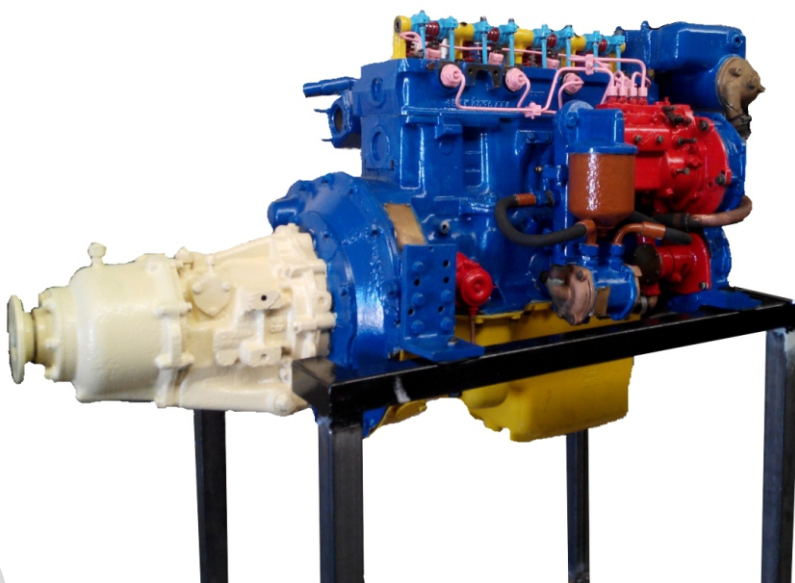




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ
ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΑ
ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ**



ΘΕΟΔΟΣΗΣ ΜΑΡΕΝΤΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	5
3. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	9
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	9
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΚ	9
3.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΚ.....	9
3.4 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΜΙΑ ΜΕΚ	10
3.4.1 ΚΟΡΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	10
3.4.2. ΧΙΤΩΝΙΟ (-ΝΙΑ)	11
3.4.3. ΚΕΦΑΛΗ (ΠΩΜΑ) ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ - CYLINDER HEAD	13
3.4.4. ΒΑΛΒΙΔΕΣ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ	14
3.4.5. ΕΜΒΟΛΑ – ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΕΜΒΟΛΩΝ.....	16
3.4.6 ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ (CONNECTING ROD).....	19
3.4.7 ΒΑΚΤΡΟ - ΖΥΓΩΜΑ- ΣΤΥΠΕΙΟΘΛΙΠΤΗΣ	20
3.5 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΟΚΥΛΙΝΔΡΗΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ.....	21
3.6 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗΣ	22
3.7 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗΣ	28
4. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	30
4.1 ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	30
4.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ	31
4.3 ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....	32
4.4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΜΕΣ ΣΕ ΣΩΜΑ , ΚΥΛΙΝΔΡΟ , ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗ	32
4.5 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ.....	34
4.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΡΕΒΕΡΣΑΣ	35
4.7 ΚΟΠΗ ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗΣ.....	36
4.8 ΚΟΠΗ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΑ.....	37
4.9 ΒΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	37
4.10 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ, ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗΣ, ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΙ ΡΕΒΕΡΣΑΣ	40
4.11 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ.....	40
4.12 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	41
5. ΣΥΝΟΨΗ.....	43
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

Ευχαριστώ:

- Την εταιρεία Κονταξάκης Σ. – Τσικαλάκης Σ. που αφιλοκερδώς μου πρόσφερε τη μηχανή που έγινε εκπαιδευτικό μοντέλο.
- Τον ΑΗΣ Χανίων για την προσφορά του χώρου και των εργαλείων για την κατασκευή του μοντέλου.
- Τους συναδέλφους του πατέρα μου στον ΑΗΣ Χανίων που αφιέρωσαν αρκετό από τον πολύτιμο χρόνο τους για να με βοηθήσουν και ιδιαίτερα τον κ. **Νταγκουνάκη Μανόλη** του οποίου η βοήθεια και η εμπειρία του μου στάθηκαν πολύτιμες.
- Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για τη στήριξη, τη βοήθεια και την υπομονή τους κατά τη διάρκεια των μαθητικών και των φοιτητικών μου χρόνων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως προπτυχιακός φοιτητής στο Πολυτεχνείο Κρήτης είχα την ευκαιρία να κάνω την καλοκαιρινή πρακτική μου στην Κονταξάκης Marine Technical Services (KMTS) και στη συνέχεια να εργαστώ σε αυτήν για δύο χρόνια. Στο διάστημα αυτό εκτός των άλλων είχα την ευκαιρία να έρθω σε επαφή με την επισκευή μηχανών εσωτερικής καύσεως και να διαπιστώσω ότι κατά την πενταετή μου φοίτηση στο πολυτεχνείο δεν είχα ποτέ έρθει σε επαφή με μια μηχανή πρακτικά. Έτσι υπήρξε η ιδέα να μετατρέψω μια μηχανή η οποία βρισκόταν σε αχρηστία σε ένα εκπαιδευτικό μοντέλο.

Η παρούσα εργασία έχει δυο βασικούς στόχους, να περιγράψει με απλό και κατανοητό τρόπο τις βασικές αρχές λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσεως αλλά και να περιγράψει την διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να μετατραπεί μια μη χρηστική μηχανή σε ένα λειτουργικό εκπαιδευτικό μοντέλο το οποίο μάλιστα μέσω κατάλληλου ηλεκτρικού κινητήρα στρέφει, και επιτρέπει στον παρατηρητή να δει το εσωτερικό της μηχανής μέσω τομών που υπάρχουν σε διάφορα σημεία της μηχανής.

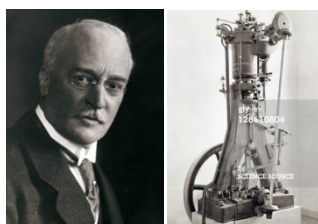
Αρχικά η εργασία κάνει μια μικρή ιστορική αναδρομή στην εξέλιξη των μηχανών εσωτερικής καύσεως από την πρώτη μηχανή μέχρι και σήμερα δίνοντας ιδιαίτερη βάση στις μηχανές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν και αναπτύχθηκαν για την ναυτιλία. Στη συνέχεια περιγράφει τις διάφορες κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται οι ΜΕΚ. Αναφέρεται στα μέρη τα όποια απαρτίζουν μια μηχανή, και περιγράφει τις βασικές αρχές λειτουργίας την θεωρητική και πραγματική λειτουργία των τετράχρονων πετρελαιοκινήτων μηχανών μιας και το μοντέλο που επιλέχτηκε πρόκειται για ένα τετράχρονο πετρελαιοκίνητο ναυτικού τύπου ο οποίος φέρει υδραυλική ρεβέρσα προσαρμοσμένη πάνω του.

Έπειτα περιγράφεται βήμα προς βήμα η διαδικασία της μετατροπής της μηχανής από μια μηχανή σε αχρηστία για πάνω από πέντε χρόνια στο εκπαιδευτικό μοντέλο που είναι σήμερα και τον τρόπο με τον οποίο παίρνει κίνηση από το ηλεκτρικό μοτέρ.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

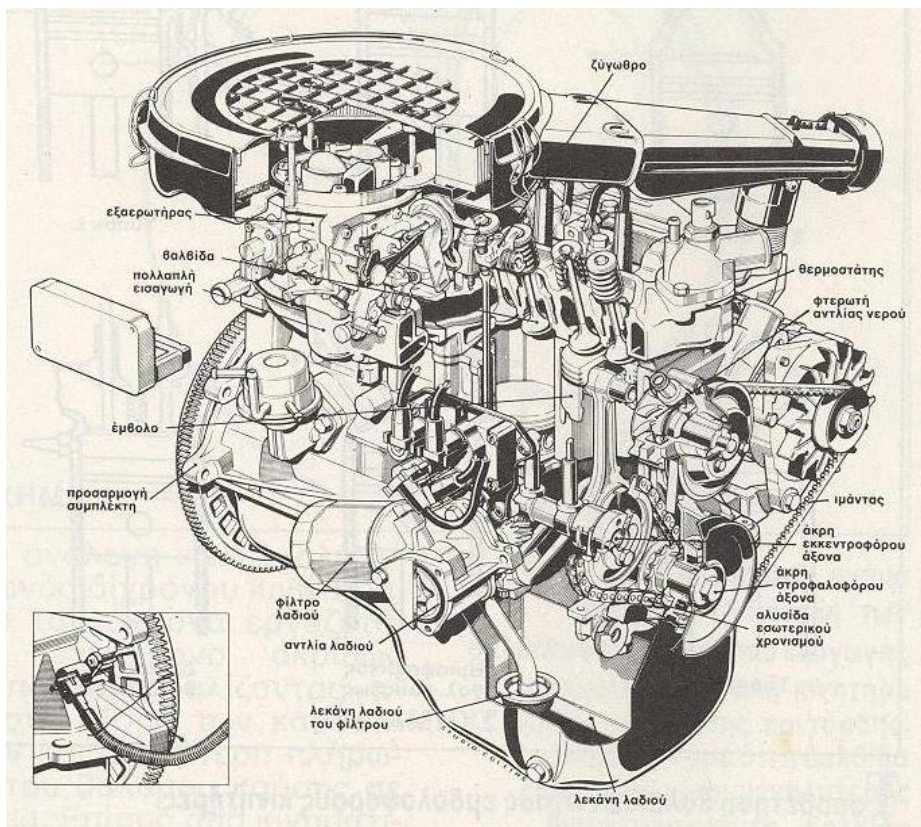
Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Δεν είναι τυχαίο ότι οι ονομασίες των ιστορικών περιόδων της ανθρωπότητας (λίθινη εποχή, εποχή του χαλκού, εποχή του σιδήρου) προέκυψε από τη δυνατότητα των ανθρώπων να διαχειρίζονται διάφορες μορφές ενέργειας. Ο 18^{ος} αιώνας σημαδεύτηκε από την ανακάλυψη της πρώτης ατμομηχανής από τον Thomas Newcomen η οποία χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού από τα υπόγεια ορυχεία εξόρυξης άνθρακα. Στο τέλος του 19ου αιώνα όταν οι ατμομηχανές είχαν εξαντλήσει την δυναμική τους, η πιεστική ανάγκη για συνεχώς ισχυρότερους, απλούστερους και μικρότερους κινητήρες οδήγησε την έρευνα προς την ανάπτυξη εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Είχε προηγηθεί το 1794 η πρόταση του Άγγλου Robert Street για χρησιμοποίηση της πίεσεως των καυσαερίων από την καύση υγρών καυσίμων, στην μετακίνηση του εμβόλου για την παραγωγή έργου.

- Το 1833 ο Άγγλος W.L.Wright κατασκεύασε την πρώτη δίχρονη μηχανή εσωτερικής καύσης.
- Το 1860 Ο J.J Etienne Lenoir από το Λουξεμβούργο συναρμολόγησε την πρώτη μηχανή εσωτερικής καύσης βιομηχανικής παραγωγής χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το φωταέριο.
- Το 1876 ο Γερμανός N.A.Otto πειραματίστηκε με την μηχανή του Lenoir και κατασκεύασε τον πρώτο βενζινοκινητήρα. Οι αρχές λειτουργίας του Otto αποτέλεσαν τις βάσεις, πάνω στις οποίες λειτουργούν ακόμα και σήμερα οι βενζινοκινητήρες. Η καθιέρωση του κινητήρα του Otto έστρεψε τις έρευνες προς την ανεύρεση αποτελεσματικών μεθόδων ανάφλεξης του μίγματος καυσίμου – αέρα. Ο τύπος αυτός των κινητήρων είναι γνωστός ως κινητήρας συμπίεσης - ανάφλεξης.
- Το 1894 ο Γερμανός μηχανικός Rudolf Diesel, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1, πέτυχε τη λειτουργία των κινητήρων συμπίεσης - ανάφλεξης χρησιμοποιώντας υγρό καύσιμο (πετρέλαιο). Με αυτόν τον τρόπο ο κινητήρας έγινε πιο οικονομικός και αποδοτικός σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες της εποχής. Το 1895 ο Diesel κατοχύρωσε την ευρεσιτεχνία του στις ΗΠΑ.



Σχήμα 2.1 : Ο Rudolf Diesel και η μηχανή εσωτερικής καύσης

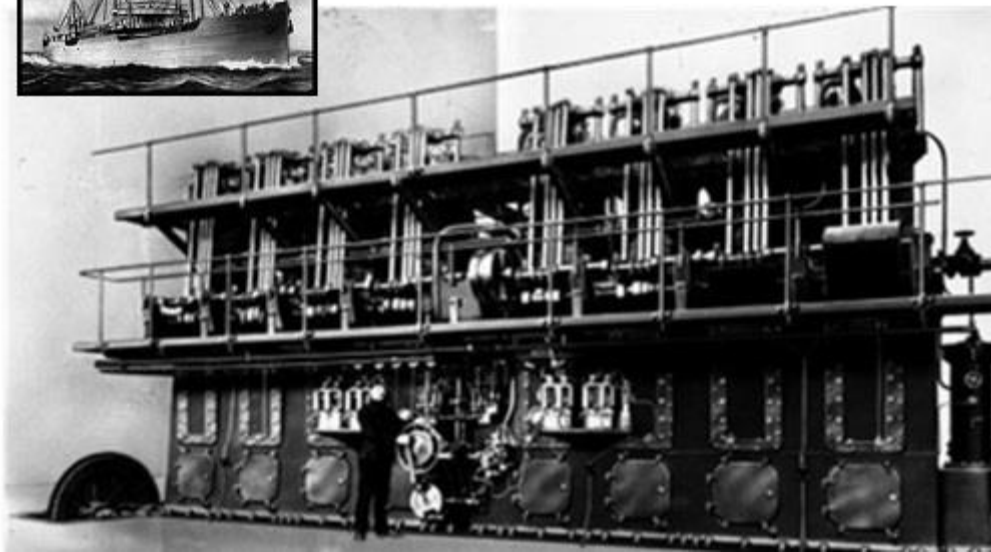
- Μέχρι το 1900 οι πετρελαιοκινητήρες είχαν διαδοθεί ευρύτατα στην Ευρώπη.
- Το 1903 ο πρώτος πετρελαιοκινητήρας τοποθετήθηκε σε πλοίο (το Ρωσικό WANDAL) και το 1925 σε λεωφορείο. Το 1929 κυκλοφόρησε το πρώτο πετρελαιοκίνητο φορτηγό.
- Η Γερμανική εταιρία Robert Bosch το 1927 άρχισε να κατασκευάζει εξαρτήματα και μηχανισμούς ψεκασμού για τους πετρελαιοκινητήρες και παίρνοντας άδεια κατασκευής εξαρτημάτων πετρελαιοκινητήρων και σε άλλες χώρες, κατέστησε τους κινητήρες αυτούς πολύ δημοφιλείς διεθνώς.
- Το 1936 η Γερμανική Mercedes Benz ξεκίνησε την παραγωγή ενός μικρού, για τα τότε δεδομένα, επιβατικού πετρελαιοκίνητου οχήματος, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2 : Κινητήρας πετρελαίου μικρού μεγέθους

Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο η υψηλή τιμή της βενζίνης στην Ευρώπη και Ιαπωνία τις οδήγησε στην κατασκευή μικρών πετρελαιοκινητήρων για χρήση σε μικρά επιβατικά και φορτηγά σε αντίθεση με τις ΗΠΑ που προηγήθηκαν στην κατασκευή κινητήρων για μεγάλα φορτηγά. Το εμπόριο του πετρελαίου από τα Αραβικά κράτη το 1973 δημιούργησε την πετρελαϊκή κρίση η οποία οδήγησε στην τεράστια αύξηση της τιμής των καυσίμων. Έτσι η οικονομία καυσίμων έγινε ο σημαντικότερος παράγοντας στη σχεδίαση νέων κινητήρων. Από το τέλος της δεκαετίας του 1970 μέχρι και σήμερα οι περισσότεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων προσφέρουν τα ίδια μοντέλα εφοδιασμένα με βενζινοκινητήρες ή πετρελαιοκινητήρες ώστε οι καταναλωτές να τα επιλέγουν ανάλογα με τη χρήση τους. Η αλματώδη ανάπτυξη της ηλεκτρονικής τεχνολογίας έδωσε τη δυνατότητα να αναπτυχθούν κινητήρες Otto ή Diesel πτωχού μίγματος που διακρίνονται για την οικονομία τους και την χαμηλή εκπομπή εκπεμπόμενων ρύπων.

Η ανακάλυψη του κινητήρα Diesel ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη και της ναυτιλίας. Το πρώτο μεγάλο πλοίο με εγκατάσταση κινητήρα Diesel ήταν το ROMAGNA 678 τόνων που ναυπηγήθηκε το 1910. Η πρώτη εγκατάσταση πετρελαιοκινητήρα σε ωκεανοπύλο εμπορικό πλοίο πραγματοποιήθηκε το 1912 στο πλοίο SELANDIA το οποίο παρουσιάζεται στο [σχήμα 2.3](#) το οποίο πραγματοποίησε ταξίδι 20.000 ναυτικών μιλίων από την Κοπεγχάγη στην Άπω Ανατολή.



Σχήμα 2.3 : Πλοίο SELANDIA

Το πρώτο επιβατικό πλοίο με κινητήρες diesel στη γραμμή του Ατλαντικού ήταν το GRIPSHOLM το οποίο ναυπηγήθηκε το 1925. Μεγάλη ώθηση στην κατασκευή μικρότερων κινητήρων με μεγαλύτερη ισχύ έδωσε η χρήση του υπερπληρωτή. Η πρώτη ναυτική μηχανή με στροβιλο-υπερπληρωτή κατασκευάστηκε το 1927 από την εταιρία MAN, διαθέτοντας σύστημα υπερπλήρωσης σταθερής πίεσης της BROWN BOVERI το οποίο αύξησε την ισχύ της μηχανής από 1250Kw στις 25 rpm σε 2960Kw στις 317rpm. Σημαντική εξέλιξη στις ναυτικές μηχανές από τα μέσα του 1950 αποτέλεσε η χρήση βαρέως πετρελαίου το οποίο είχε χαμηλότερο κόστος αλλά επέφερε σημαντικές φθορές στους κινητήρες λόγω των όξινων παραγώγων της καύσης του. Με την χρήση κατάλληλων λιπαντικών, τα οποία ουδετεροποιούσαν τα όξινα παράγωγα της καύσης, επιτεύχθηκε μείωση της φθοράς του κινητήρα σε επίπεδα εκείνα του καθαρού diesel.

Για το κοντινό μέλλον οι στόχοι είναι για κινητήρες που συνδυάζουν ευελιξία καυσίμου, σχεδόν μηδενικούς ρύπους, βέλτιστη προσαρμοστικότητα στις συνθήκες λειτουργίας και διά βίου αξιοπιστία. Η πρόσφατη ιστορία εξέλιξης κινητήρων δείχνει ότι πάντα βρίσκονται τεχνολογικές λύσεις που καλύπτουν τις ανάγκες της αγοράς και τυχόν νέους κανονισμούς. Όμως, η πίεση από τη ραγδαία εισαγωγή κανονισμών με δύσκολους στόχους έχει ενίοτε ως αποτέλεσμα «υστερική» τεχνολογία με λύσεις αυξημένης περιπλοκότητας, ενώ με περιθώριο χρόνου πιθανόν να προέκυπταν κομψότερες λύσεις. Στο μέλλον η έρευνα για τις ναυτικές μηχανές στρέφεται προς την βελτίωση της καύσης των βαρέων καυσίμων, στην μείωση των εκπομπών ρύπων, στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων, στην βελτίωση του βαθμού απόδοσης, στη μείωση των αναγκών συντήρησης και του κόστους και τέλος στην επέκταση του ηλεκτρονικού ελέγχου του κινητήρα.

Στην Ελλάδα κατά την διάρκεια του μεσοπολέμου ιδρύθηκαν πολλά μηχανουργία τα οποία κατασκεύαζαν μηχανές και ιδιαίτερα πετρελαιομηχανές εσωτερικής καύσης όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4. Οι κινητήρες αυτοί ήταν κατάλληλοι για μικρά ξύλινα σκάφη της εποχής και για γεωργικά μηχανήματα. Διοχετεύτηκαν εκτός από την ελληνική αγορά, στα Βαλκάνια στην Τουρκία και στην Κύπρο. Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο τα οι νέες συνθήκες του διεθνούς εμπορίου οδήγησαν στην συρρίκνωση του κλάδου.



Σχήμα 2.4 : Μηχανές ελληνικής κατασκευής

Το 1954 παρουσιάστηκε από τον Felix Wankel το πρώτο ομώνυμο επιτυχημένο μοντέλο περιστροφικού κινητήρα με σκοπό να καλύψει τα προβλήματα κραδασμών των εμβολοφόρων παλινδρομικών μηχανών. Οι κινητήρες αυτοί δεν βρήκαν μεγάλη εφαρμογή εκτός από μερικούς τύπους ειδικών αυτοκινήτων και μικρών ελικοφόρων αεροσκαφών. Στις μηχανές εσωτερικής καύσης ανήκουν και οι αεριοστρόβιλοι οι οποίοι αναπτύχθηκαν πολύ αργότερα από τις εμβολοφόρες μηχανές λόγω της ελλιπούς γνώσης των χαρακτηριστικών της ροής, στους χαμηλούς βαθμούς απόδοσης των συμπιεστών της εποχής και στην έλλειψη κατάλληλων μετάλλων που να αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες.

3. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Μηχανή εσωτερικής καύσης ή κινητήρας εσωτερικής καύσης ονομάζεται η κινητήρια θερμική μηχανή στην οποία η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό σώμα της ίδιας της μηχανής. Οι μηχανές αυτές έχει καθιερωθεί ευρύτερα αναφέρονται με το κεφαλαίο γράμμα αρκτικόλεξο ΜΕΚ. Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως (ΜΕΚ) (Internal Combustion Engines) διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις εμβολοφόρες παλινδρομικές
- Στις περιστροφικές και
- Στους αεροστροβίλους (gas turbines)

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΚ

Στην παρούσα εργασία στόχος είναι η περιγραφή και η ανάλυση των εμβολοφόρων παλινδρομικών ΜΕΚ. Όσο αφορά την λειτουργία τους οι μηχανές αυτές μετατρέπουν τη θερμική ενέργεια που εκλύεται από την καύση του καυσίμου, μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο κλειστό χώρο (θάλαμοι καύσεως) σε μηχανικό έργο , μέσο κατάλληλων εξαρτημάτων και μηχανισμών

3.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΚ

Οι εμβολοφόροι παλινδρομικές ΜΕΚ κατατάσσονται στις ακόλουθες βασικές κατηγορίες:

- 1) Ανάλογα με τον τρόπο αναφλέξεως του καυσίμου διακρίνονται σε :
 - α. Μηχανές εναύσεως με σπινθήρα (Βενζινομηχανές , ή κινητήρες Otto – spark ignition engines)
 - β. Μηχανές εναύσεως με συμπίεση (Πετρελαιομηχανές , ή κινητήρες Diesel- compression ignition engines)
 - γ. Μηχανές Semi – Diesel
- 2) Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών του εμβόλου για την ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας διακρίνονται σε τετράχρονα (four stock engines) και σε δίχρονα μηχανές (two stock engines).
- 3) Ανάλογα με το είδος του καυσίμου με το οποίο λειτουργούν
 - α. Μηχανές βαρέως πετρελαίου (μαζούτ)
 - β. Μηχανές ελαφρών καυσίμων (πετρέλαιο Ντήζελ- βενζίνη)
 - γ. Μηχανές αερίων καυσίμων
- 4) Μηχανές μικτού καυσίμου
- 5) Ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα διακρίνονται σε μηχανές αργόστροφες έως 350 rpm (κύριες μηχανές πλοίων) , μεσόστροφες έως 1500 rpm (μηχανές πλοίων, τρένων και ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη) , πολύστροφες μηχανές έως 5000 rpm περίπου (μηχανές τροχοφόρων) , και ταχύστροφες μηχανές άνω των 5000 rpm (αγωνιστικά αυτοκίνητα και μηχανές μεγάλου κυβισμού)

- 6) Ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων διακρίνονται σε μονοκύλινδρες και πολυκύλινδρες μηχανές.
- 7) Ανάλογα με την διάταξη των κυλίνδρων κατατάσσονται σε κατηγορίες όπως: κατακόρυφες ή εν σειρά , τύπου (W, Δ , H , X , V) , αντιτιθέμενων κυλίνδρων (οριζόντιες , boxer) , σταυροειδής , αστεροειδείς , πολυγωνικές , διπλών εμβόλων κλπ.
- 8) Ανάλογα με τον τρόπο ψύξεως των κυλίνδρων κατατάσσονται σε υδρόψυκτες και σε αερόψυκτες μηχανές.
- 9) Ανάλογα με τον τρόπο συνδέσεως του εμβόλου και του διωστήρα κατατάσσονται σε μηχανές με ή χωρίς βάκτρο και ζύγωμα.
- 10) Ανάλογα με τον τρόπο την πίεση αλλά και την ποσότητα του αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο , κατατάσσονται σε υπερπληρούμενες (supercharged) και ατμοσφαιρικές μηχανές (φυσικής αναπνοής , atmospheric-induction engines).
- 11) Ανάλογα με την μέθοδο εισαγωγής του καυσίμου οι βενζινομηχανές κατατάσσονται σε μηχανές με εξαεριωτήρα (carburetor) και σε μηχανές με αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα (injection).
- 12) Ανάλογα με την φορά περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα έχουμε μηχανές ορισμένης περιστροφής δηλαδή δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες και αντιστρέψιμες μηχανές.
- 13) Ανάλογα με την παραγόμενη ισχύ ανά κύλινδρο στις κανονικές στροφές λειτουργίας κατατάσσονται σε μηχανές μικρής ισχύος (έως 20 Ps) , μέσης ισχύος (έως 200 Ps) και μεγάλης ισχύος (περισσότερα από 200 Ps)

Όσο αφορά την ναυτιλία οι εμβολοφόρες παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλα τα θαλάσσια μέσα από μικρά σκάφη αναψυχής μέχρι και τα πολύ μεγάλης χωρητικότητας πλοία. Οι τύποι τους μπορεί να διαφέρουν ως προς τον χρονισμό , το καύσιμο , το σχήμα, το μέγεθος κτλ. Ενώ σχεδόν στο σύνολο τους οι μηχανές αυτές είναι υπερπληρούμενες.

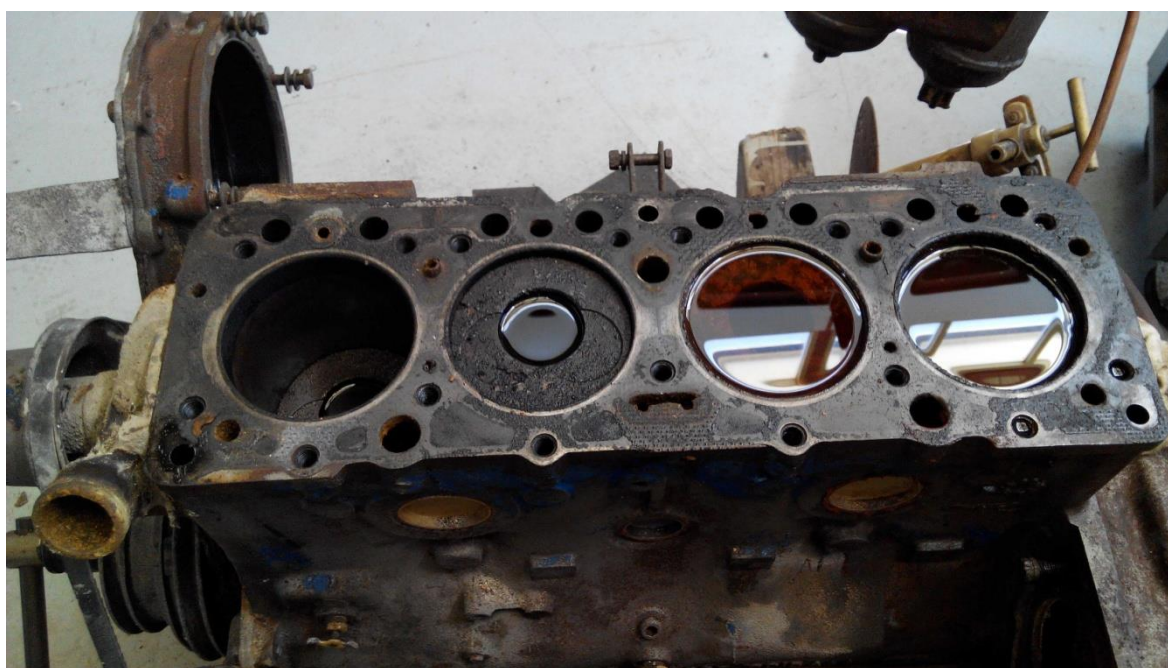
3.4 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΜΙΑ ΜΕΚ

3.4.1 ΚΟΡΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Ο κορμός της μηχανής απαρτίζεται από τρία δομικά στοιχεία, τη βάση , τον σκελετό και το σώμα των κυλίνδρων. Ο σκελετός και το σώμα των κυλίνδρων συνδέονται με αυτή τη σειρά και κάθετα μεταξύ τους με τη βάση όπως προκύπτει και από την ονομασία της. Στις μικρές , και μεσαίες μηχανές ο σκελετός και το σώμα των κυλίνδρων πρόκειται για ενιαίο στοιχείο το οποίο και αποτελεί αφενός μεν, το κύριο τμήμα πάνω στο οποίο προσαρμόζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα και τα εξαρτήματα της μηχανής και αφετέρου έχει και τον ρόλο της βάσης. Στην περίπτωση αυτή έχει κιβωτοειδή μορφή και είναι κατασκευασμένο με χύτευση (από ειδικό χυτοσίδηρο ή κράματα αλουμίνιου) και συνδέεται στην κάτω πλευρά του με την ελαιολεκάνη. Μόνο στις μεγάλες μηχανές συναντούμε την βάση ως ξεχωριστό δομικό στοιχείο πάνω στο οποίο στηρίζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα-εξαρτήματα της μηχανής. Είναι κατασκευασμένη από ηλεκτροσυγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα. Έχει κιβωτοειδή μορφή και απαρτίζεται από διαμήκεις και εγκάρσιους δοκούς, διάτρητους σε πολλές περιπτώσεις για να επιτευχθεί μικρότερο βάρος και συνδεδεμένους κατά τρόπο τέτοιο που να εξασφαλίζεται διέλευση του λιπαντικού όταν η βάση λειτουργεί η ίδια και ως ελαιολεκάνη. Όσον αφορά το σώμα των κυλίνδρων, είναι το δομικό στοιχείο της μηχανής μέσα στο οποίο βρίσκονται οι κύλινδροι

και συνδέεται με το άνω μέρος του σκελετού. Στις μικρές και μεσαίου μεγέθους μηχανές το σώμα των κυλίνδρων αποτελεί όπως αναφέρεται και παραπάνω ενιαίο τμήμα με τον σκελετό και οι κύλινδροι είναι διαμορφωμένοι επάνω στο ίδιο ενιαίο τεμάχιο όπως και στην μηχανή που επιλέχθηκε να γίνει εκπαιδευτικό μοντέλο.

Η κατασκευή του σώματος των κυλίνδρων είναι μια σύνθετη κατασκευή ή οποία εκτός των κυλίνδρων περιλαμβάνει τους θαλάμους κυκλοφορίας του νερού ψύξης (υδροχιτώνια – υδροθαλάμους) και τους αγωγούς διέλευσης του λαδιού λίπανσης. Το υλικό κατασκευής στις μικρές μηχανές ,λόγω έλλειψης χιτωνίων είναι ειδικός χυτοσίδηρος (χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη - nodular cast iron) ή από κράματα αλουμινίου και αυτό για να αντέχει στις υψηλές πιέσεις τις ταχείες εναλλαγές θερμότητας και τις ισχυρές θερμικές τάσεις που προκαλούνται. Στις αργόστροφες και στις μεγάλες μηχανές υπάρχουν πάντα ένα ή περισσότερα χιτώνια κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο ή συγκολλημένα χαλύβδινα ελάσματα σε συναρμολογούμενα τμήματα. Πολύ σημαντικό για την ομαλή λειτουργία μιας μηχανής είναι η σωστή σύνδεση του σκελετού, του σώματος των κυλίνδρων και της βάσης της μηχανής. Αυτό διασφαλίζεται με κατάλληλο αριθμό κοχλιών μεγάλου μήκους (tie rods - κοχλίες ελαστικής επιμήκυνσης) ομοιόμορφα κατανεμημένων ώστε να αντισταθμίζονται κατάλληλα οι τάσεις από την καύση και την παλινδρομική κίνηση των κινητών μερών της μηχανής. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στον τρόπο σύσφιξης των συνδετήριων κοχλιών (tie rods) σε όλους τους τύπους των μηχανών. Στις μικρές και μεσαίες μηχανές γίνεται με κατάλληλα ροπόκλειδα ενώ στις μεγάλες με ειδικά υδραυλικά εργαλεία εφελκυσμού κοχλιών. Και στις δύο περιπτώσεις όμως υπό τις οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή της μηχανής όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1 από την εκπαιδευτική μηχανή κατά την μετατροπή της.



Σχήμα 3.1 : Κορμός μηχανής κατά την μετατροπή σε εκπαιδευτικό μοντέλο

3.4.2. ΧΙΤΩΝΙΟ (-ΝΙΑ)

Πρόκειται για το τμήμα(-τα) της μηχανής μέσα στο οποίο παλινδρομεί το έμβολο όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2. Είναι προφανές ότι για να μπορεί να πραγματοποιηθεί η παλινδρόμηση του εμβόλου η διατομή του χιτωνίου είναι κυλινδρική. Ο αριθμός των χιτωνίων στις μηχανές ποικίλει και εξαρτάται από τον αριθμό των κυλίνδρων πράγμα που

συνίσταται από το μέγεθος της μηχανής (ένα όταν πρόκειται για μονοκύλινδρο μηχανή και περισσότερα όταν πρόκειται για πολυκύλινδρες μηχανές). Τα χιτώνια κατασκευάζονται από διάφορα κράματα φαιού χυτοσιδήρου που περιέχει προσμίξεις χρωμίου, μολυβδαινίου και βαναδίου που του προσδίδουν μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά και την διάβρωση (λόγω παρουσίας ενώσεων θείου που βρίσκονται στο diesel και κυρίως στο μαζούτ). Επίσης επιλέγεται ο χυτοσίδηρος έναντι του χάλυβα λόγω της ιδιότητας του πρώτου να είναι "αυτολιπανόμενος" γεγονός που οφείλεται στην παρουσία γραφίτη στο μέταλλο. Όπως είναι λογικό τα χιτώνια σε μία MEK υποβάλλονται σε σύνθετη καταπόνηση η οποία μεταβάλλεται περιοδικά λόγω της παλινδρόμησης του εμβόλου. Δέχεται πολύ ισχυρές πιέσεις και ως εκ τούτου ισχυρές εφελκυστικές τάσεις. Το τμήμα του χιτωνίου που φθείρεται περισσότερο είναι το πάνω (περιοχή Άνω Νεκρού Σημείου- στο εξής ΑΝΣ). Για το λόγο αυτό, και σε ορισμένες περιπτώσεις (μεγάλες αργόστροφες μηχανές όπως αυτές που χρησιμοποιούνται στην Ναυτιλία) τα χιτώνια είναι διαιρετά για να υπάρχει δυνατότητα ανακατασκευής του τμήματος αυτού. Συνήθως η φθορά δεν είναι περιμετρικά ομοιόμορφη λόγω δυνάμεων όπου ασκούνται από το έμβολο και γενικά τα χιτώνια αποκτούν με την χρήση ελλειψοειδή διατομή. Επίσης φθορά προκαλείται και στην περίπτωση που η ψύξη τοπικά δεν είναι ομοιόμορφη. Στις υψηλές θερμοκρασίες η αντοχή του υλικού μειώνεται με αποτέλεσμα την αύξηση των φθορών καθώς ταυτόχρονα μειώνεται για τον ίδιο λόγο η αποτελεσματική προστασία από το λάδι λίπανσης. Άλλη φθορά όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του εδαφίου είναι η οξειδωτική διάβρωση στην επιφάνεια του χιτωνίου που προκαλείται από τις ενώσεις του θείου που βρίσκεται στο καύσιμο (βαρύ πετρέλαιο). Πρόβλημα που αντιμετωπίζεται από την σωστή επιλογή του υλικού κατασκευής αλλά και περιορίζεται με την χρήση αλκαλικών λαδιών λίπανσης. Τα χιτώνια διακρίνονται σε δύο τύπους

1. Στα υγρά (υδροχιτώνια).
2. Στα ξηρά που χρησιμοποιούνται σε μηχανές μικρής ισχύος όπως και στο μοντέλο που κατασκευάσαμε.

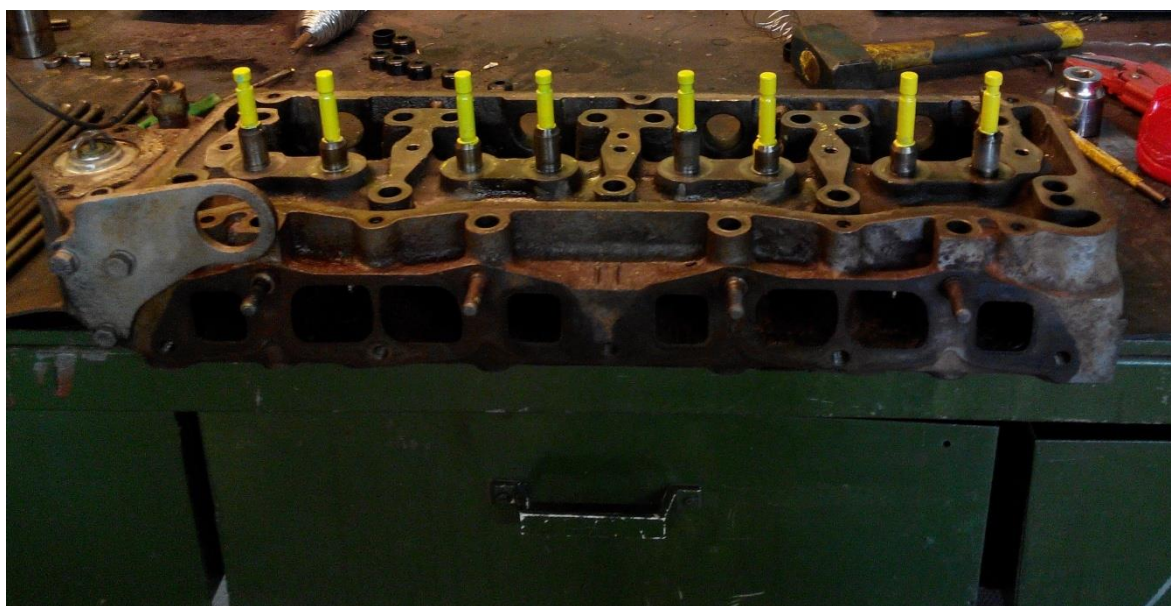
Στα υδροχιτώνια το ψυκτικό υγρό έρχεται σε άμεση επαφή με το χιτώνιο, είτε διαβρέχοντας το εξωτερικά (ρέοντας στο χώρο ανάμεσα σε αυτό και στον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων), είτε ψύχοντας το με εσωτερικούς αγωγούς κυρίως στο άνω τμήμα του. Τα ξηρά χιτώνια αντίθετα δεν έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό υγρό αφού είναι τοποθετημένα με πίεση μέσα στον περιχιτώνιο θάλαμο του σώματος των κυλίνδρων. Στις Ναυτικές μηχανές τα χιτώνια είναι υδρόψυκτα (υδροχιτώνια) και το ψυκτικό μέσο (νερό) έρχεται σε άμεση επαφή με το χιτώνιο. Η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται στην κορυφή με κατάλληλη επεξεργασία και διαμόρφωση των εφαιπτόμενων επιφανειών χιτωνίου και περιχιτώνιου θαλάμου, ενώ στο κάτω μέρος με κατάλληλους ελαστικούς-συνθετικούς δακτυλίδες (o-rings).



Σχήμα 3.2 : Χιτώνια μέσα στα οποία παλινδρομεί το έμβολο

3.4.3. ΚΕΦΑΛΗ (ΠΩΜΑ) ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ - CYLINDER HEAD

Πρόκειται για το μέρος της μηχανής το οποίο προσαρμόζεται στο επάνω μέρος των χιτώνίων όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3 (ή του κορμού σε μηχανές μικρής ισχύος) σχηματίζοντας μαζί με τα χιτώνια και το επάνω μέρος του εμβόλου το χώρο όπου πραγματοποιείται η καύση. Η κεφαλή μπορεί να είναι είτε ολόσωμη κυρίως σε μηχανές μικρής ισχύος, είτε διαιρούμενη, δηλαδή ο κάθε κύλινδρος να έχει την δική του ξεχωριστή κεφαλή. Η διαιρούμενη κεφαλή συναντάται κυρίως σε μηχανές μεγάλης ισχύος για λόγους ευκολίας αντικατάστασης μεμονωμένης κεφαλής σε περίπτωση φθοράς. Όσον αφορά τον τρόπο σύνδεσης της κεφαλής με το άνω τμήμα του κορμού της μηχανής, επιτυγχάνεται με την βοήθεια φυτευτών κοχλιών μηκύνσεως (μπουζόνια). Αξίζει να σημειωθεί ότι η σύσφιξη των συγκεκριμένων κοχλιών γίνεται με ειδική σειρά και προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή της μηχανής ροπή σύσφιξης με την χρήση ειδικού δυναμοδεικτικού κλειδιού. Σε επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πως στην δικιά μας κατασκευή έγινε η σύσφιξη των εν λόγω κοχλιών σύμφωνα με τον κατασκευαστή. Η στεγανότητα μεταξύ πώματος και κορμού μηχανής επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικού παρεμβύσματος (gasket).



Σχήμα 3.3 Κεφαλή από την εκπαιδευτική μηχανή κατά την μετατροπή της.

Η κεφαλή στο εσωτερικό της περιλαμβάνει ορισμένα εξαρτήματα και έχει ιδιαίτερη διαμόρφωση ανάλογα με τον τύπο ΜΕΚ στον οποίο προσαρμόζεται.

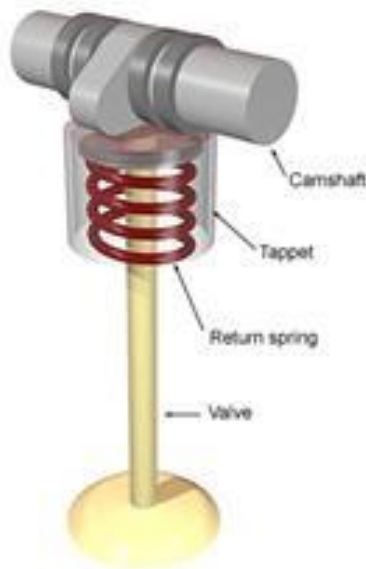
Στις τετράχρονες βενζινομηχανές στην κεφαλή βρίσκονται:

1. οι βαλβίδες εισαγωγής του καυσίμου μίγματος και εξαγωγής των καυσαερίων μαζί με τα συστήματα κίνησης τους ,
2. οι αναφλεκτήρες (μπουζί)
3. ο εκκεντροφόρος άξονας (σε ορισμένες μηχανές)
4. καθώς και το τμήμα αγωγών εισαγωγής και εξαγωγής.

Στην κεφαλή των τετράχρονων πετρελαιομηχανών βρίσκονται:

1. οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής
2. οι εγχυτήρες (μπέκ) καυσίμου
3. η βαλβίδα του αέρα εκκινήσεως,
4. η ασφαλιστική βαλβίδα προς αποφυγή υπερπίεσης
5. καθώς και ο δυναμοδεικτικός κρουνός για την λήψη διαγραμμάτων για τον έλεγχο της καύσης.

σημειωθεί ότι οι βαλβίδες εξαγωγής είναι το τμήμα με την μεγαλύτερη θερμοκρασία από όλα τα τμήματα του θαλάμου καύσης. Η διάρκεια ζωής τους είναι ένα δύσκολο πρόβλημα και ειδικά όταν η μηχανή καίει βαρύ καύσιμο. Τα βαριά καύσιμα περιέχουν βανάδιο και νάτριο που οι ενώσεις των οξειδίων τους σχηματίζουν επιθέματα όπως βαλβίδες (έδρα) και όταν η θερμοκρασία ξεπερνά το όριο (σημείο τήξης) τότε τα επιθέματα εμποδίζουν την βαλβίδα να κλείσει και όταν σπάσουν ή λιώσουν τοπικά, δημιουργούν διόδους, μέσω των οποίων διαφεύγουν καυσάερια με πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αυτά γρήγορα διαβρώνουν τοπικά τα μέταλλα, οι δίοδοι μεγαλώνουν με αποτέλεσμα να «καεί» τοπικά η βαλβίδα, οπότε η πίεση του κυλίνδρου πέφτει, άρα επηρεάζεται η καύση και ως εκ τούτου η ισχύς. Ακόμα και αν δεν «καεί» η βαλβίδα σίγουρα θα υποστεί παραμόρφωση, κόπωση και αστοχία υλικού. Όσον αφορά στην κίνηση των βαλβίδων, αυτή μεταδίδεται από τον εκκεντροφόρο άξονα με δυο τρόπους κατά περίπτωση: Αν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στην κεφαλή των κυλίνδρων, «εκκεντροφόρος επί κεφαλής», τότε μεταδίδει την κίνηση απευθείας στα ζύγωθρα ή στα καπελώτα (όταν η κεφαλή δεν έχει ζύγωθρα). Όταν ο εκκεντροφόρος βρίσκεται στο σώμα των κυλίνδρων, τότε η κίνηση στις βαλβίδες μεταδίδεται με τη βοήθεια του ωστηρίου, ωστικής ράβδου και ζηγώθρου όπως φαίνεται στην εικόνα 3,4



Σχήμα 3.4 : Σύστημα κίνησης βαλβίδας

Ελατήρια βαλβίδων

Τα ελατήρια των βαλβίδων σχήμα 3.5 είναι αυτά που επαναφέρουν τις βαλβίδες σε κλειστή θέση όταν σταματά να ενεργεί ο μηχανισμός ανοίγματος, δηλαδή όταν παύει η επίδραση των έκκεντρων κομβίων του εκκεντροφόρου άξονα. Κάθε βαλβίδα μπορεί να διαθέτει ένα ή δύο ελατήρια με το δεύτερο να βρίσκεται πάντα στο εσωτερικό του πρώτου. Τοποθετούνται στην κεφαλή των κυλίνδρων και στερεώνονται με την βαλβίδα στην ουρά της με την χρήση κατάλληλων δακτυλίων και κωνικών ασφαλειών. Τα ελατήρια έχουν σπειροειδή μορφή, ο αριθμός των σπειρών, η διατομή τους και η διάμετρος τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται η κατάλληλη τάση επαναφοράς. Η κατάλληλη τάση επαναφοράς είναι πολύ σημαντικός παράγοντας καθώς με τον τρόπο αυτό στεγανοποιείται πλήρως ο θάλαμος καύσης του κυλίνδρου και αποφεύγονται ανεπιθύμητες ταλαντώσεις λόγω συντονισμού, κατά το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας.



Σχήμα 3.5 : Διάφοροι τύποι ελατηρίων βαλβίδων

ΩΣΤΗΡΙΑ – ΩΣΤΙΚΕΣ ΡΑΒΔΟΙ ΚΑΙ ΖΥΓΩΘΡΑ

Όπως αναφέραμε και πριν, όταν ο εκκεντροφόρος άξονας βρίσκεται στα πλάγια της μηχανής, ο μηχανισμός μετάδοσης της κίνησης απ' αυτόν στις βαλβίδες γίνεται από τα ωστήρια, τις ωστικές ράβδους και τα ζύγωθρα. Το ωστήριο είναι αυτό που έρχεται σε άμεση επαφή με το έκκεντρο του εκκεντροφόρου άξονα και μέσω της ωστικής ράβδου (καλάμι) μεταδίδει την κίνηση στο ζύγωθρο (κοκοράκι). Το ζύγωθρο είναι ένας μοχλός που πιέζεται από την ωστική ράβδο στο ένα άκρο και με το άλλο άκρο μεταδίδει την κίνηση στην ουρά της βαλβίδας και υπερνικώντας την τάση του ή των ελατηρίων καταφέρνει να την ανοίξει. Όπως είναι λογικό οι επιφάνειες όλων αυτών των τμημάτων έχουν υποστεί κατεργασία επιφανειακής σκλήρυνσης αφού έρχονται σε επαφή το ένα με το άλλο και φυσικά λιπαίνονται συνεχώς για να προστατεύονται από τις τριβές και τις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται. Σε περίπτωση ελλιπούς ή μη λίπανσης η βλάβη είναι άμεση.

3.4.5. ΕΜΒΟΛΑ – ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΕΜΒΟΛΩΝ

ΕΜΒΟΛΑ

Το έμβολο είναι ένα από τα βασικότερα μέρη στις ΜΕΚ. Παλινδρομεί μεταξύ του Άνω Νεκρού Σημείου (ΑΝΣ) και του Κάτω Νεκρού Σημείου (ΚΝΣ) εντός του κυλίνδρου και επιτρέπει την ελεγχόμενη εκτόνωση των καυσαερίων και την παραγωγή ωφέλιμου έργου. Μαζί με τον διωστήρα και τον στροφαλοφόρο άξονα αποτελούν τον μηχανισμό μεταφοράς και μετατροπής της κίνησης.

Ειδικότερα το έμβολο:

- I. Παραλαμβάνει την πίεση των καυσαερίων την οποία την μετατρέπει σε δύναμη στον διωστήρα ή στο βάκτρο.
- II. Στεγανοποιεί το χώρο καύσης από το στροφαλοφόρο θάλαμο .
- III. Ελέγχει στις 2χρονες μηχανές το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων.

Τα έμβολα κατασκευάζονται ενιαία ή τμηματικά από κράματα χάλυβα, χυτοσιδήρου ή αλουμινίου ανάλογα με τον τύπο , το μέγεθος και την χρήση της ΜΕΚ. Λόγω των καταπονήσεων που δέχεται το έμβολο από υψηλές θερμοκρασίες και ισχυρές τάσεις τα υλικά κατασκευής θα πρέπει να έχουν τις εξής ιδιότητες:

- I. Μικρή πυκνότητα, άρα μειωμένο βάρος (μείωση των δυνάμεων αδρανείας).
- II. Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.
- III. Πολύ μικρή θερμική διαστολή (διατήρηση ανοχών).
- IV. Ελάχιστη αντίσταση τριβής.
- V. Μεγάλη αντοχή στην φθορά από διάβρωση.

Στις Ναυτικές μηχανές το έμβολο αποτελείται από δύο ή περισσότερα τμήματα που τα βασικότερα είναι η κεφαλή και η προέκταση της (ποδιά) . Η κεφαλή είναι το ανώτερο τμήμα του εμβόλου και καταπονείται πιο έντονα. Εσωτερικά υπάρχει διαμόρφωση για κυκλοφορία λαδιού ή νερού ψύξης. Η ποδιά υπάρχει σε όλες τις μηχανές εκτός και αν υπάρχει βάκτρο. Η κεφαλή στα διαιρούμενα έμβολα προσαρμόζεται με την βοήθεια φυτευτών κοχλιών στο επάνω τμήμα του κορμού του εμβόλου. Η σύνδεση του εμβόλου με τον διωστήρα πραγματοποιείται με την βοήθεια ενός πείρου, ο οποίος εργάζεται σε κατάλληλη διαμόρφωση στο εσωτερικό του εμβόλου και επιτρέπει την ελεύθερη σχετική κίνηση της κεφαλής του διωστήρα. Ο πείρος του εμβόλου είναι κυλινδρικός , κοίλος άξονας , κατασκευασμένος από χάλυβα υψηλής αντοχής, με λεία εξωτερική επιφάνεια και κατεργασία επιφανειακής σκλήρυνσης. Όλη η παραγόμενη ισχύς μεταφέρεται μέσω του πείρου στον διωστήρα. Στις μηχανές με βάκτρο και ζύγωμα δεν υπάρχει πείρος επί του εμβόλου ενώ το έμβολο συνδέεται σταθερά με το βάκτρο.

ΕΛΑΤΗΡΙΑ ΕΜΒΟΛΩΝ

Τα ελατήρια του εμβόλου εξασφαλίζουν την απαραίτητη στεγανοποίηση του χώρου καύσεως, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή συμπίεση του αέρα , να αποφεύγεται η διαφυγή καυσαερίων προς τον στροφαλοθάλαμο και να αποτρέπεται η εκροή λαδιού λίπανσης στο χώρο καύσης. Τοποθετούνται περιμετρικά σε ειδικές εγκοπές που έχει το έμβολο. Τα ελατήρια διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

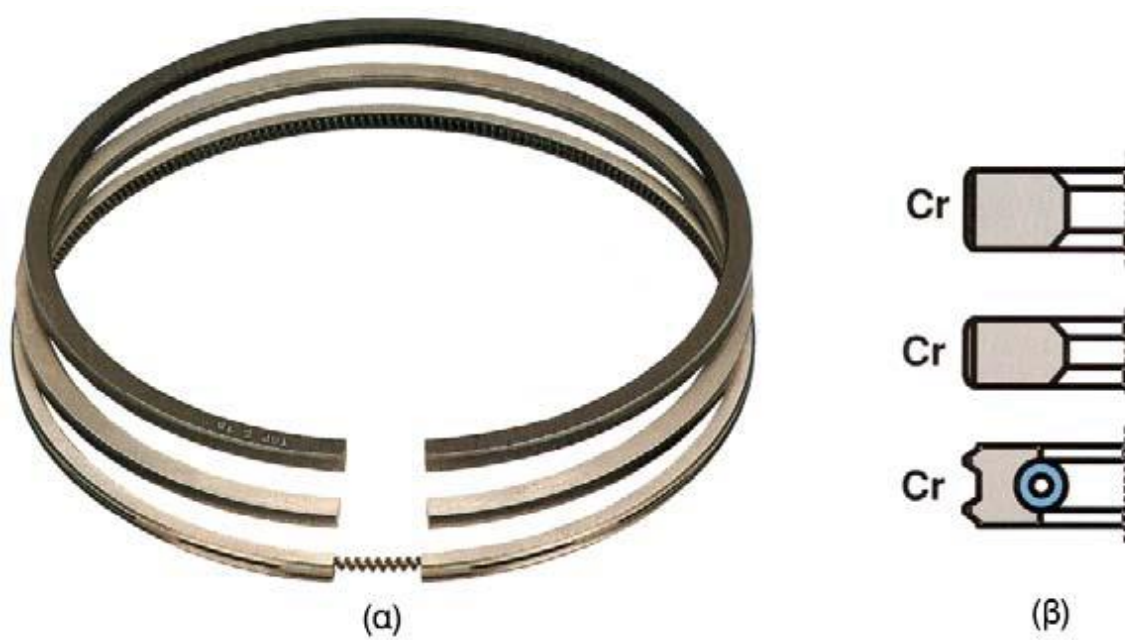
1. Ελατήρια συμπίεσης (στεγανοποιούν το θάλαμο καύσης).
2. Ελατήρια λαδιού (εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή λαδιού λίπανσης στον κύλινδρο και παρεμποδίζουν τη διαρροή του λαδιού να εισέλθει στο θάλαμο καύσης).

Τα ελατήρια του εμβόλου έχουν δακτυλιοειδή σχήμα μη ολοκληρωμένου κύκλου για να είναι δυνατή η τοποθέτησή τους στις εγκοπές του εμβόλου.

Στις Ναυτικές μηχανές τοποθετούνται από δύο έως πέντε ελατήρια συμπίεσης. Οι 4χρονες Ναυτικές μηχανές φέρουν συνήθως ένα έως δύο ελατήρια λαδιού ενώ οι 2χρονες με βάκτρο συνήθως δεν έχουν ελατήρια λαδιού και η λειτουργία της λίπανσης γίνεται με τα ελατήρια συμπίεσης σχήμα 3.6α, σχήμα 3.6β



Σχήμα 3.6α : Ελατήρια εμβόλων



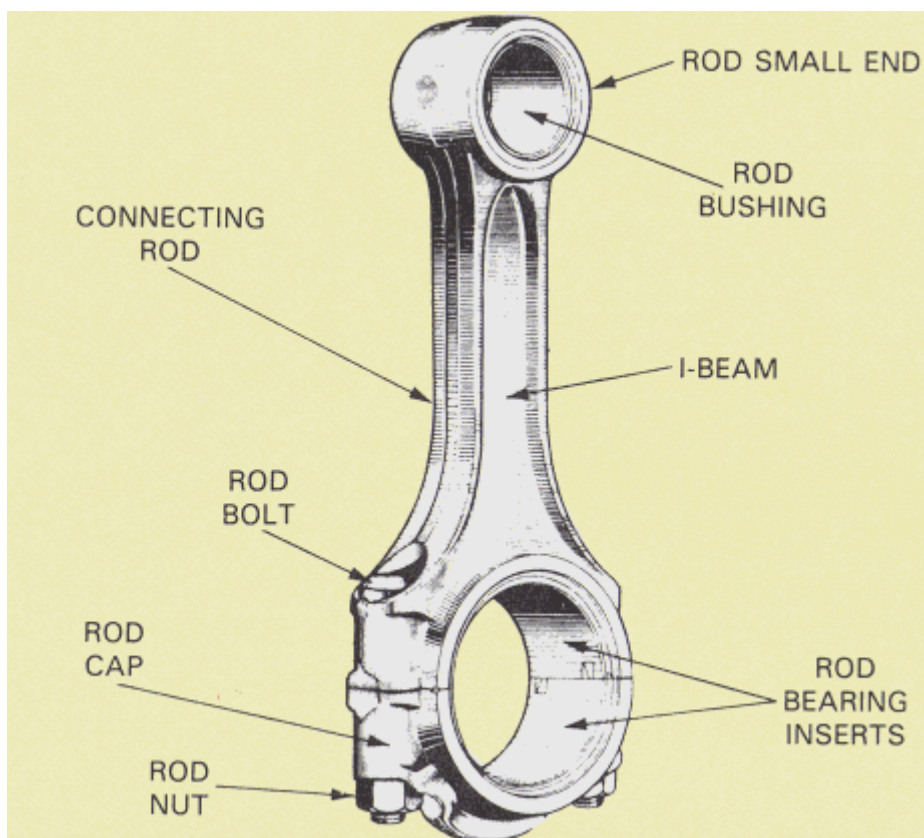
Σχήμα 3.6β : Ελατήρια εμβόλων

3.4.6 ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ (CONNECTING ROD)

Ο διωστήρας όπως φαίνεται στο σχήμα 3.7 είναι το τμήμα της μηχανής που σκοπό έχει να μετατρέψει την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου ή του βάκτρου (σε μεγάλες μηχανές) σε περιστροφική κίνηση και να την μεταφέρει στον στροφαλοφόρο άξονα . Φέρει στα δύο άκρα του οπές για να συνδέεται αφενός μεν με τον πείρο του εμβόλου(ή το κομβίο του ζυγώματος) και αφετέρου με το κομβίο του στροφάλου. Στις δύο οπές προσαρμόζονται διαιρούμενοι τριβείς, οι οποίοι είναι υπενδεδυμένοι συνήθως με λευκό μέταλλο. Εσωτερικά ο διωστήρας φέρει αγωγούς που μέσω αυτών το λιπαντικό υγρό μεταφέρεται στο εσωτερικό των τριβέων.

Στους διωστήρες διακρίνονται τα παρακάτω μέρη:

1. Την κεφαλή. Είναι το ανώτερο τμήμα στο οποίο συνδέεται με το έμβολο μέσω του πείρου του.
2. Το στέλεχος. Είναι η δοκός που συνδέει την κεφαλή με το πόδι.
3. Το πόδι. Είναι αυτό που σχηματίζει τη βάση του εδράνου ολίσθησης του διωστήρα το οποίο περιβάλλει το κομβίο του στροφάλου. Είναι πάντα διαιρούμενο και αποτελείται από δύο κελύφη όπου μέσα σε αυτά τοποθετείται το έδρανο.



Σχήμα 3.7 : Μέρη ενός διωστήρα

3.4.7 ΒΑΚΤΡΟ - ΖΥΓΩΜΑ- ΣΤΥΠΕΙΟΘΛΙΠΤΗΣ

Βάκτρο

Το βάκτρο μαζί με το ζύγωμα τα βλέπουμε στις 2χρονες αργόστροφες μηχανές μεγάλης ισχύος. Πρόκειται για ένα χαλύβδινο βραχίονα, του οποίου το ένα άκρο συνδέεται με το ζύγωμα και το άλλο συνδέεται σταθερά στο κάτω μέρος του εμβόλου. Η κίνηση του εμβόλου (ευθύγραμμη) μεταδίδεται ως ευθύγραμμη ως το ζύγωμα, όπου συνδέεται ο διωστήρας με το βάκτρο επιτυγχάνοντας τα εξής:

- Δεν μεταφέρονται πλάγιες κινήσεις στο έμβολο από τον διωστήρα, αλλά στο ζύγωμα, άρα υπάρχει μείωση φθορών στο έμβολο και στο χιτώνιο.
- Μείωση του πλάτους άρα και του όγκου της μηχανής.
- Στεγανοποίηση του χώρου κάτω από το έμβολο (Στυπαιοθλίπτης) οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί

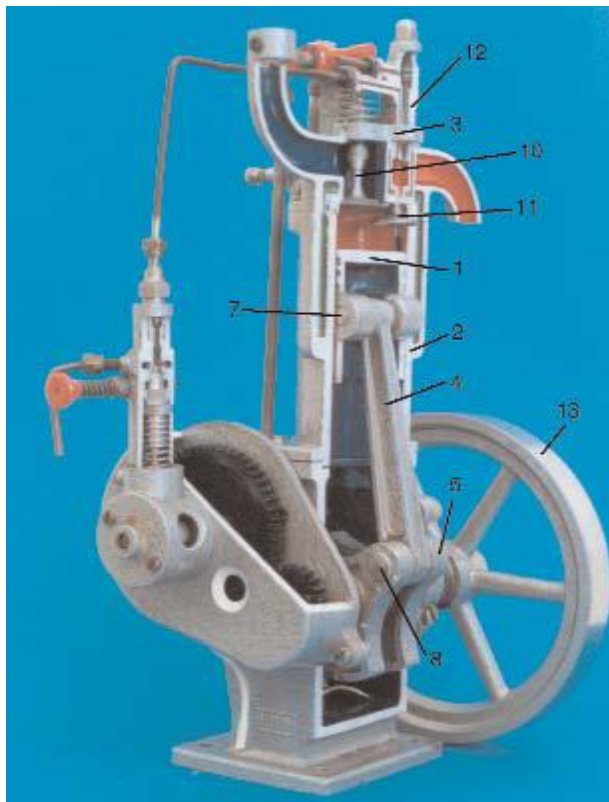
Ζύγωμα

Το ζύγωμα είναι ένας ολισθητήρας για την μετάδοση της κίνησης από το βάκτρο ως το διωστήρα. Ολισθαίνει κατακόρυφα πάνω σε οδηγούς (ευθυτήρες) του σώματος της μηχανής και παραλαμβάνει πλάγιες δυνάμεις που προέρχονται από την κίνηση του διωστήρα. Κατασκευάζεται από χάλυβα και φέρει ειδικό κομβίο πάνω στο οποίο προσαρμόζονται οι τριβείς της κεφαλής του διωστήρα.

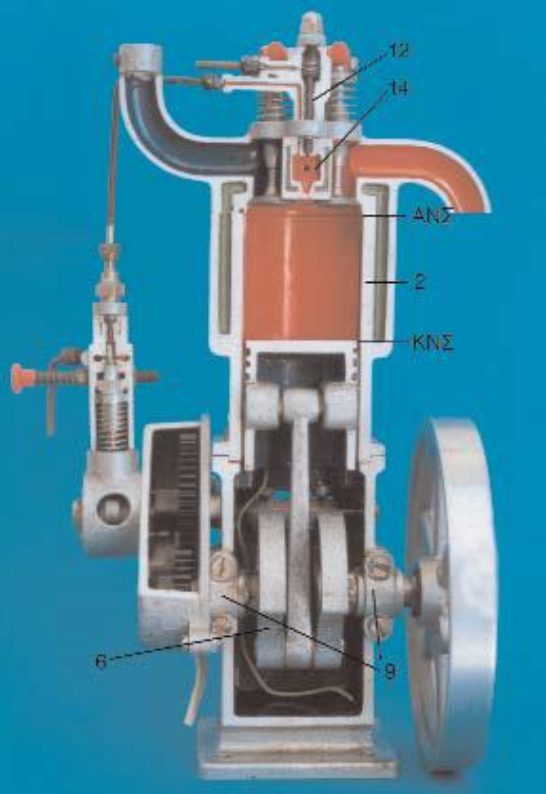
Στυπαιοθλίπτης

Ο Στυπαιοθλίπτης τοποθετείται στο μεταλλικό διάφραγμα στον πυθμένα του κιβώτιου σάρωσης. Το βάκτρο παλινδρομεί μέσα στον στυπαιοθλίπτη ο οποίος δεν επιτρέπει να διαφύγει ο αέρας σάρωσης προς τον προθάλαμο ή να περνά λάδι από τον προθάλαμο προς το χώρο σάρωσης. Γι αυτό τον λόγο ο στυπαιοθλίπτης φέρει στεγανωτικούς δακτύλιους και δακτύλιους απόξεσης λαδιού. Οι στεγανωτικοί δακτύλιοι συγκρατούνται γύρω από το βάκτρο με εξωτερικά ελατήρια.

3.5 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΟΚΥΛΙΝΔΡΗΣ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ



Σχήμα 3.8α Απλή μονοκύλινδρη εμβολοφόρος MEK σε τομή (πλάγια όψη)



Σχήμα 3.8β Απλή μονοκύλινδρη εμβολοφόρος MEK σε τομή (λοξή πλάγια όψη)

Η αρχή λειτουργίας των εμβολοφόρων παλινδρομικών μηχανών εσωτερικής καύσης συνίσταται στην μετατροπή της θερμικής ενέργειας που εκλύεται από την καύση του καυσίμου μέσα σε κατάλληλο διαμορφωμένο κλειστό χώρο (θάλαμος καύσης) σε μηχανικό έργο μέσω κατάλληλων εξαρτημάτων και μηχανισμών. Η εκλυόμενη θερμική ενέργεια επειδή πραγματοποιείται μέσα σε κλειστό χώρο έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας των καυσαερίων. Η πίεση που αναπτύσσεται μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο μέσω της ελεγχόμενης μεταβολής του όγκου του θαλάμου καύσεως. Αυτό επιτυγχάνεται με την κίνηση του εμβόλου (piston) (1) εντός του κυλίνδρου (cylinder) (2) της μηχανής. Η άνω επιφάνεια του εμβόλου (όταν αυτό βρίσκεται στο ανώτερο σημείο του) Τα εσωτερικά τοιχώματα του κυλίνδρου και το πώμα (καπάκι –cylinder head) (3) του κυλίνδρου ορίζουν τον θάλαμο καύσης. Η ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική μέσω κατάλληλου ενός μηχανισμού που αποτελείται από το διωστήρα (connecting rod) (4) και τον στρόφαλο (5) ο οποίος αποτελεί τμήμα του στροφαλοφόρου άξονα (6) της μηχανής. Ο διωστήρας συνδέεται από το άκρο του στο έμβολο με κατάλληλο πείρο. (7) Στο κάτω άκρο του συνδέεται με τη βοήθεια κατάλληλου εδράνου στο κομβίο (8) του στροφαλοφόρου άξονα, ο οποίος στηρίζεται και στα δύο άκρα του στα έδρανα της βάσης (9). Η περιστροφική κίνηση του στροφάλου και το διπλάσιο της ακτίνας του ορίζουν τις δυο ακραίες θέσεις μετακίνησης του εμβόλου, οι οποίες ονομάζονται Άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) (top dead center) και Κάτω νεκρό σημείο (ΚΝΣ) (bottom dead center). Η απόσταση μεταξύ των δυο αυτών σημείων ονομάζεται Διαδρομή (s)(stroke) του εμβόλου. Ο όγκος του κυλίνδρου που περιέχεται μεταξύ των άνω επιφανειών του εμβόλου (ΑΝΣ) και στο

(ΚΝΣ) ονομάζεται όγκος εμβολισμού (V_h) και ισούται με το γινόμενο της διαδρομής του εμβόλου επί το εμβαδό της διατομής του κυλίνδρου. Ο όγκος του κυλίνδρου που περιέχεται μεταξύ της άνω επιφάνειας του εμβόλου στο ΑΝΣ και της κάτω επιφάνειας του πώματος ονομάζεται όγκος θαλάμου καύσης ή επιζήμιος όγκος (V_c). Το πώμα του κυλίνδρου φέρει κατάλληλους αγωγούς, από τους οποίους εισέρχεται ο αέρας στον κύλινδρο και εξέρχονται τα καυσαέρια. Η ρύθμιση της ροής μέσα από τους αγωγούς πραγματοποιείται με κατάλληλο άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων (valves). Ανάλογα με τη λειτουργία τους διακρίνονται σε βαλβίδες εισαγωγής (intake valves) του αέρα ή του μείγματος αέρα – καυσίμου (10) και βαλβίδες εξαγωγής (exhaust valves) των καυσαερίων (11). Το καύσιμο εισέρχεται στον κύλινδρο, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής, είτε μαζί με αέρα είτε ψεκαζόμενο κατευθείαν εντός του κυλίνδρου μέσω εγχυτήρα (injection valve) (12) είτε ψεκαζόμενο σε προθάλαμο καύσης (14). Το έργο από την εκτόνωση των καυσαερίων παράγεται κατά την μετακίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ. Η μετακίνηση του εμβόλου μεταξύ των νεκρών σημείων, έξτος από την διαδρομή κατά την εκτόνωση των καυσαερίων, απαιτεί και την κατανάλωση έργου. Το έργο αυτό παρέχεται από τον σφόνδυλο (flywheel) (13) ο οποίος συνδέεται με τον στροφαλοφόρο άξονα. Λόγω της μεγάλης μάζας και της περιστροφής του κινητήρα ο σφόνδυλος αποταμιεύει ενέργεια κατά την εκτόνωση των καυσαερίων την οποία αποδίδει για τις υπόλοιπες μετακινήσεις του εμβόλου. Ο κύκλος λειτουργίας της μηχανής περιλαμβάνει τη διαδικασία εισαγωγής του ατμοσφαιρικού αέρα (ή του μείγματος αέρα – καυσίμου) μέσα στον κύλινδρο, τη συμπίεση του, την εισαγωγή του καυσίμου, τη διαδικασία της καύσης, την εκτόνωση των καυσαερίων και τέλος την εξαγωγή τους στο περιβάλλον. Οι διεργασίες αυτές ανάλογα με τον τύπο της μηχανής πραγματοποιούνται σε δύο ή τέσσερις διαδρομές του εμβόλου (χρόνους) δηλαδή σε μία ή δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα (δίχρονη – τετράχρονη). Η ρύθμιση της ισχύος και του αριθμού των στροφών της μηχανής συναρτάται με την παροχή καυσίμου στον κινητήρα.

3.6 ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗΣ

Η τετράχρονη πετρελαιομηχανή ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας της σε τέσσερις φάσεις και σε τέσσερις χρόνους (διαδρομές εμβόλου μεταξύ άνω και κάτω νεκρού σημείου). Η διαδικασία ολοκλήρωσης ενός κύκλου λειτουργίας τετράχρονης μηχανής (4X) αντιστοιχεί σε δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα (720° γωνία στροφάλου).

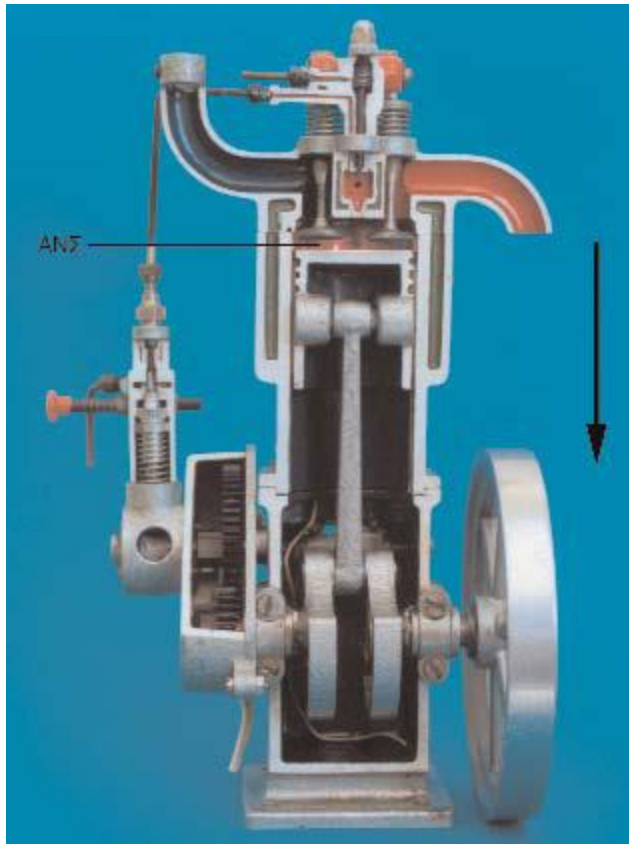
Οι φάσεις λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής είναι οι εξής:

- Εισαγωγή
- Συμπίεση
- Καύση-εκτόνωση
- Εξαγωγή καυσαερίων

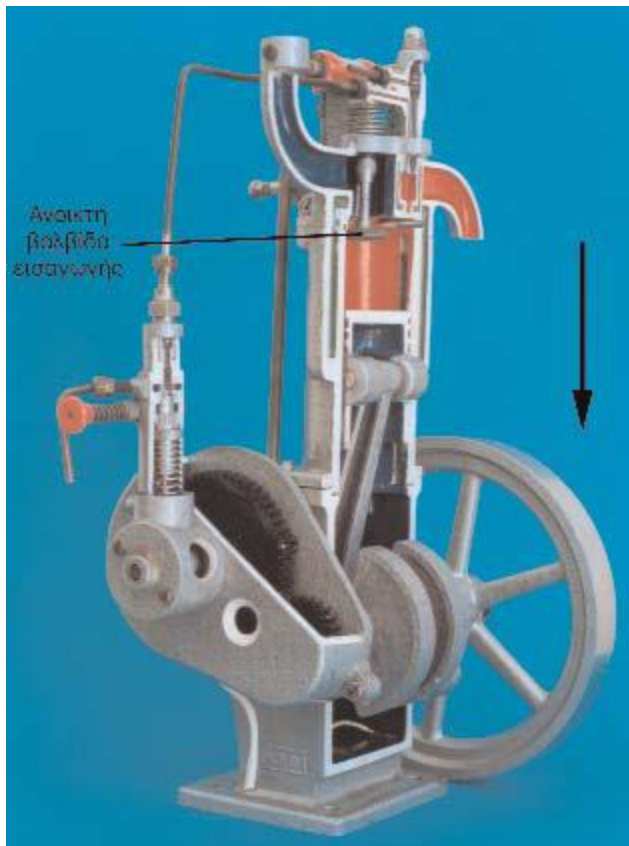
α) Εισαγωγή

Η εισαγωγή αποτελεί την πρώτη φάση λειτουργίας της μηχανής. Αρχικά το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ σχήμα 3.9α ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, ενώ η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή. Καθώς το έμβολο κινείται από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ, αυξάνεται ο όγκος στο εσωτερικό του κυλίνδρου και ταυτόχρονα μειώνεται η πίεση. Ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται από την ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής στο εσωτερικό του κυλίνδρου, λόγω της υψηλότερης εξωτερικής πίεσης, καταλαμβάνοντας τον όγκο που ελευθερώνεται από το κατερχόμενο έμβολο σχήμα 3.9β η κίνηση αυτή του εμβόλου πραγματοποιείται αναγκαστικά, αντλώντας μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο, μέσω του στροφαλοφόρου άξονα και του διωστήρα. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ,

ολοκληρώνεται η φάση της εισαγωγής, κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής, ενώ ολόκληρος ο όγκος του κυλίνδρου έχει γεμίσει με αέρα ατμοσφαιρικής πίεσης. Η κίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ κατά την φάση της εισαγωγής αποτελεί τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.



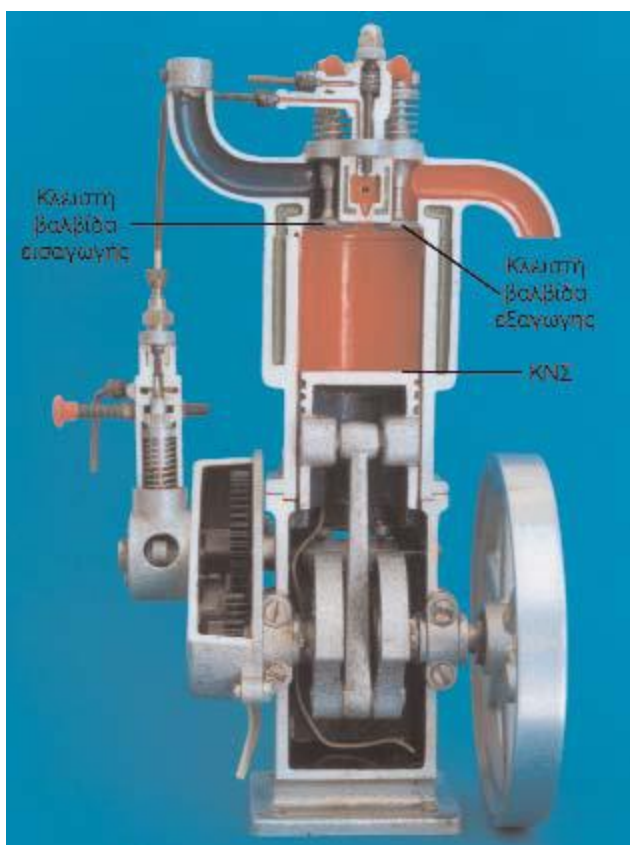
Σχήμα 3.9α : Το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ (αρχή πρώτου χρόνου) και ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής. Η βαλβίδα εξαγωγής είναι ακόμα ανοικτή. Η ύπαρξη χρόνου επικάλυψης στο άνοιγμα τους βελτιώνει την απόπλυση του κυλίνδρου.



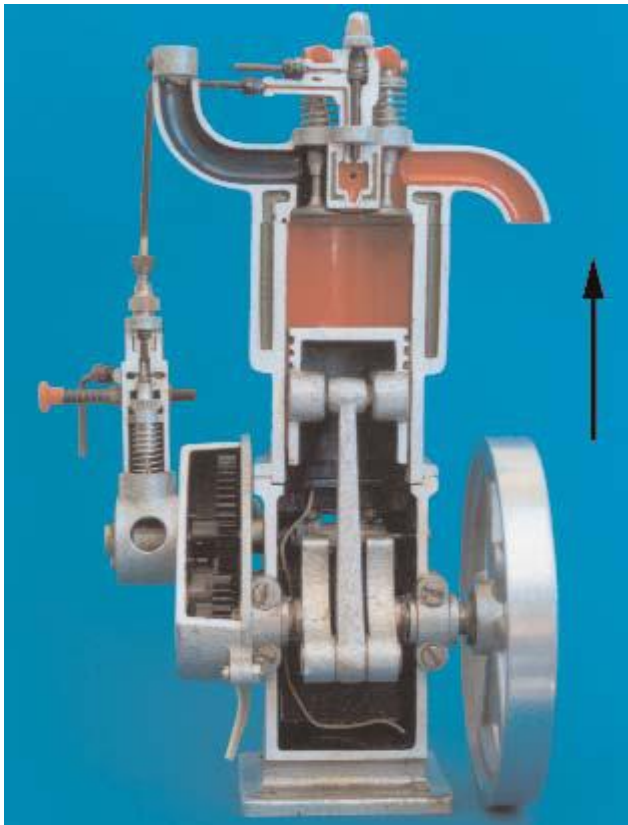
Σχήμα 3.9β : Στον πρώτο χρόνο το έμβολο κατερχόμενο προς το ΚΝΣ δημιουργεί υποπίεση και ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο από ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής. Η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή.

β) Συμπίεση

Η φάση της συμπίεσης ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΚΝΣ και η βαλβίδα εισαγωγής και εξαγωγής κλειστές, ώστε να επιτυγχάνεται στεγανοποίηση του κυλίνδρου σχήμα 3.9γ. καθώς το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, μειώνει τον όγκο του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα να αυξάνει η πίεση του περιεχόμενου αέρα μαζί με την θερμοκρασία του σχήμα 3.9δ. Όταν πλέον το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ ο όγκος του αέρα έχει περιοριστεί στον επιζήμιο όγκο μεταξύ πώματος και εμβόλου. Ο λόγος του αρχικού όγκου του κυλίνδρου προς τον τελικό όγκο του κυλίνδρου στη φάση της συμπίεσης ονομάζεται **βαθμός συμπίεσης της μηχανής**. Το έμβολο κατά την φάση της συμπίεσης κινείται όπως και στην προηγούμενη φάση της εισαγωγής, αντλώντας μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο. Η κίνηση του εμβόλου από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ κατά την φάση της συμπίεσης αποτελεί το δεύτερο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.



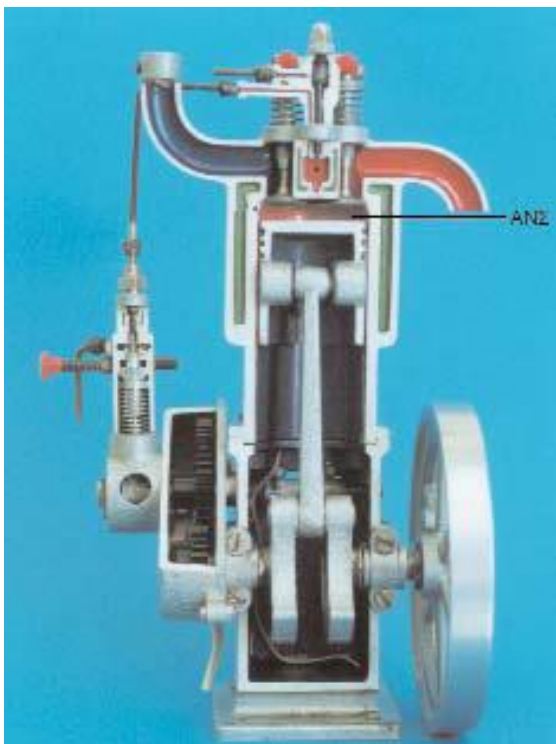
Σχήμα 3.9γ : Το έμβολο βρίσκεται στο ΚΝΣ έχει κλείσει η βαλβίδα εισαγωγής, έχει τελειώσει ο πρώτος χρόνος και αρχίζει η συμπίεση του αέρα.



Σχήμα 3.9δ : Το έμβολο ανερχόμενο προς το ΑΝΣ συμπιέζει τον αέρα εντός του κυλίνδρου (δεύτερος χρόνος)

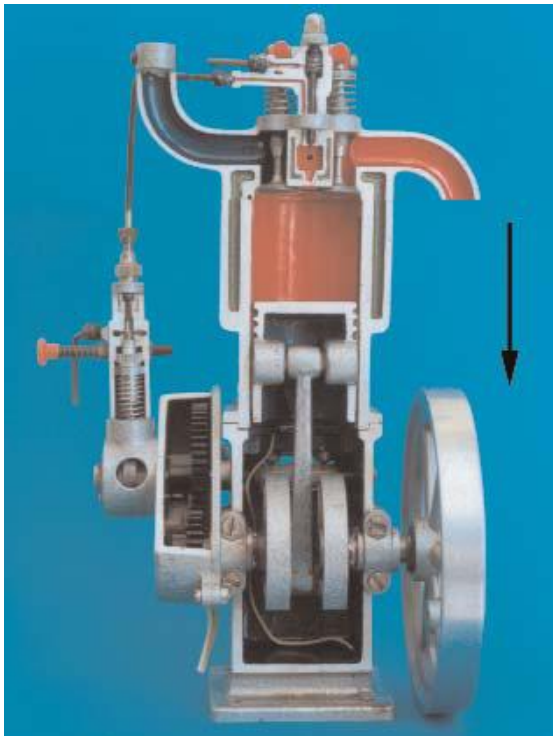
γ) Καύση – Εκτόνωση

Η Τρίτη φάση λειτουργίας ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΑΝΣ και την βαλβίδα εισαγωγής και εξαγωγής κλειστές σχήμα 3.9ε. Ο αέρας εντός του επιζήμιου όγκου βρίσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία και το καύσιμο (πετρέλαιο) ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο από τον εγχυτήρα (μπέκ) με την μορφή νέφους μικροσκοπικών σταγονιδίων. Το πετρέλαιο αναμιγνύεται με τον αέρα και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας αυταναφλέγεται. Η καύση του μίγματος αέρα πετρελαίου ελευθερώνει σημαντικά ποσά θερμότητας, αυξάνοντας την θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο. Η ιδιαίτερα αυξημένη πίεση των καυσαερίων ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ σχήμα 3.9στ.



Σχήμα 3.9ε : Το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ (τέλος δεύτερου χρόνου) ο αέρας έχει συμπιεστεί και το καύσιμο ψεκάζεται εντός του θαλάμου καύσεως. Η υψηλή θερμοκρασία και η πίεση προκαλούν την ανάφλεξη του.

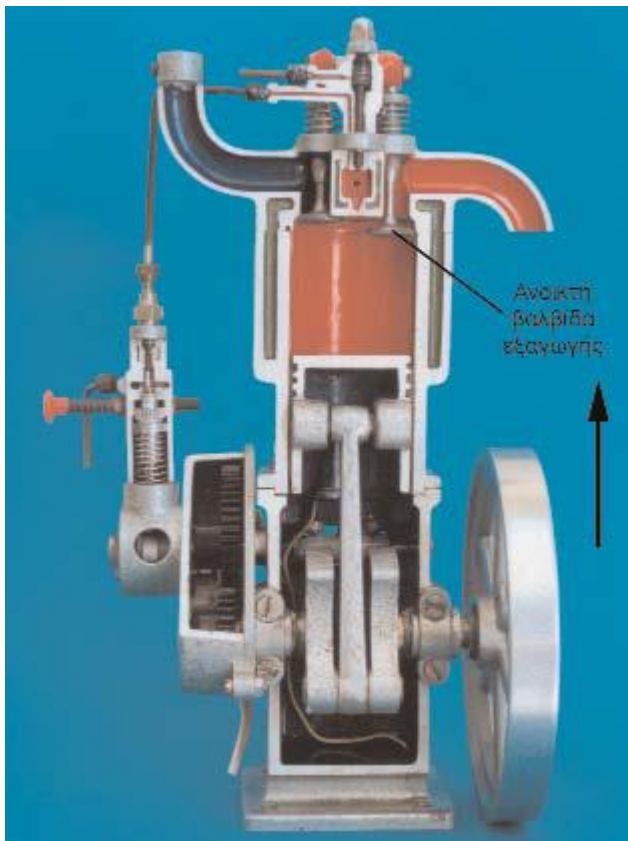
Το έμβολο μεταδίδει την κίνηση στον διωστήρα, ο οποίος με την σειρά του κινεί τον στρόφαλο, μετατρέποντας την ευθύγραμμη κίνηση σε περιστροφική. Με την άφιξη του εμβόλου στο ΚΝΣ τελειώνει η τρίτη φάση λειτουργίας, η οποία είναι και η μοναδική ενεργή φάση, δηλαδή η μοναδική περίοδος που παράγεται μηχανικό έργο. Ένα τμήμα του έργου αυτού αποθηκεύεται στον σφόνδυλο με την μορφή κινητικής ενέργειας, ενώ το υπόλοιπο αποδίδεται προς χρήση. Η κίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ κατά την φάση της καύσης – εκτόνωσης αποτελεί τον τρίτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα.



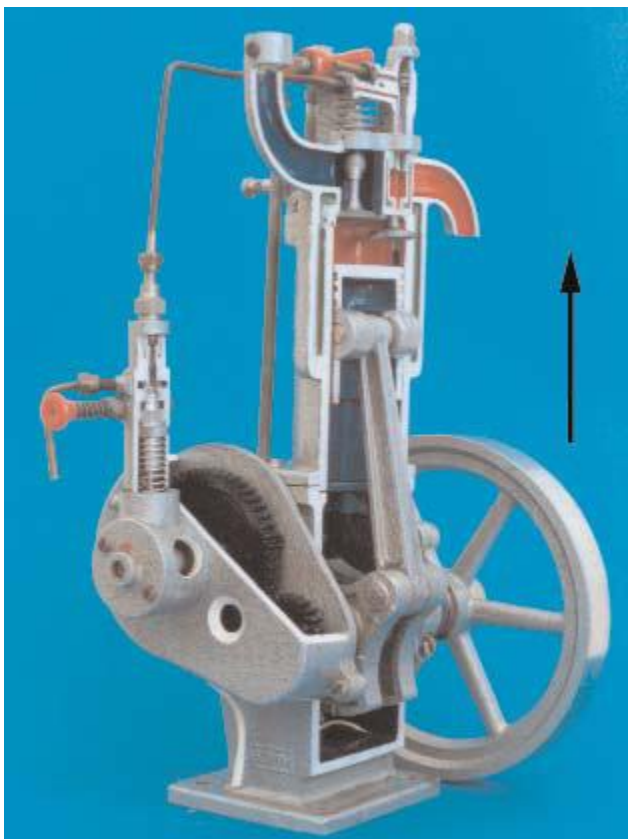
Σχήμα 3.9στ : Η εκτόνωση των καυσαερίων ωθεί το έμβολο προς το ΚΝΣ παράγοντας έργο (τρίτος χρόνος).

δ) Εξαγωγή καυσαερίων

Η τέταρτη και τελευταία φάση λειτουργίας ξεκινά με το έμβολο να βρίσκεται στο ΚΝΣ σχήμα 3.9ζ. Με την έναρξη της ανόδου του προς το ΑΝΣ ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής , ενώ η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει κλειστή σχήμα 3.9στ. Λόγω της υψηλότερης πίεσης που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο (σε σχέση με την εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση)και της εξαναγκασμένης κίνησης του εμβόλου προς το ΑΝΣ τα καυσαέρια ωθούνται προς την ατμόσφαιρα ,διερχόμενα μέσα από την ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής και τον αγωγό εξαγωγής. Η φάση της εξαγωγής ολοκληρώνεται , όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ ,οπότε κλείνει και η βαλβίδα εξαγωγής. Και αυτή η φάση πραγματοποιείται επειδή το έμβολο αντλεί μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο. Η κίνηση του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ κατά τη φάση της εξαγωγής αποτελεί τον τέταρτο χρόνο λειτουργίας του κινητήρα , ολοκληρώνοντας έτσι ένα θεωρητικό κύκλο λειτουργίας τετράχρονης πετρελαιομηχανής.



Σχήμα 3.9ζ : Στον τέταρτο χρόνο λειτουργίας κατά την άνοδο του εμβόλου από το ΚΝΣ προς το ΑΝΣ ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και τα καυσάερια εξέρχονται του κυλίνδρου.



Σχήμα 3.9η : Η εξώθηση των καυσαερίων από το έμβολο πραγματοποιείται αντλώντας έργο από το σφόνδυλο της μηχανής (τέταρτος χρόνος).

3.7 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗΣ

Στη θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης εμβολοφόρου πετρελαιομηχανής οι τέσσερις φάσεις ταυτίζονται χρονικά με τους τέσσερις χρόνους λειτουργίας. Αντίθετα κατά την πραγματική λειτουργία οι φάσεις λειτουργίας που παρουσιάστηκαν δεν οριοθετούνται από το ΑΝΣ και το ΚΝΣ και συνεπώς δεν ταυτίζονται με τους αντίστοιχους χρόνους. Το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής και εξαγωγής δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στιγμιαία στα νεκρά σημεία για μηχανικούς λόγους. Παράλληλα ,οι χρονικές στιγμές ολοκλήρωσης των παραπάνω κινήσεων των βαλβίδων δεν συμπίπτουν με την παρουσία του εμβόλου στα νεκρά σημεία για θερμοδυναμικούς λόγους. Επίσης η έγχυση του καυσίμου δεν πραγματοποιείται στιγμιαία ούτε ξεκινά στο ΑΝΣ. Έτσι η λειτουργία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο πρέπει να αντικατασταθεί με μια λειτουργία πιο κοντά στην πραγματικότητα.

α) Εισαγωγή

Το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής έχει ήδη ξεκινήσει αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ στο τέλος της φάσης εξαγωγής του προηγούμενου κύκλου λειτουργίας. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ , η βαλβίδα εισαγωγής είναι πλήρως ανοικτή .οπότε με την έναρξη της καθόδου του εμβόλου προς το ΚΝΣ , έχει μεγιστοποιηθεί η διατομή του αγωγού εισαγωγής για τη διευκόλυνση της ροής του αέρα προς τον κύλινδρο. Το πλήρες κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής πραγματοποιείται αρκετές μοίρες μετά το ΚΝΣ .αν το έμβολο έχει ήδη αρχίσει να ανεβαίνει προς το ΑΝΣ η αδράνεια του εισερχόμενου αέρα επιτρέπει σε αυτόν να εισέρχεται στον κύλινδρο από τις ανοικτές βαλβίδες εισαγωγής. Καθώς ο εισερχόμενος αέρας έρχεται σε επαφή με τις θερμές επιφάνειες της μηχανής αυξάνεται η θερμοκρασία του ,με αποτέλεσμα να μειωθεί η πυκνότητα του. Έτσι τελικά , μικρότερη μάζα αέρα καταλαμβάνει τον όγκο του κυλίνδρου σε σχέση με τη μάζα που θα εισέρεε στην ιδανική περίπτωση.

β) Συμπίεση

Η συμπίεση του αέρα αρχίζει με το σταδιακό κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής ,ενώ η βαλβίδα εξαγωγής είναι ήδη κλειστή. Προφανώς η έναρξη της φάσης πραγματοποιείται αρκετές μοίρες μετά το ΚΝΣ. Η αύξηση της πίεσης μέσα στον κύλινδρο συνοδεύεται από αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα .Η τελική πίεση στο τέλος της φάσης μπορεί να φτάσει στα 160 bar (για υπερπληρούμενες μεσόστροφες πετρελαιομηχανές).

γ) Καύση – Εκτόνωση

Η έγχυση του καυσίμου ξεκινά αρκετές μοίρες πριν το ΑΝΣ (8° έως 10° για τις αργόστροφες και μέχρι 25° για τις πολύστροφες μηχανές) ,ενώ ολοκληρώνεται από 10° έως και 25° μετά το ΑΝΣ για τις αργόστροφες και τις πολύστροφες μηχανές αντίστοιχα. Η καύση ξεκινά με την έγχυση του καυσίμου και διαρκεί σχεδόν μέχρι το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής, ως αποτέλεσμα της χρήσης του πετρελαίου ως καυσίμου. Οι χρονικές στιγμές έναρξης και ολοκλήρωσης της έγχυσης του καυσίμου στον κύλινδρο ρυθμίζονται με τρόπο ώστε να προκύπτει ομαλή ταχύτητα καύσης και η μέγιστη τιμή της πίεσης στον κύλινδρο να εμφανίζεται λίγες μοίρες (10° έως 20°) μετά το ΑΝΣ.

δ) Εξαγωγή καυσαερίων

Η βαλβίδα εξαγωγής αρχίζει να ανοίγει αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ (30° έως 50° στις μη υπερπληρούμενες και 45° έως 70° στις υπερπληρούμενες μηχανές) Με το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής μειώνεται ταχύτερα η πίεση εντός του κυλίνδρου ,λόγω της εξόδου των καυσαερίων. Η μείωση αυτή της πίεσης προκαλεί μείωση του έργου που θα μπορούσε να παράγει το έμβολο εάν ακολουθούσε μια πλήρη εκτόνωση των

καυσαερίων μέχρι το ΚΝΣ. Αντίθετα ,εάν δεν υπήρχε η έγκαιρη αυτή πτώση της πίεσης με το πρόωρο άνοιγμα της βαλβίδας ,θα χρειαζόταν περισσότερη ενέργεια για την εξώθηση των καυσαερίων στην επόμενη φάση της εξαγωγής. Κατά την έναρξη της εξαγωγής των καυσαερίων , η πίεση στον κύλινδρο έχει πέσει στ 3 έως 4 bar περίπου. Αντίστοιχα η θερμοκρασία των καυσαερίων έχει φτάσει στους 500 έως 600⁰ C. Η βαλβίδα εξαγωγής ,αφού παραμένει ανοιχτή καθ όλη τη διαδρομή του εμβόλου από το ΚΝΣ έως το ΑΝΣ, κλείνει αρκετές μοίρες μετά το ΑΝΣ και ενώ έχει αρχίσει η φάση της εισαγωγής. Για ένα διάστημα πριν και μετά το ΑΝΣ η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής συμπίπτουν σε ανοικτή θέση οπότε επιτυγχάνεται ο καλύτερος καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια. Επίσης με αυτόν τον τρόπο οι βαλβίδες και η κεφαλή του εμβόλου

4. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

4.1 ΕΥΡΕΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η μηχανή η οποία χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του εκπαιδευτικού μοντέλου είναι μια Ford Marmaid τεσσάρων κυλίνδρων ναυτικού τύπου η οποία για χρόνια εξυπηρετούσε τις ανάγκες ενός 10μετρου τρεχαντηριού. Η μηχανή αυτή παραχωρήθηκε από την Κονταξάκης Σ.-Τσικαλάκης Σ .Ο.Ε. (εταιρεία στην οποία είχα την τύχη να εργαστώ για μια διετία.) μαζί με την υδραυλική ρεβέρσα η οποία μετάδιδε την κίνηση στον άξονα της προπέλας. Η κατάσταση της μηχανής κατά την παραλαβή ήταν ακινησία για πάνω από 5 χρόνια έπειτα από βλάβη η οποία είχε παρουσιαστεί (πιθανώς κολλημένη) όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1. Η κατάσταση αυτή βέβαια δημιούργησε μια ακόμη πρόκληση γιατί θα έπρεπε να επιδιορθώσουμε την βλάβη μια και ο σκοπός ήταν να στρέψουμε την μηχανή έστω και με ηλεκτρικό κινητήρα. Όσον αφορά τα στοιχεία της μηχανής παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1:

SPECIFICATIONS	
ENGINE TYPE	MARMAID
MODEL NAME	MELODY
CYLYNDER No	4
BORE	107mm (4.22 Inch)
STROKE	115mm (4.52 Inch)
CAPACITY	4150cc (254cu.Inch)
COMPRESSION RATIO	16 to 1
FIRING ORDER	1.2.4.3
VALVE CLEARANCES INLET & OUTLET	0.38mm 0.015mm
MINIMUM OIL PREASSURE	2.8 bar @ 1600rpm 3.2 bar @ 2000rpm
LUBRICATION OIL PREASSURE	116 deg C°
OIL SUMP CAPACITY	9.1lt (16 pts)
FUEL PUMP TIMING	22 deg B.T.D.C
FUEL INJECTORS NOSE OPENING PREASSURE	205 +/- 5atm
ALTERNATOR BELT TENSION	13mm (0.5 Inch) In total free movement measured at midpoint on longer span between pulleys

Πίνακας 4.1 Χαρακτηριστικά της μηχανής



Σχήμα 4.1 : Η μηχανή στην αρχική της κατάσταση

4.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Για να καταφέρει κάποιος να αποσυναρμολογήσει, να επισκευάσει και να επανασυναρμολογήσει μια ΜΕΚ είναι απαραίτητα κάποια ειδικά εργαλεία. Στην κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου τα εργαλεία όπως και ο χώρος που έλαβαν μέρος όλες οι εργασίες παραχωρήθηκαν από την ΑΗΣ ΔΕΗ ΧΑΝΙΩΝ. Όσον αφορά τα εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν πρόκειται για :

Όσον αφορά την συναρμολόγηση των βαλβίδων για να επιτευχθεί απαιτείται ειδικό μηχάνημα τοποθέτησης και ανατοποθέτησης το οποίο δεν είναι ίδιο για όλων των ειδών

τις βαλβίδες. Στην περίπτωση της μηχανής αυτής δεν κατέστη δυνατόν να βρεθεί το συγκεκριμένο εργαλείο και έτσι χρειάστηκε να γίνει με αυτοσχεδιασμό. Στην πραγματικότητα χρησιμοποιήθηκε αντί του κατάλληλου εξολκέα, νταβίδι και σκύλα (σωληνο-κάβουρας).

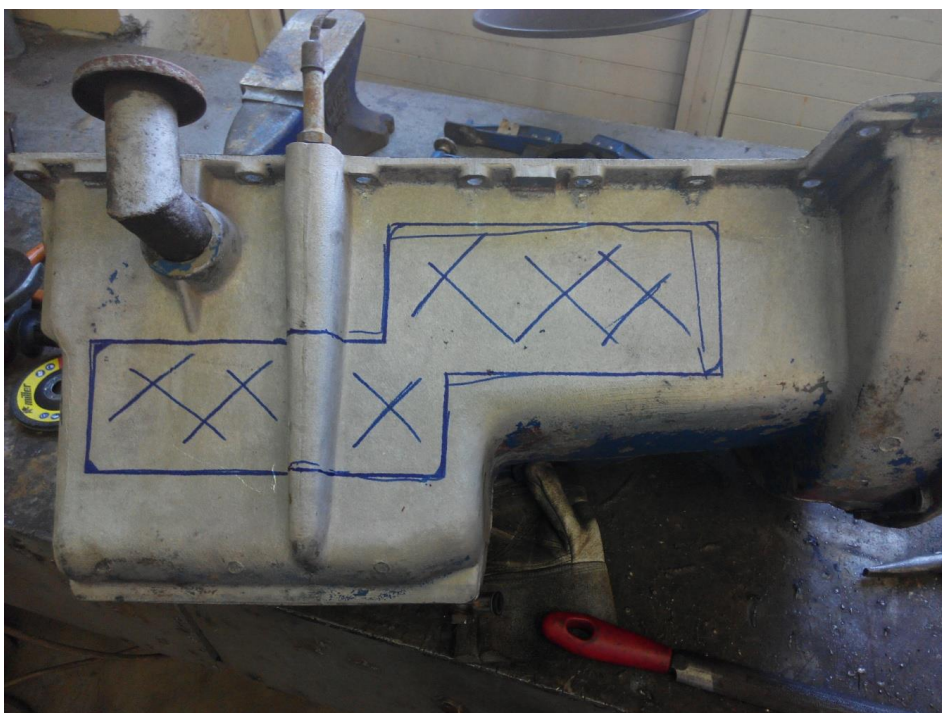
4.3 ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Η πρώτη φάση της αποσυναρμολόγησης του κινητήρα άρχισε με την αποσύνδεση όλων των περιφερειακών εξαρτημάτων και των κοχλιών που τα συγκρατούσαν. Το δεύτερο βήμα περιλάμβανε την αποσύνδεση της κεφαλής του κυλίνδρου από το σώμα και την εξαγωγή της ελαιολεκάνης και της υδραυλικής ρεβέρσας. Η αποσυναρμολόγηση της μονοκόμματης κυλινδροκεφαλής μας επέτρεψε να στρέψουμε χειροκίνητα τον κινητήρα και να διαπιστώσουμε βλάβη σε 2 από τους 4 κυλίνδρους. Ήταν κολλημένοι πράγμα που σήμαινε ότι έπρεπε να ξεκολλήσουν με κατάλληλο τρόπο ώστε να διορθωθεί η βλάβη.

4.4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΟΜΕΣ ΣΕ ΣΩΜΑ , ΚΥΛΙΝΔΡΟ , ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗ

Μετά την αποσυναρμολόγηση του καπακιού , της ρεβέρσας και της ελαιολεκάνης από το σώμα του κυλίνδρου σειρά είχε το προσεχτικό καθάρισμα με ζεστό νερό και κατάλληλο διαβρωτικό του καθενός εξαρτήματος ξεχωριστά. Αρχικά και αμέσως μετά τον καθαρισμό σχεδιάστηκαν με μαρκαδόρο οι τομές που θα έπρεπε να γίνουν στα τρία μέρη με γνώμονα πάντα την αποκάλυψη όσον το δυνατόν περισσότερων σημείων του εσωτερικού αλλά και την δυνατότητα επανασυναρμολόγησης του κινητήρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αμέσως μετά την πρώτη τομή στο σώμα των κυλίνδρων παρατηρήθηκε απόκλιση απ' τα κέντρα των τρυπών του σώματος κυλίνδρων με την κυλινδροκεφαλή αλλά και αλλαγή της ευθυγράμμισης του στροφαλοφόρου άξονα. Προχωρώντας σταδιακά το κόψιμο του σώματος καταλήξαμε στο σημείο αυτό όπως φαίνεται στην σχήμα 4.2. Σειρά είχε η ελαιολεκάνης (Κάρτερ) και τέλος η κυλινδροκεφαλή. Όσον αφορά την τελευταία αποφασίστηκε να μη γίνει τομή για δυο λόγους: ένας εξ αυτών είναι η απόκλιση από το σώμα των κυλίνδρων ,που είχαμε παρατηρήσει αλλά και το ότι από τις τρύπες της εξαγωγής των καυσαερίων αποκαλύπτεται η λειτουργία των βαλβίδων ,οπότε θεωρήθηκε επαρκές. Οι τελικές τομές φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Σχήμα 4.2 : Σχεδίαση τομών πριν την κοπή



Σχήμα 4.3 : Το Κάρτερ μετά τις τομές



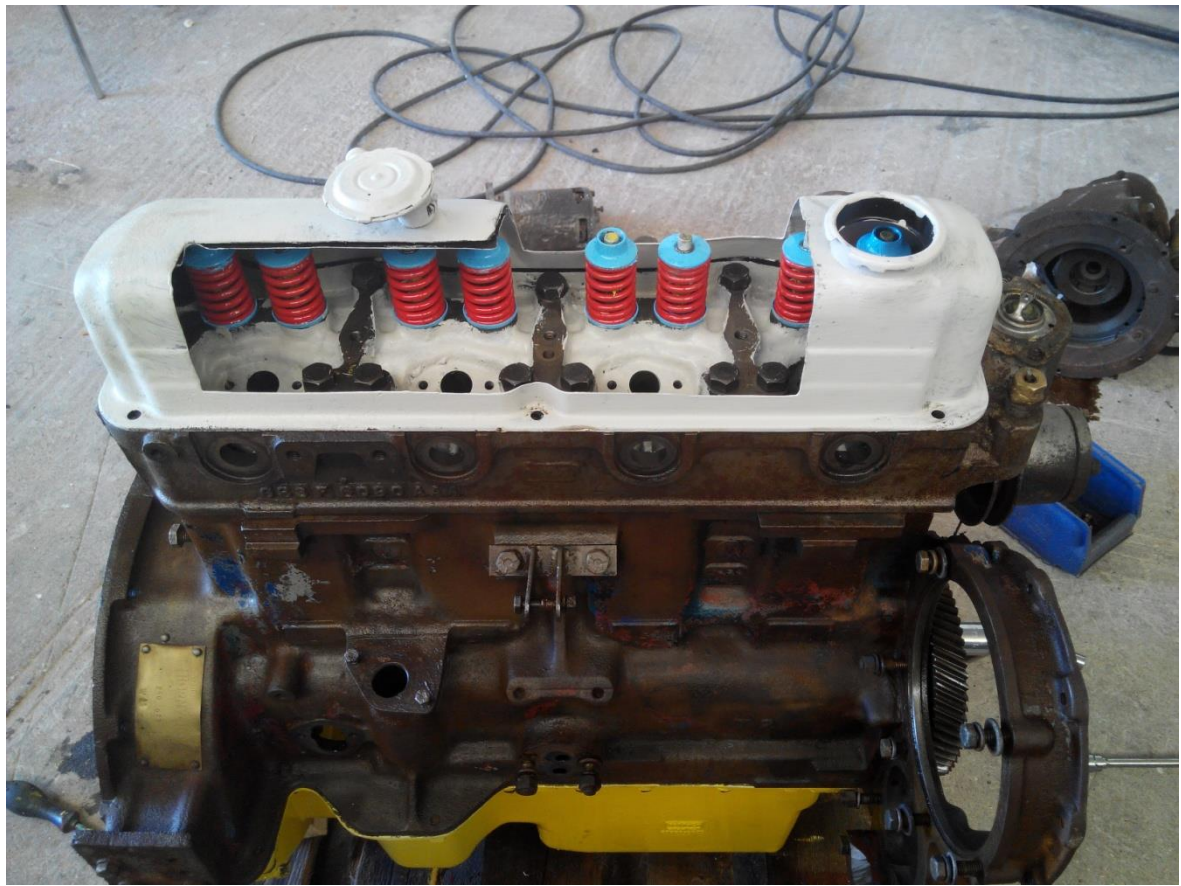
Σχήμα 4.4 : Τομές στο σώμα των κυλίνδρων

4.5 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗ

Όσον αφορά τις βαλβίδες μετά τον καθαρισμό της κυλινδροκεφαλής παρατηρήθηκε ότι ήταν σχεδόν στο σύνολό τους κολλημένες οπότε θα έπρεπε να αποσυναρμολογηθούν, να ξεκολλήσουν, να καθαριστούν, να βαφτούν και να επανασυναρμολογηθούν. Η αποσυναρμολόγηση των βαλβίδων γίνεται με έναν ειδικό εξολκέα ο οποίος στην δική μας περίπτωση δεν κατέστη δυνατόν να βρεθεί. Έτσι η αποσυναρμολόγηση έγινε με έναν αυτοσχέδιο εξολκέα ο οποίος απαρτιζόταν από ένα νταβίδι και μια σκύλα (σωληνοκάβουρα). Έπειτα σειρά είχε ο καθαρισμός των βαλβίδων ώστε να απομακρυνθούν σκουριές και υπολείμματα καυσαερίων και καυσίμων. Οι βαλβίδες πριν επανατοποθετηθούν βάφτηκαν όπως φαίνεται στην σχήμα 4.5 & σχήμα 4.6.



Σχήμα 4.5 : Με κίτρινο διακρίνονται οι βαλβίδες κατά την συναρμολόγησή τους



Σχήμα 4.6 : Οι βαλβίδες μετά την συναρμολόγησή τους

4.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΡΕΒΕΡΣΑΣ

Η υδραυλική ρεβέρσα η οποία βρισκόταν συνδεδεμένη με την μηχανή, αφού αποσυναρμολογήθηκε από το σώμα της μηχανής και εκκενώθηκε από το λάδι, το οποίο περιείχε, πλύθηκε και λύθηκε ώστε να καθαριστεί και το εσωτερικό της μιας και τα γρανάζια και οι δίσκοι κρατούσαν αρκετή ποσότητα λαδιού μεταξύ τους.

Καθώς το εσωτερικό της ρεβέρσας είχε βγει έγιναν δύο τομές έτσι ώστε να φαίνεται η διαφορική κίνηση της παρά τη σταθερή φορά στρέψης του εκκεντροφόρου από όπου και παίρνει κίνηση. Επειδή πρόκειται για υδραυλική ρεβέρσα δηλαδή η σύμπλεξη των γραναζιών γίνεται με πίεση που προκαλεί το λάδι δεν κατέστη δυνατόν να υπάρξει επιλογή και ανταλλαγή στην κίνηση (πρόσω κράτη και ανάποδα) μιας και οι στροφές της μηχανής αλλά και οι τομές του περιβλήματος δεν επέτρεπαν την άνοδο της πίεσης. Έτσι με ένα κομμάτι μέταλλο στερεώθηκε η ρεβέρσα στη θέση ανάποδα (όπισθεν) ώστε να καταλαβαίνει ο παρατηρητής ότι ενώ ο κινητήρας στρέφεται σταθερά προς τα δεξιά η ρεβέρσα μπορεί να αλλάζει τη φορά και να επιτυγχάνεται η ανάποδη πορεία της προπέλας

4.7 ΚΟΠΗ ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗΣ

Η ελαιολεκάνη (Κάρτερ) όπως φαίνεται στην σχήμα 4.7 μετά τον καθαρισμό της σημαδεύτηκε κατάλληλα ώστε να κοπεί. Οι τομές της έγιναν με γνώμονα τις τομές του κορμού της μηχανής ώστε να εμφανίζεται ενιαία τομή κατά την επανασυναρμολόγηση ,αλλά και με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκαλύπτεται η αντλία λαδιού ,η κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα και του διωστήρα του αντίστοιχου εμβόλου. Επειδή η μηχανή πρέπει να στρέψει άρα χρειάζεται λάδι λίπανσης η κοπή της ελαιολεκάνης έγινε σε τέτοιο ύψος ώστε να μπορεί να συγκρατηθεί μια μικρή ποσότητα ελαίου, ικανή να αντληθεί και να διοχετευτεί στα σημεία που απαιτείται λίπανση.



Σχήμα 4.7 : Η ελαιολεκάνη μετά το βάψιμο

4.8 ΚΟΠΗ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΑ

Η εισαγωγή αέρα και η εξάτμιση καυσαερίων στην συγκεκριμένη μηχανή πρόκειται για μια σχεδόν κοινή δομή η οποία στηρίζεται στις ίδιες βίδες. Έτσι κόπηκε κεντρικά με κοινή τομή αποκαλύπτοντας μέρος του εσωτερικού της εισαγωγής αλλά και της εξαγωγής (εξάτμισης) όπου αξίζει να σημειωθεί ότι σε μηχανές ναυτικού τύπου μέσα στον σχετικό εξαγωγής καυσαερίων υπάρχει εναλλάκτης θερμότητας με εργαζόμενο μέσο νερό με σκοπό την ψύξη των καυσαερίων αφενός μεν για την αποφυγή πυρκαγιάς και αφετέρου να λειτουργήσει ως σιγαστήρας για μείωση του θορύβου.

4.9 ΒΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Όσον αφορά τα επιμέρους εξαρτήματα της μηχανής όπως ο στροφαλοφόρος άξονας, οι διωστήρες και τα έμβολα αφού αποσυναρμολογήθηκαν, καθαρίστηκαν, ασταρώθηκαν και βάφτηκαν κατάλληλα. Σημειώνεται ότι τα δύο έμβολα τα οποία ήταν κολλημένα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, λόγω της παραμόρφωσης τους από τη θερμική καταπόνηση δεν ήταν δυνατόν να επανατοποθετηθούν και για τον λόγο αυτόν επιλέχτηκε η μηχανουργική κατεργασία τους σε τόρνο ώστε να αποκτήσουν ξανά κυκλική διατομή. Όπως είναι προφανές μετά το торνάρισμα η εξωτερική τους διάμετρος ελαττώθηκε κατά μερικά δέκατα του χιλιοστού (0,2 mm). Τα συγκεκριμένα έμβολα τοποθετήθηκαν στους δύο άκοπους κυλίνδρους ενώ τα δύο έμβολα που φαίνονται βάφτηκαν με κόκκινο χρώμα. Προκειμένου να είναι εμφανή η αυλάκωση τοποθέτησης των ελατηρίων και οι οπές λίπανσης στο ένα τοποθετήθηκαν τα ελατήρια ενώ στο άλλο όχι.



Σχήμα 4.8 : Βάψιμο επιμέρους κομματιών



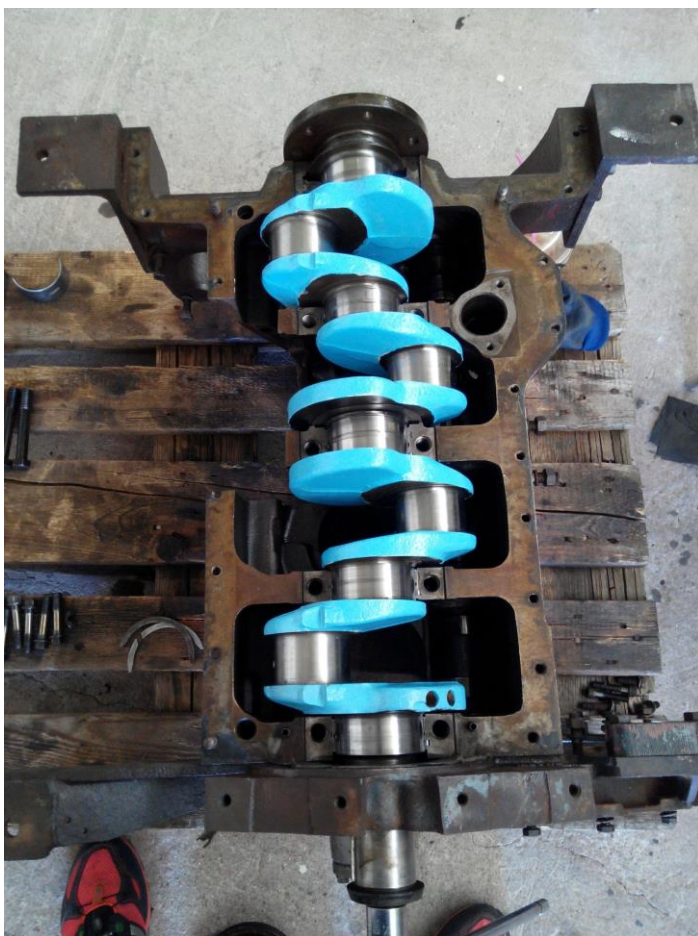
Σχήμα 4.9 : Πιστόνια και έμβολα.



Σχήμα 4.10 : Ελατήρια βαλβίδων και έμβολα.



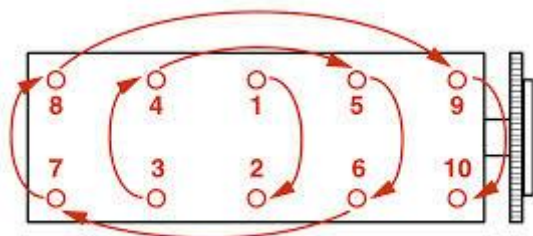
Εικόνα 4.11 : Αντλία λαδιού λίπανσης της μηχανής.



Εικόνα 4.12 : Στροφαλοφόρος άξονας.

4.10 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ, ΚΥΛΙΝΔΡΟΚΕΦΑΛΗΣ, ΕΛΑΙΟΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΙ ΡΕΒΕΡΣΑΣ

Μετά το βάψιμο των επιμέρους εξαρτημάτων και την επανατοποθέτηση τους κατάλληλα έγινε η επανασυναρμολόγηση της ελαιολεκάνης με το σώμα των κυλίνδρων και της κυλινδροκεφαλής η οποία πραγματοποιήθηκε με ειδικό εξάρτημα (δυναμόκλειδο) το οποίο επιτρέπει την σύσφιξη των κοχλιών σύμφωνα με τη δομή και σειρά που ορίζει ο κατασκευαστής σχήμα 4.13 Τέλος προσαρμόστηκε και η ρεβέρσα.



Σχήμα 4.13 : Σειρά σύσφιξης κυλινδροκεφαλής κατά τον κατασκευαστή.

4.11 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ

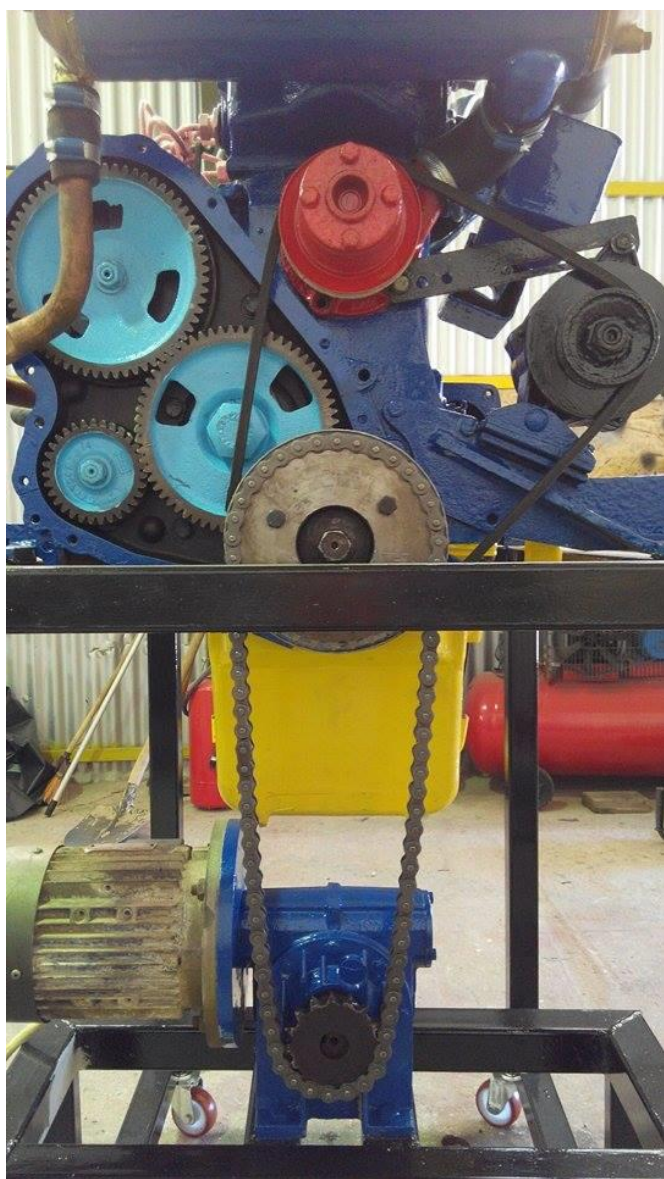
Η βάση πάνω στην οποία τοποθετήθηκε η διάταξη κατασκευάστηκε από κοιλοδοκό 60X50 και συγκολλήθηκε με βασικό ηλεκτρόδιο Φ 2,5 . Στο κάτω μέρος βιδώθηκαν με αυτοδιάτρητες βίδες ράουλα κυκλικής περιστροφής. Στη συνέχεια στο πάνω μέρος έγιναν κατάλληλες τρύπες ώστε να συμπίσουν με τις τρύπες που ήδη υπήρχαν στη βάση της μηχανής. Πάνω στη βάση τοποθετήθηκε η μηχανή και βιδώθηκαν πάνω της όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα όπως αντλία πετρελαίου, ψυγείο, αντλία νερού κ.τ.λ. σχήμα 4.14.



Εικόνα 4.14 : Η μηχανή τοποθετημένη πάνω στην βάση.

4.12 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Για να επιτευχθεί η στρέψη του κινητήρα χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρικό τριφασικό μοτέρ το οποίο αποδίδει 1 ίππο στις 1450 rpm. Όπως είναι φυσικό οι στροφές αυτές δεν ήταν δυνατόν να μεταβληθούν στη μηχανή, άρα έπρεπε να μειωθούν με κατάλληλο μειωτήρα στροφών. Επιλέχτηκε ένας μειωτήρας στις 72,5rpm. Έπειτα από παρατήρηση, κρίθηκε ότι η ταχύτητα αυτή εξακολουθούσε να είναι μεγάλη ώστε να μπορεί ο παρατηρητής να δει την κίνηση των βαλβίδων. Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκε ένα γρανάζι με διπλάσια διάμετρο από το γρανάζι το οποίο έφερε ο μειωτής με τα διπλάσια δόντια (32). Έτσι πετύχαμε μείωση των στροφών στο μισό 36,25 rpm. Το γρανάζι αυτό τοποθετήθηκε στην προέκταση του στροφαλοφόρου και μετά την τροχαλία η οποία κινεί την αντλία του νερού. Το γρανάζι σταθεροποιήθηκε με τρεις κοχλίες. Έπειτα ευθυγραμμίστηκε κάθετα με το γρανάζι του μειωτή και ενώθηκε με καδένα με το γρανάζι της μηχανής όπως φαίνεται στην σχήμα 4.15.



Σχήμα 4.15 : Μηχανισμός στρέψης της μηχανής.

5. ΣΥΝΟΨΗ

Στη εργασία αυτή αρχικά παρουσιάστηκε η ιστορική εξέλιξη, η δομή και ο τρόπος λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσεως. Ενώ στη συνέχεια παρουσιάστηκε πως, μια παλιά μηχανή από ένα τρεχαντήριο, μετατράπηκε και διαμορφώθηκε κατάλληλα ώστε να γίνει ένα εκπαιδευτικό μοντέλο. Με στόχο να αισθητοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο δουλεύει μια μηχανή και μάλιστα από μια διαφορετική οπτική γωνία μιας και μπορεί να παρατηρεί τις κινήσεις των κινητών μερών τις μηχανής στο εσωτερικό της.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A) Γενική βιβλιογραφία

- 1) Κων. Δ. Ρακόπουλος : «Αρχές Εμβολοφόρων Μ.Ε.Κ», Εκδόσεις Φούντα, Αθήνα 1998
- 2) Λαζάρου Χ. Κλιάνη, Ιωάννη κ. Νικολού, Ιωάννη Α. Σιδέρη : «Μηχανές Εσωτερικής Κάυσεως Α,Β Τόμος», Ίδρυμα Έυγενίδου, Αθήνα 2002
- 3) Θεοδοσίου Κ. Παπαθεοδοσίου : «Μηχανές Εσωτερικής Κάυσεως Ι Έκδοση Β », ΟΕΔΒ , Αθήνα 198

B) Διαδικτυακοί τόποι

- 1) <http://www.marinediesels.info/>
- 2) <http://www.mermaid-marine.co.uk/>
- 3) <http://boatdiesel.com/Engines/Mermaid/Mermaid.cfm>