένα σημείο.
- Στιγμαία δείγματα, που λαμβάνονται από ένα σημείο της καπνοδόχου κατά τη διάρκεια μίας χρονικής περιόδου.
- Στιγμαία δείγματα που λαμβάνονται ταυτόχρονα από δύο ή περισσότερες θέσεις της καπνοδόχου.
- Συνεχή δείγματα που λαμβάνονται από δύο ή περισσότερες θέσεις της καπνοδόχου κατά τη διάρκεια μίας χρονικής περιόδου.

Συσκευή δειγματοληψίας: Η πλήρης συσκευή δειγματοληψίας καυσαερίων αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα, μαζί με μία ορισμένη βοηθητική συσκευή που ίσως απαιτείται ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες και μεθόδους δειγματοληψίας. Τα βασικά τμήματα είναι: ακροστοιχείο δειγματοληψίας, γραμμή δειγματοληψίας, δοχείο δείγματος και αναρροφητική ή καταθλιπτική αντλία. Η βοηθητική συσκευή μπορεί να περιλαμβάνει φίλτρα για την απομάκρυνση της σκόνης, μέσο στεγανοποίησης, κ.ά. Τα ακροστοιχεία δειγματοληψίας θα πρέπει να έχουν τις ακόλουθες ιδιότητες: α) να έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες που θα διατηρούνται στις θερμοκρασίες εργασίας, β) δε θα πρέπει να συμβαίνουν χημικές επιδράσεις καυσαερίων στο ακροστοιχείο, γ) θα πρέπει να έχουν μεγάλη αντίσταση σε απότομες θερμικές μεταβολές, δ) το υλικό του ακροστοιχείου δε θα πρέπει να είναι πορώδες για οποιοδήποτε συστατικό του αερίου. Ενδεικτικοί τύποι ακροστοιχείων δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: μη ψυχόμενα μεταλλικά ακροστοιχεία, υδρόψυκτα μεταλλικά ακροστοιχεία, πυρήμαχα ακροστοιχεία, γυάλινα ακροστοιχεία που αντέχουν στη θερμότητα. Φίλτρα μπορούν να τοποθετηθούν είτε έξω είτε μέσα στην καπνοδόχο. Τα εξωτερικού τύπου προτιμούνται επειδή διευκολύνουν τον έλεγχο και τον καθαρισμό και αποτελούνται συνήθως από μία αεροστεγή υποδοχή που περιέχει υαλοβάμβακα. Η θέση του φίλτρου πρέπει να είναι στην έξοδο του ακροστοιχείου της δειγματοληψίας με στόχο την προστασία όλης της γραμμής δειγματοληψίας. Ένα εσωτερικό φίλτρο συνήθως κατασκευάζεται από τηγμένη αλουμίνα ή με εφυσωμένη πορσελάνη.

Διαδικασία δειγματοληψίας: Αρχικά γίνεται έλεγχος στην καπνοδόχο για να διαπιστωθεί οποιαδήποτε μεταβολή στη σύσταση των καυσαερίων κατά μήκος μίας διατομής της. Ο έλεγχος αυτός γίνεται κατά προτίμηση σε ένα αριθμό σημείων δύο κάθετων διαμέτρων της καπνοδόχου. Επειδή τα δείγματα πρέπει να ληφθούν γρήγορα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συσκευή του Σχήματος 1.1 στην οποία φαίνονται τρεις σωλήνες δειγματοληψίες τοποθετημένοι παράλληλα. Με το ακροστοιχείο δειγματοληψίας στη θέση 1 της καπνοδόχου η στρόφιγγα του σωλήνα δειγματοληψίας No 1 είναι ανοικτή ενώ οι στρόφιγγες No 2 και 3 είναι κλειστές. Τα καυσαέρια στη συνέχεια αναρροφούνται μέσω του σωλήνα No 1 μέχρι να γίνει καλή έκπλυση του συστήματος. Η στρόφιγγα του σωλήνα No 2 ανοίγεται και το ακροστοιχείο δειγματοληψίας μετακινείται στη θέση No 2 της καπνοδόχου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε θέση. Αν οι συνθήκες καύσης

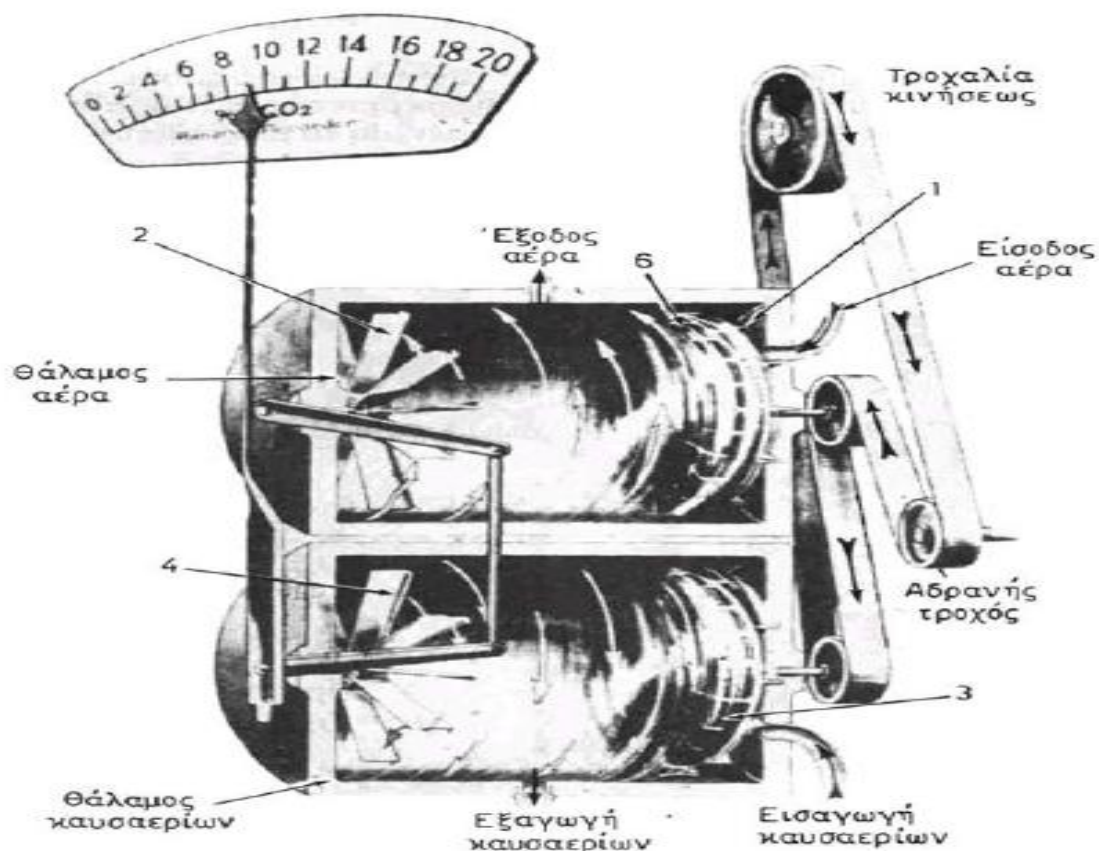
αλλάζουν πολύ γρήγορα η παραπάνω μέθοδος είναι αναξιόπιστη και είναι αναγκαία η λήψη δειγμάτων από διάφορα σημεία ταυτόχρονα και αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση συσκευής πολλαπλών σημείων. Μία κατάλληλη συσκευή πολλαπλών σημείων μπορεί να κατασκευασθεί από αριθμό σωλήνων παρόμοιων με αυτούς που φαίνονται στο Σχήμα 1.1 αλλά χωρίς σύνδεση σε κοινή είσοδο. Τα άκρα των εισόδων των σωλήνων αυτών πρέπει να συνδέονται με τα αντίστοιχα σημεία δειγματοληψίας και οι έξοδοι πρέπει να συνδέονται σε μία αντλία.



Σχήμα 5.1: Συσκευή για τη συλλογή διαδοχικών δειγμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΝΔΕΙΚΤΗΣ CO2 RANAREX

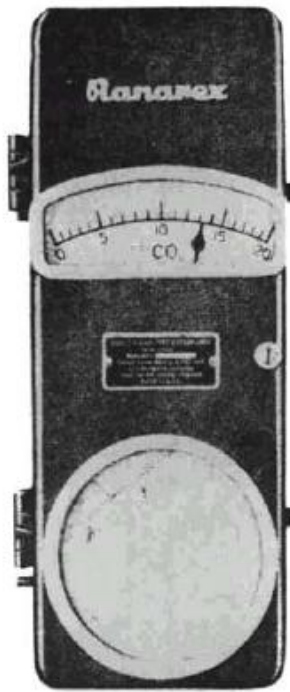
Αυτός είναι όργανο που προσδιορίζει, δείχνει και καταγράφει το πόσο CO₂ στα προϊόντα της καύσεως. Διαβάζεται εύκολα, είναι ευαίσθητο στις αλλαγές των συνθηκών καύσεως και χρησιμεύει ως ένας έτοιμος και κατάλληλος οδηγός για το προσωπικό του λεβητοστασίου. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι η πυκνότητα των καυσαερίων μεταβάλλεται ανάλογα με την περιεκτικότητα σε CO₂, το οποίο και είναι αισθητά πυκνότερο από τα υπόλοιπα συστατικά των καυσαερίων στο παρακάτω σχήμα 6.1 φαίνεται πως εφαρμόζεται η αρχήλειτουργίας του ενδείκτη.



Σχήμα 6.1

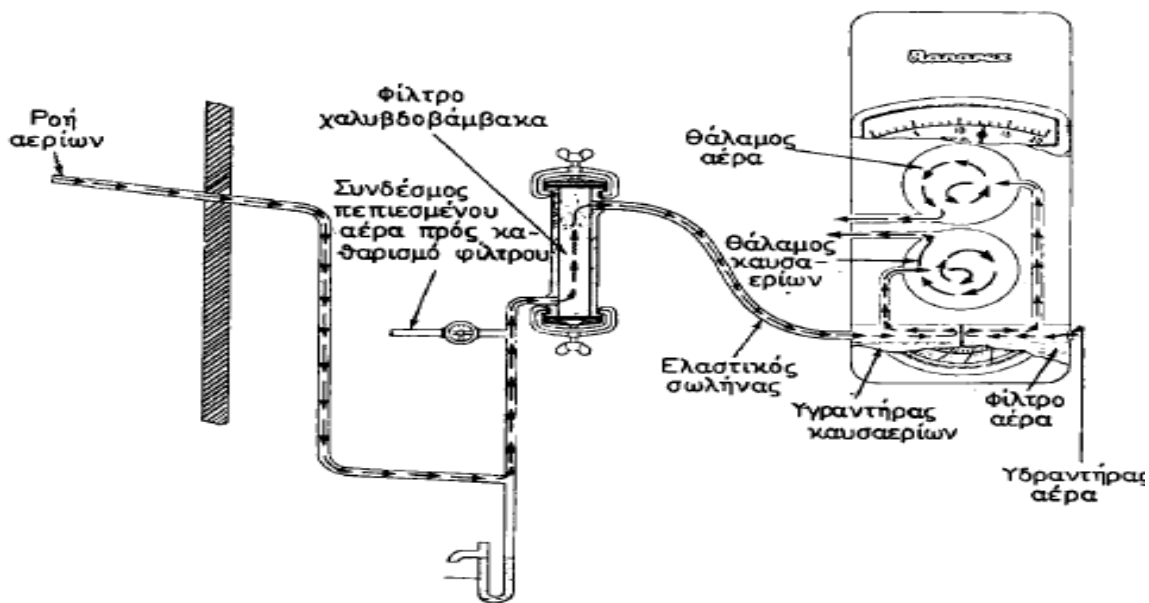
Στο παραπάνω σχημα 6.1 περιγράφουν τη λειτουργία 1) Αυτά τα πτερύγια αναρροφούν συνεχώς αέρα. 2) Στροβιλιζόμενος αέρας χτυπά αυτά τα πτερύγια και μεταδίδει ροπήστρέψεως στον άξονα. 3) Αυτός ο τροχός περιστρέφεται σε αντίθετη διεύθυνση προς τον τροχό αέρα. 4) Στροβιλιζόμενα καυσαέρια χτυπούν αυτά τα πτερύγια 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 περύγια μεταδίνουν μια στροβιλώδη κίνηση στον αέρα.



Σχήμα 6.2 Ενδείκτες τύπου RANAREX

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 μια 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 δυο μοχλών και συνδετικής ράβδου. Το σύστημα συνδέσεως πρέπει να ισορροπείται και να ρυθμίζεται με μέγιστη ακρίβεια. Εμποδίζει αυτό την περιστροφή των τροχών, αλλά η διαφορά των δυο αντίθετων ροπών επιτρέπει μια περιορισμένη κίνηση στο σύστημα, που μεταφέρεται σε ενδεικτική βελόνα σε πλάκα βαθμολογημένη σε ποσοστό περιεχομένου CO₂. Η ωρολογιακή πλάκα καταγραφής που περιστρέφεται με ένα σύγχρονο ηλεκτρικό κινητήρα, μια καθαρή, συνεχή καταγραφή αναγνώσεων πάνω σε κυκλικό χάρτη που παριστάνει το 24ωρο. Στο σχήμα 6.3 φαίνεται η λειτουργία του ενδείκτη σε διαγραμματική διάταξη.



Σχήμα 6.3 (Διαγραμματική διάταξη ενδείκτη 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 εκδίωξη 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 διττά 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 υγρότητας 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 CO₂. Η χρήση τους όμως είναι μάλλον περιορισμένη σε ναυτικές εγκαταστάσεις.

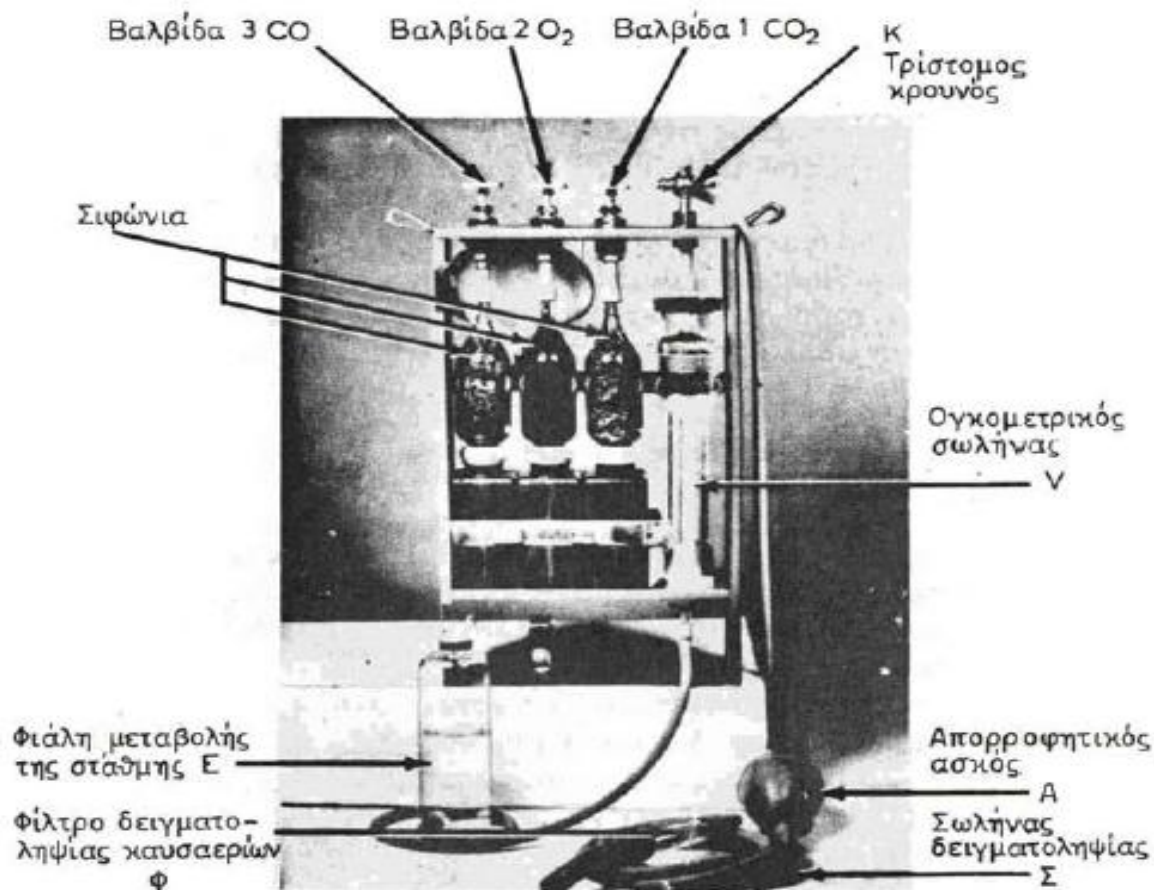
Ranarex



Εικόνα 6.1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΣΚΕΥΗ ORSAT

Η ανάλυση των καυσαερίων με τη συσκευή Orsat συμπληρώνει τις πληροφορίες, που αποκτώνται από τις παρατηρήσεις με τους ενδείκτες CO₂ 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 την 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 περιεκτικοτήτων σε CO₂, O₂ και CO χωρίς να ληφθεί υπόψη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε SO₂ που και αυτή είναι αμελητέα. Για την εκτέλεση αυτής της εργασίας μια γνωστή από 100 cm³ ποσότητα καυσαερίων εισάγεται πρώτα σε βαθμολογημένο σωλήνα. Το μίγμα εκτίθεται κατόπιν σε ένα αντιδραστήριο, το οποίο απορροφά το CO₂ και στη συνέχεια καταμετρείται ο όγκος καυσαερίων που απομένει. Η διαφορά παριστάνει τον όγκο CO₂ που υπήρχε στο αρχικό δείγμα καυσαερίων. Τα καυσαέρια που απομένουν μετά την απορρόφηση του CO₂ εκτίθενται διαδοχικά σε αντιδραστήρια απορροφήσεως του O₂ και του CO. Ο όγκος των αερίων, τα οποία παραμένουν μετά την απορρόφηση του καθενός από αυτά τα αέρια καταμετρείται. Η τυπικής μορφής συσκευή Orsat φαίνεται στο σχήμα 7.1. Δυο σιφώνια (φιαλίδια) περιέχουν τα αντιδραστήρια του O₂ και του CO₂ και γεμίζουν με χαλύβδινο πλέγμα. Το τρίτο περιέχει το αντιδραστήριο του CO και γεμίζει με ψήγματα χαλκού. Ένας ελαστικός απορροφητικός ασκός Α συνδέεται με τα δοχεία CO και O₂ 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 cm³ 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 κρουνοίς K στη θέση 1 συνδέει το συλλέκτη και τον ογκομετρικό σωλήνα με το σωλήνα δειγματοληψίας, στη θέση 2 συνδέει αυτούς προς την



Σχήμα 7.1 (Τυπική δομή 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 η καυστική ποτάσα KOH σε διάλυση 1:2. Άλλο κατάλληλο αντιδραστήριο είναι η καυστική σόδα NaOH σε διάλυση 1:3 μέσα σε αποσταγμένο νερό. 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 φώς. 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. Για την παρασκευή της αλκαλικής διαλύσεως ενεργούμε ως εξής : Διαλύομαι 250 gr χλωριούχου αμμωνίας σε 750 cm^3 αποσταγμένου νερού, και μετα 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

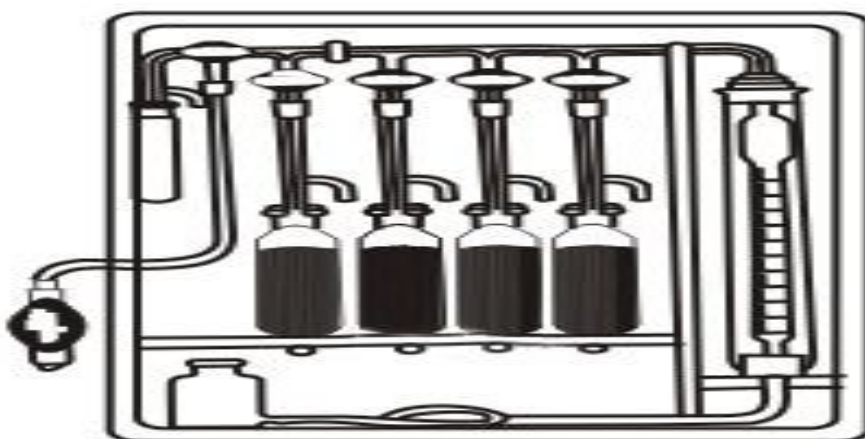
της όξινης διαλύσεως διαλύομε 83 gr χλωριούχου χαλκού σε 166 cm³ νερού αποσταγμένου. Μετά την πλήρη διάλυση προσθέτομε 333 cm³ καθαρού υδροχλωρικού οξέος. Προσθέτομε 43 gr σύρμα χαλκού. Αφού υο σύρμα χαλκού διαλυθεί η διάλυση είναι έτοιμη προς χρήση. Και οι δυο διαλύσεις επηρεάζονται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και πρέπει να φυλάγονται γι'αυτό μέσα σε φιάλες ερμητικά πωματισμένες και μακριά από το φώς. Προσοχή μεγάλη απαιτείται γιατί όλες οι διαλύσεις προσβάλλουν το δέρμα και τους οφθαλμούς.



Εικόνα 7.1 (Συσκευή Orsat)

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ

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 ανέβουν 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 cm^3 , οπότε κλείνεται και ο κρουνός Κ. Ανοίγεται στη συνέχεια ο κρουνός 1 και υψώνεται ξανά η φιάλη Ε, μέχρις ότου η στάθμη στο σωλήνα ανέβει στην ένδειξη 100, πράγμα που σημαίνει ότι καυσαέρια 100 cm^3 εισήλθαν στη φιάλη 1, όπου θα λάβει χώρα η απορρόφηση του CO_2 . 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 δεν θα βρίσκεται στο μηδέν, αλλά πάνω από αυτό λόγω της απορρόφησης του CO_2 . Η ένδειξη στο σωλήνα V με τις άλλες 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 βελτίωση της.



Εικόνα 7.2

Επίλογος-Συμπεράσματα

Η καλή καύση αποτελεί τον κυριότερο συντελεστή οικονομικής λειτουργίας του λέβητα και επομένως μια 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 αέριο, 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. Για όλα αυτά που αναφέραμε παραπάνω μας βοηθάνε οι συσκευές ανάλυσης καυσαερίων.



OPTIMA 7 FLUE GAS ANALYSER

Βιβλιογραφία

1. Μ. Φούντη, (Θεωρία Καύσης και Συστήματα Καύσης), Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
2. Γ.Φ Δανιήλ-ΚΩΝ. Μιμηκόπουλου (Ναυτικοί Ατμολέβητες) ,Ίδρυμα Ευγενιδείου, Αθήνα 2010
3. Boiler Emissions Reference Guide, Cleaver Brooks, Milwaukee, WI.
4. www.marineengineering.com
5. www.marineinsite.com

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract	5
Πρόλογος.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ – ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΥΠΟΣ : PROCAL 2000 NDIR ANALYSER	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΝΔΕΙΚΤΗΣ CO2 RANAREX	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΣΚΕΥΗ ORSAT.....	28
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ.....	31
Επίλογος-Συμπεράσματα	32
Βιβλιογραφία.....	33