



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Εισαγωγική Κατεύθυνση ΤΕ

Πτυχιακή εργασία με τίτλο:

ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΦΟΡΤΗΓΟΥ

του: Κεφάλια Χαράλαμπου

Επιβλέπουσα καθηγήτρια : Παπανικολάου Σοφία

Κοζάνη 2023

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ4

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Εισαγωγή στις ΜΕΚ

1.1	Ιστορική εξέλιξη των εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης.....	6
1.2	Γενική κατάταξη των Μ.Ε.Κ.....	7
1.3	Χρήση των πετρελαιοκινητήρων.....	9
1.3.1	Κινητήρες αυτοκινήτων.....	9
1.3.2	Κινητήρες βαρέων οχημάτων.....	10
1.3.3	Κινητήρες τρένων.....	11
1.3.4	Ναυτικές μηχανές.....	11
1.3.5	Πετρελαιοκινητήρες ηλεκτρογεννητριών.....	12
1.4	Περιγραφή και αρχή λειτουργίας εμβολοφόρου παλινδρομικής μονοκύλινδρης ΜΕΚ...12	
1.5	Τετράχρονη πετρελαιομηχανή.....	13
1.5.1	Φάση εισαγωγής.....	13
1.5.2	Φάση συμπίεσης.....	13
1.5.3	Φάση εκτόνωσης.....	14
1.5.4	Φάση εξαγωγής.....	14

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Κύρια εξαρτήματα πετρελαιοκινητήρα φορτηγού και κύριες βλάβες

2.1	Κύρια εξαρτήματα.....	15
2.1.1	Κορμός.....	15
2.1.2	Στροφαλοφόρος άξονας.....	16
2.1.3	Διωστήρες.....	16
2.1.4	Έμβολα.....	17
2.1.5	Χιτώνια.....	18
2.1.6	Κεφαλή – πώμα κυλίνδρων.....	19
2.1.7	Βαλβίδες και εκκεντροφόρος άξονας.....	20
2.1.8	Αντλία πετρελαίου και εγχυτήρες (μπέκ).....	21
2.1.9	Υπερπληρωτής αέρα (τουρμπίνα).....	23
2.1.10	Αντλία λαδιού (λίπανση).....	24

2.1.11 Αντλία νερού.....	25
2.2 Αιτίες κύριων βλαβών κινητήρα φορτηγού.....	25
2.2.1 Φυσιολογική φθορά κινητήρα.....	25
2.2.2 Κακή συντήρηση.....	26
2.2.3 Ανθρώπινος παράγοντας.....	27
3° ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Ανακατασκευή κινητήρα φορτηγού	
3.1 Επιλογή κινητήρα.....	28
3.2 Κινητήρας.....	28
3.2.1 Έλεγχος και προετοιμασία κορμού (block).....	31
3.2.2 Προετοιμασία και τοποθέτηση χιτωνίων.....	33
3.2.3 Έλεγχος και τοποθέτηση στροφαλοφόρου άξονα.....	34
3.2.4 Έλεγχος και τοποθέτηση εκκεντροφόρου άξονα.....	35
3.2.5 Προετοιμασία και τοποθέτηση εμβόλων - διωστήρων.....	36
3.2.6 Έλεγχος προετοιμασίας και τοποθέτηση κυλινδροκεφαλών (καπάκια)	41
3.2.7 Έλεγχος και τοποθέτηση αντλίας πετρελαίου και εγχυτήρων.....	50
3.2.8 Τοποθέτηση υπερπληρωτή.....	51
3.2.9 Τοποθέτηση αντλίας λαδιού και κάρτερ (δεξαμενή λαδιού).....	52
3.2.10 Λοιπά εξαρτήματα κινητήρα.....	53
3.2.11 Ολοκλήρωση ανακατασκευής.....	54
4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ : Κοστολόγηση ανακατασκευής.....	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία που ακολουθεί περιγράφεται και αναλύεται η πλήρης διαδικασία ανακατασκευής ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης φορτηγού με σκοπό την επαναφορά του στην αρχική του κατάσταση, με την προϋπόθεση ότι κάτι τέτοιο είναι εφικτό. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στην αρχή λειτουργίας των μηχανών εσωτερικής καύσης και των μορφών της. Αναδρομή στην ιστορία των πρώτων εφαρμογών τους, στους ευεργέτες τους αλλά και στην εξέλιξη τους με το πέρασμα των χρόνων, με έμφαση στους κινητήρες DIESEL. Έπειτα, γίνεται αναφορά σε έναν πιο συγκεκριμένο τομέα εφαρμογής των Μ.Ε.Κ αυτήν των βαρέων οχημάτων και ειδικότερα στις μηχανές diesel.

Υπεισέρχοντας στο δεύτερο κεφάλαιο, προσεγγίζεται το κυρίως θέμα της εργασίας, παρουσιάζοντας τις περιπτώσεις όπου μια μηχανή εσωτερικής καύσης DIESEL ενός βαρέου οχήματος αναγκάζεται σε πλήρη επιδιόρθωση, δηλαδή τότε είναι απαραίτητη η διαδικασία ανακατασκευής, αναφορά στις πιο συνήθη βλάβες είτε λόγο φυσιολογικής φθοράς είτε λόγο κακής συντήρησης. Προχωρώντας λοιπόν στο κυρίως θέμα και στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται και περιγράφεται όλη η διαδικασία της επαναφοράς ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης, από το πρώτο μέχρι και το τελευταίο στάδιο επιλέγοντας μια συγκεκριμένη μηχανή φορτηγού παραγωγής της γνωστής Γερμανικής βιομηχανίας MAN. Προφανώς κάτι τέτοιο είναι χρονοβόρο και αρκετά δαπανηρό γι' αυτό λοιπόν κλείνοντας, αναλύεται το κόστος ανακατασκευής μιας τέτοιας μηχανής και κατά πόσο είναι ωφέλιμο να γίνει, καθώς και στα κριτήρια του. Τέλος βάζοντας και την γνώμη μου με βάση την εμπειρία μου και τις γνώσεις που αποκόμισα από την σχολή κλείνει ετούτη η εργασία!

ABSTRACT

The following paper describes and analyzes the complete process of rebuilding a truck internal combustion engine to restore it to its original condition, provided this is feasible.

Initially, in the first chapter a reference is made to the principle of operation of internal combustion engines and its forms. Review of the history of their first applications, their benefactors but also their evolution over the years, with an emphasis on DIESEL engines. Then, reference is made to a more specific field of application of M.E.K. that of heavy vehicles and especially diesel engines.

Entering the second chapter, the main topic of the work is approached, presenting the cases where a DIESEL internal combustion engine of a heavy vehicle is forced to undergo a complete repair, i.e., when the rebuilding process is necessary, referring to the most common failures either due to normal wear or due to poor maintenance.

Moving on to the main topic and in the third chapter, the entire process of restoring an internal combustion engine is analyzed and described, from the first to the last stage by choosing a specific truck engine produced by the well-known German MAN industry. Obviously, something like this is time-consuming and quite expensive, so in closing, the cost of rebuilding such a machine is analyzed and to what extent it is beneficial to do it, as well as the criteria that. So at the end I express my opinion based on my experience and the knowledge I gained from the university.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΕΚ

1.1 *Ιστορική εξέλιξη των εμβολοφόρων Μηχανών Εσωτερικής Καύσης*

Η παραγωγή έργου με τη χρήση μιας θερμικής μηχανής βασίζεται στην πρόσδοση θερμότητας (υπό συγκεκριμένες συνθήκες) στο εργαζόμενο μέσο, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της ενεργειακής του καταστάσεως. Τμήμα αυτής της ενέργειας μπορεί να αποδοθεί ως μηχανικό έργο, ενώ το υπόλοιπο αποβάλλεται ξανά ως θερμότητα στο περιβάλλον.

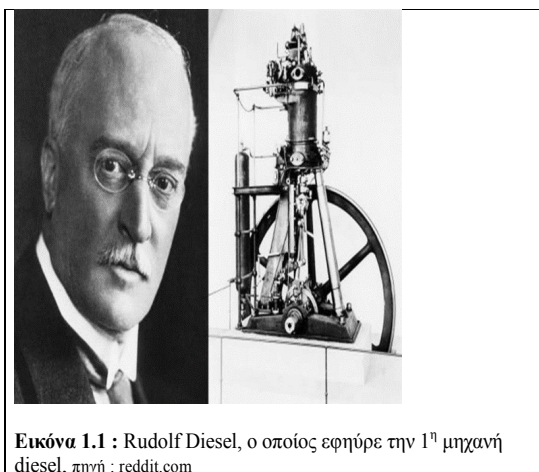
Η πρόσδοση της θερμότητας μπορεί να γίνεται είτε εντός του κυρίου τμήματος της μηχανής είτε σε ένα ανεξάρτητο τμήμα της. Οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (Internal Combustion Engines) διακρίνονται από τις αντίστοιχες εξωτερικής καύσεως από αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό, ότι δηλαδή η καύση για την παραγωγή της αναγκαίας θερμότητας πραγματοποιείται εντός της μηχανής, ενώ το εργαζόμενο μέσο είναι το καυσαέριο.

Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα, όταν οι ατμομηχανές είχαν ουσιαστικά εξαντλήσει την δυναμική τους, η πιεστική ανάγκη για συνεχώς ισχυρότερους κινητήρες οδήγησε την έρευνα προς την ανάπτυξη εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Είχε προηγηθεί η πρόταση του Άγγλου Robert Street το 1794 για χρησιμοποίηση της πίεσεως των καυσαερίων από την καύση υγρών καυσίμων, στη μετακίνηση εμβόλου και την παραγωγή έργου. Το 1833 ο Άγγλος W.L. Wright κατασκεύασε την πρώτη δίχρονη ΜΕΚ, ενώ το 1860 ο J.J. Etienne Lenoir από το Λουξεμβούργο συναρμολόγησε την πρώτη ΜΕΚ βιομηχανικής παραγωγής χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το φωταέριο. Ο Γερμανός N.A. Otto πειραματίστηκε με τη μηχανή του Lenoir και κατασκεύασε τον πρώτο τετράχρονο βενζινοκινητήρα το 1876. Οι αρχές λειτουργίας του κινητήρα του Otto αποτέλεσαν τις βάσεις, πάνω στις οποίες λειτουργούν ακόμη και σήμερα οι βενζινοκινητήρες.

Με την καθιέρωση του κινητήρα Otto οι έρευνες στράφηκαν προς την ανεύρεση αποτελεσματικότερων μεθόδων αναφλέξεως του μείγματος καύσιμου – αέρα. Μία από τις μεθόδους που δοκιμάστηκαν, ήταν η εφαρμογή μεγάλης συμπίεσεως του αέρα μέσα στον κύλινδρο, προκειμένου να επιτευχθεί πολύ υψηλή θερμοκρασία, το καύσιμο στην συνέχεια ψεκαζόταν μέσα στον κύλινδρο, όπου λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα ξεκινούσε αυτοδύναμα η καύση. Η εκτόνωση των αερίων μπορούσε να απελευθερώσει πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Ο τύπος αυτός των κινητήρων χαρακτηρίζεται ως κινητήρας συμπίεσεως-αναφλέξεως.

Οι υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την λειτουργία των μηχανών αυτών, είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων όσον αφορά την αντοχή των υλικών κατασκευής τους. Ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα των παραπάνω κινητήρων συνδεόταν με την δυσκολία ψεκασμού του καυσίμου στον κύλινδρο, όπου επικρατούσε υψηλή πίεση λόγω της μεγάλης συμπίεσης του αέρα. Μεγάλη αύξηση της αξιοπιστίας των κινητήρων συμπίεσης – αναφλέξεως πέτυχε ο Γερμανός μηχανικός Rudolf Christian Karl Diesel (εικόνα 1.1). Αρχικά, προσπάθησε να λειτουργήσει του παρακάτω κινητήρες χρησιμοποιώντας κονιορτοποιημένο γαιάνθρακα ως καύσιμο, οι κινητήρες όμως, καταστρέφονταν με έκρηξη. Το 1894 πέτυχε τη λειτουργία τους χρησιμοποιώντας υγρό καύσιμο (πετρέλαιο). Με αυτόν τον τρόπο κατέστησε τον κινητήρα πιο οικονομικό και περισσότερο αποδοτικό σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες εκείνης της εποχής. Το 1895 Diesel κατοχύρωσε την ευρεσιτεχνία του στις ΗΠΑ.

Μέχρι το 1900 οι διαδοθεί ευρύτατα με μεγάλο βάρος εποχής, είχαν κινητήρες ο πρώτος τοποθετήθηκε σε και το 1925 σε κυκλοφόρησε το Οι κινητήρες



Εικόνα 1.1 : Rudolf Diesel, ο οποίος εφηύρε την 1^η μηχανή diesel, πηγή : reddit.com

πετρελαιοκινητήρες είχαν στην Ευρώπη. Ογκώδεις και οι πετρελαιοκινητήρες της εφαρμογή μόνο ως σταθερής βάσεως. Το 1903, πετρελαιοκινητήρας πλοίο το ρωσικό Wandal, λεωφορείο. Το 1929 πρώτο φορτηγό αυτοκίνητο. αυτοί ήταν πολύ μεγάλοι σε

μέγεθος και είχαν πολύ μεγάλο βάρος για α τοποθετηθούν σε μικρά επιβατικά, αν και η Peugeot προσπάθησε να κατασκευάσει το 1922 ένα πετρελαιοκίνητο επιβατικό αυτοκίνητο. Το 1927, η εταιρία Robert Bosch άρχισε να κατασκευάζει εξαρτήματα και μηχανισμούς ψεκασμού για τους πετρελαιοκινητήρες. Η Bosch μπορούσε να παράγει μαζικά εξοπλισμό συστημάτων ψεκασμού και μάλιστα για μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Επιπλέον η εταιρία αυτή απέκτησε άδεια κατασκευής εξαρτημάτων πετρελαιοκινητήρων σε άλλες χώρες, με αποτέλεσμα οι κινητήρες αυτοί να καταστούν πολύ δημοφιλείς και να επικρατήσουν διεθνώς.

Το 1936, η Mercedes – Benz ξεκίνησε την παραγωγή ενός μικρού σχετικά, για τα τότε δεδομένα επιβατικού πετρελαιοκίνητου οχήματος. Μετά τον Β΄ παγκόσμιο Πόλεμο, η βενζίνη ήταν πολύ ακριβή σε όλες τις χώρες εκτός από τις ΗΠΑ, με αποτέλεσμα η Ευρώπη και η Ιαπωνία να οδηγηθούν στην κατασκευή μικρών πετρελαιοκινητήρων για χρήση σε επιβατικά οχήματα και ελαφρά φορτηγά. Οι ΗΠΑ αντίστοιχα προηγήθηκαν στην ανάπτυξη κινητήρων κατάλληλων για μεγάλα φορτηγά. Το εμπάργκο του πετρελαίου από τα αραβικά κράτη το 1973, αύξησε δραματικά τις τιμές του πετρελαίου, καθιστώντας την οικονομία καυσίμου τον σημαντικότερο παράγοντα στη σχεδίαση νέων κινητήρων. Στο τέλος της δεκαετίας του 1970 μεγάλος αριθμός κατασκευαστών πρόσφερε τα ίδια μοντέλα βενζινοκίνητων επιβατηγών αυτοκινήτων και ελαφρών φορτηγών εφοδιασμένα με πετρελαιοκινητήρες. Η τιμή της βενζίνης μειώθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Το γεγονός αυτό σε συνάρτηση με το επιπλέον κόστος κατασκευής και το μεγαλύτερο βάρος του πετρελαιοκινητήρα, οδήγησε τους κατασκευαστές να περιορίσουν τη χρήση του στα επιβατικά αυτοκίνητα. Ο πετρελαιοκινητήρας χρησιμοποιούταν κυρίως στα μικρά και στα ελαφρά φορτηγά, στα μεσαία και βαριάς κατηγορίας οχήματα, καθώς και σε όλα σχεδόν τα γεωργικά και χωματουργικά μηχανήματα.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 παρατηρείται ραγδαία εισαγωγή ηλεκτρονικής τεχνολογίας για να επιτευχθεί ο συνεχής έλεγχος της καύσεως μέσω ειδικών αισθητήρων στα καυσαέρια. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να αναπτυχθούν οι κινητήρες Otto και Diesel πτωχού μείγματος, οι οποίοι διακρίνονται για την υψηλή οικονομία τους και τη χαμηλή πομπή ρύπων που επιτυγχάνουν. Η ανακάλυψη του κινητήρα Diesel ήταν καθοριστική για την ανάπτυξη της ναυτιλίας. Το πρώτο μεγάλο πλοίο με Diesel κινητήρα ναυπηγήθηκε στις αρχές του 1910 από τα ναυπηγεία Cantieri με όνομα Romanga, διαθέτοντας δυο κινητήρες seltzer τετρακύλινδρους με δύναμη 280 kW ο καθένας, με διάμετρο εμβόλου 310 mm, διαδρομή 460 mm και ταχύτητα περιστροφής 250 rpm. Η Burmeister and Wain το 1912 ήταν η πρώτη εταιρία που εγκατέστησε πετρελαιοκινητήρα σε ωκεανοπόρο πλοίο. Με το πέρασμα των χρόνων οι κατασκευαστικές εταιρίες μίκρυναν τις διαστάσεις των ναυτικών μηχανών και παράλληλα βελτίωσαν και την απόδοσή τους.

Η πρωτοπορία που έδωσε τότε την ώθηση στην κατασκευή μικρότερων μηχανών με μεγαλύτερη ισχύ ήταν η υιοθέτηση της υπερπλήρωσης. Η υπερπλήρωση άρχισε να εφαρμόζεται από την δεκαετία του 1920 στις τετράχρονα μηχανές, για την αποτελεσματικότερη απόπλυση των κυλίνδρων, με χρήση όμως μηχανικών συμπιεστών. Η πρώτη πατέντα στροβιλουπερπληρωτή κατατέθηκε από τον Buchi το 1905, χρειάστηκε όμως μισός αιώνας για να μπορέσει αυτό το σύστημα να βρει την πλήρη εφαρμογή του σε μεγάλες δίχρονα ναυτικές μηχανές. Η πρώτη ναυτική μηχανή με χρήση στροβιλουπερπληρωτή κατασκευάστηκε το 1927 από την γερμανική εταιρία MAN, διαθέτοντας σύστημα υπερπλήρωσης σταθερής πίεσεως της Brown Boveri. Αποτέλεσμα ήταν η αύξηση της ισχύς της μηχανής από τα 1250 kW στις 240 rpm, από τα 1765 Kw στις 275 rpm και έπειτα από τα 2960 kW στις 317 rpm.

1.2 Γενική κατάταξη των MEK

Οι MEK διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες, στις εμβολοφόρες παλινδρομικές, στις περιστροφικές και στους αεριοστρόβιλους (gas turbines).

Οι εμβολοφόρες παλινδρομικές MEK κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1) Ανάλογα με τον τρόπο εναύσεως (ανάφλεξης του καυσίμου) διακρίνονται σε:

α) Μηχανές εναύσεως με σπινθήρα (ή βενζινομηχανές ή κινητήρες Otto-spark ignition engines)

β) Μηχανές εναύσεως με συμπίεση (ή πετρελαιομηχανές ή κινητήρες Diesel-compression ignition engines) και

γ) μηχανές Semi-Diesel (hot-bulb engines)

2) Ανάλογα με τον αριθμό των διαδρομών του εμβόλου για την ολοκλήρωση του κύκλου λειτουργίας διακρίνονται σε τετράχρονα (four stroke engines) και σε δίχρονα μηχανές (two stroke engines). Ανάλογα με το είδος του καυσίμου κατατάσσονται σε :

α) Μηχανές βαρέος πετρελαίου (μαζούτ)

β) Μηχανές ελαφρών καυσίμων (πετρελαίου ντίζελ – βενζίνη)

γ) Μηχανές αέριων καυσίμων

δ) Μηχανές πολλαπλών καυσίμων (multi – fuel engines). Ειδική περίπτωση αποτελούν οι μηχανές διπλού καυσίμου (dual – fuel)

4) Ανάλογα με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα διακρίνονται σε μηχανές αργόστροφες, με ταχύτητα περιστροφής έως 350 rpm περίπου (κύριες μηχανές πλοίων), με μεσόστροφες, με ταχύτητα περιστροφής έως 1500 rpm περίπου (μηχανές πλοίων, τρένων και ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη), πολύστροφες με ταχύτητα περιστροφής μέχρι 5000 rpm (αυτοκίνητα νέας τεχνολογίας , αγωνιστικά αυτοκίνητα, δίτροχα μεγάλου κυβισμού).

5) Ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων, διακρίνονται σε μονοκύλινδρες και πολυκύλινδρες μηχανές.

6) Ανάλογα με την διάταξη των κυλίνδρων, κατατάσσονται σε κατακόρυφες ή εν σειρά, τύπου V, W, Δ, H, X , αντιτιθεμένων κυλίνδρων , σταυροειδείς, αστεροειδείς, πολυγωνικές, διπλών εμβόλων κλπ.

7) Ανάλογα με τον τρόπο ψύξεως των κυλίνδρων, κατατάσσονται σε υδρόψυκτες και αερόψυκτες μηχανές.

8) Ανάλογα με τον τρόπο συνδέσεως του εμβόλου και του διωστήρα, κατατάσσονται σε μηχανές με ή χωρίς βάκτρο και ζύγωμα.

9) Ανάλογα με τον τρόπο την πίεση και την ποιότητα του αέρα που εισάγεται στον κύλινδρο, κατατάσσονται σε υπερπληρούμενες και ατμοσφαιρικές μηχανές.

10) Ανάλογα με τον τρόπο εγκαταστάσεως, διακρίνονται σε μηχανές σταθερής ή μόνιμης βάσεως και σε μηχανές κινούμενου φορέα.

11) Ανάλογα με την χρήση τους, κατατάσσονται σε μηχανές οχημάτων, ναυτικές μηχανές, βιομηχανικές, μηχανές αεροσκαφών κτλ.

12) Ανάλογα με την μέθοδο εισαγωγής του καυσίμου, οι βενζινομηχανές κατατάσσονται σε μηχανές με εξαερωτήρας και σε μηχανές με αντλία εγχύσεως και εγχυτήρα.

13) Ανάλογα με την φορά περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα, κατατάσσονται σε μηχανές ορισμένης φοράς περιστροφής (δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες) και σε αναστρέψιμες μηχανές.

14) Ανάλογα με την παραγόμενη ισχύ ανά κύλινδρο στις κανονικές στροφές λειτουργίας, κατατάσσονται σε μηχανές μικρής ισχύος, μέσης ισχύος και μεγάλης ισχύος.

15) Ανάλογα με τον τρόπο αποδόσεως της ισχύος, κατατάσσονται σε μηχανές σταθερών στροφών και σε μηχανές μεταβλητών στροφών.

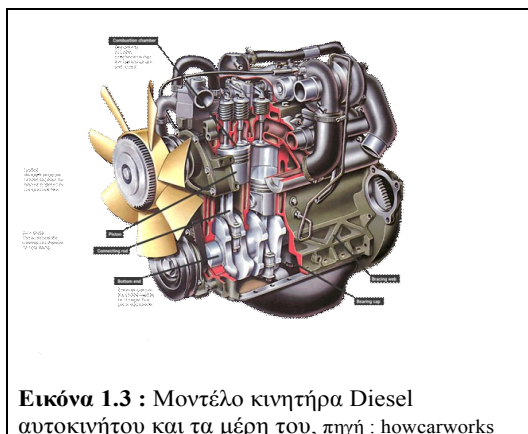
16) Ανάλογα με το είδος του θαλάμου καύσεως, διακρίνονται σε μηχανές με ενιαίο και σε μηχανές με διαιρούμενο θάλαμο καύσεως.

1.3 Χρήση των πετρελαιοκινητήρων

1.3.1 Κινητήρες αυτοκινήτων

Οι πετρελαιοκινητήρες έχουν επικρατήσει απόλυτα στα φορτηγά, στα αυτοκίνητα και στα λεωφορεία. Στα επιβατικά αυτοκίνητα η χρήση τους αυξάνεται συνεχώς, λόγω της συνεχής βελτίωσης των χαρακτηριστικών λειτουργίας τους, τις μειώσεις των εκπεμπόμενων ρύπων και της οικονομίας καυσίμου που προσφέρουν.

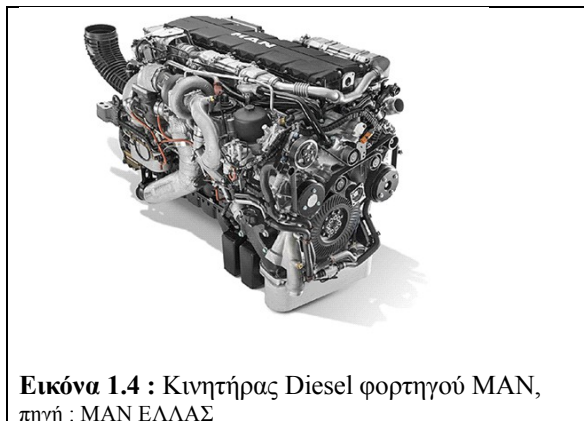
Τα κύρια χαρακτηριστικά των πετρελαιοκινητήρων αυτοκινήτων, σε σύγκριση με τους πετρελαιοκινητήρες που χρησιμοποιούνται σε άλλους τομείς, είναι το μικρό βάρος ανά παραγόμενο ίππο, ο μεγάλος αριθμός στροφών ανά λεπτό (2200-5000 rpm), η λειτουργία τους χωρίς κραδασμούς, το γρηγορότερο ξεκίνημα στο κρύο περιβάλλον, η χρήση ειδικής ποιότητας καυσίμου (πετρέλαιο κινήσεως) και η σχεδίαση για όσο το δυνατόν μικρότερη εκπομπή ρύπων. Οι κινητήρες αυτοί σε συντριπτικό ποσοστό είναι υπερπληρούμενοι.



1.3.2 Κινητήρες βαρέων οχημάτων

Χρησιμοποιούνται σε όλα τα χωματουργικά και γεωργικά μηχανήματα.

Είναι μεγαλύτερης ισχύος, υπερπληρούμενοι, μεγαλύτερου μεγέθους και βάρους, ιδιαίτερα στιβαρής κατασκευής και πιο αργόστροφοι.



1.3.3 *Κινητήρες τρένων*

Είναι μεσόστροφοι σταθερού αριθμού στροφών και φοράς περιστροφής.

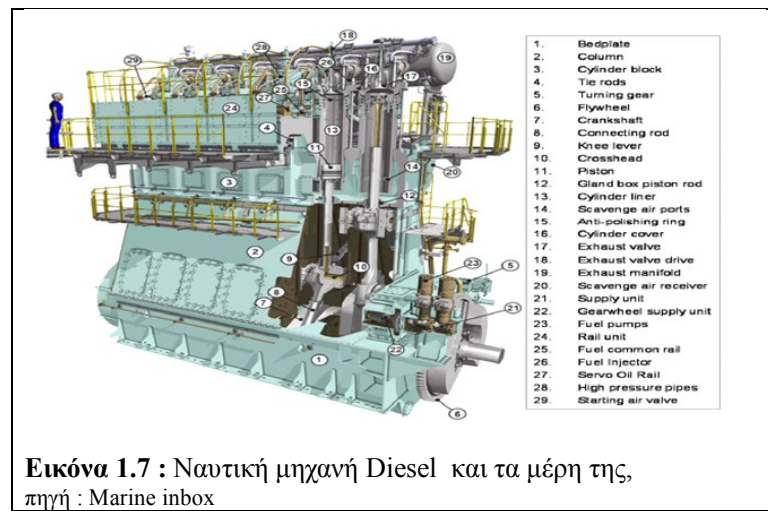
Δεν κινούν απευθείας τους τροχούς, αλλά περιστρέφουν γεννήτρια, η οποία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος). Η γεννήτρια κάθε ζεύγους δίνει ρεύμα σε ηλεκτροκινητήρες, οι οποίοι με την σειρά τους κινούν τους κινητήριους τροχούς. Ο τρόπος αυτός μετάδοσης της ισχύος στους τροχούς έχει πολλά πλεονεκτήματα. Δεν χρησιμοποιείται μηχανικό κιβώτιο ταχυτήτων, αυξομειώνονται εύκολα οι στροφές, ενώ επιτυγχάνεται μεγάλη ροπή και ισχύς έλξεως στην εκκίνηση του συρμού.



1.3.4 *Ναυτικές Μηχανές*

Χρησιμοποιούνται σε όλα τα θαλάσσια μέσα, από τα μικρά σκάφη μέχρι και τα πολύ μεγάλης χωρητικότητας εμπορικά πλοία, στα πολεμικά πλοία και τα συμβατικά υποβρύχια.

Μπορεί να είναι δίχρονες ή τετράχρονες διαφόρων τύπων, σχημάτων, μεγεθών και ισχύος. Σχεδόν στο σύνολο τους οι μηχανές αυτές είναι υπερπληρούμενες.



1.3.5 Πετρελαιοκινητήρες Ηλεκτρογεννητριών

Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η υψηλή ισχύς, ο μεγάλος βαθμός αξιοπιστίας στη λειτουργία τους, οι σταθερές στροφές λειτουργίας (υποχρεωτική προϋπόθεση επιτεύξεως σταθερής συχνότητας ρεύματος) και η σχετικά οικονομική λειτουργία τους. Χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροδότηση των νησιών, στα νοσοκομεία για την ηλεκτροδότηση έκτακτης ανάγκης, σε βιομηχανικές και σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις κλπ. Οι κινητήριες μηχανές που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη των πλοίων πρέπει επιπλέον να συγκεντρώνουν υψηλή ισχύ σε μικρό όγκο και βάρος. Στο σύνολο τους είναι υπερπληρούμενες με υψηλό βαθμό ηλεκτρονικού ελέγχου.

1.4 *Περιγραφή και αρχή λειτουργίας εμβολοφόρου παλινδρομικής μονοκύλινδρης μηχανής εσωτερικής καύσης*

Γενική εικόνα

Η αρχή λειτουργίας των εμβολοφόρων παλινδρομικών ΜΕΚ συνίσταται στη μετατροπή της θερμικής ενέργειας που εκλύεται από την καύση του καυσίμου μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένο κλειστό χώρο (θάλαμος καύσεως) και σε μηχανικό έργο, μέσω κατάλληλων εξαρτημάτων και μηχανισμών. Η θερμική ενέργεια, επειδή εκλύεται σε κλειστό χώρο, έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της πίεσεως 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 εντός του κυλίνδρου της μηχανής. Η άνω επιφάνεια του εμβόλου (όταν αυτό βρίσκεται στο ανώτερο σημείο του), τα εσωτερικά τοιχώματα του κυλίνδρου και το καπάκι του κυλίνδρου ορίζουν τον θάλαμο καύσεως.

Η ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική μέσω κατάλληλου κινηματικού μηχανισμού που αποτελείται από τον διωστήρα και τον στροφαλοφόρο άξονα. Ο διωστήρας συνδέεται στο άνω άκρο του στο έμβολο, ενώ το κάτω άκρο του συνδέεται με την βοήθεια κατάλληλου εδράνου στο κομβίο του στροφαλοφόρου άξονα, ο οποίος στηρίζεται και στα δύο άκρα του, στα έδρανα βάσεως.

Η περιστροφική κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα και το διπλάσιο της ακτίνας του ορίζουν τις δύο ακραίες θέσεις μετακινήσεως του εμβόλου οι οποίες ονομάζονται Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) και Κάτω Νεκρό Σημείο (ΚΝΣ). Η απόσταση μεταξύ των δύο αυτών σημείων ονομάζεται διαδρομή του εμβόλου.

Ο όγκος του κυλίνδρου που περιέχεται μεταξύ των άνω επιφανειών του εμβόλου στο ΑΝΣ και στο ΚΝΣ ονομάζεται όγκος εμβολισμού (V_h) και ισούται με το γινόμενο της διαδρομής 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 καύσεως ή επιζήμιος όγκος (V_c).

Το πώμα του κυλίνδρου φέρει κατάλληλους αγωγούς, από τους οποίους εισέρχεται ο αέρας ή μείγμα αέρα καυσίμου στον κύλινδρο και εξέρχονται τα καυσαέρια. Η ρύθμιση της ροής μέσα από τους αγωγούς πραγματοποιείται με το κατάλληλο άνοιγμα των βαλβίδων. Ανάλογα με την λειτουργία τους διακρίνονται σε βαλβίδες εισαγωγής και βαλβίδες εξαγωγής. Το καύσιμο εισέρχεται στον κύλινδρο, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής, είτε με τον αέρα εισαγωγής, είτε ψεκαζόμενο κατευθείαν εντός του κυλίνδρου μέσω εγχυτήρα, είτε ψεκαζόμενο σε προθάλαμο καύσεως. Το έργο από τη φάση της εκτόνωσης παράγεται από την διαδρομή του εμβόλου από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ. Η διαδρομή του εμβόλου από το ΑΝΣ και ΚΝΣ καταναλώνει έργο. Το έργο αυτό παρέχεται από τον σφόνδυλο, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με τον στροφαλοφόρο άξονα. Με τη μεγάλη μάζα του και την περιστροφική κίνηση μαζεύει ενέργεια κατά την εκτόνωση των καυσαερίων και την αποδίδει στις υπόλοιπες μετακινήσεις του εμβόλου. Τα στάδια λειτουργίας της μηχανής περιλαμβάνουν τη διαδικασία εισαγωγής του ατμοσφαιρικού αέρα στο θάλαμο καύσεως, την συμπίεσή του με τη διαδρομή του εμβόλου από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, την εισαγωγή του καυσίμου την κατάλληλη χρονική στιγμή, την καύση, την εκτόνωση των καυσαερίων και τέλος την εξαγωγή τους στο περιβάλλον. Αυτές οι διαδικασίες διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής, όταν η μηχανή είναι δίχρονη το έμβολο κάνει δύο διαδρομές και μία ο στροφαλοφόρος άξονας, έτσι και η ονομασία δίχρονη προκύπτει επειδή όλη η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 2 χρόνους, αντίστοιχα όταν η μηχανή είναι τετράχρονη το έμβολο προκειμένου να

ολοκληρώσει τις διαδικασίες κάνει τέσσερις διαδρομές και δύο ο στροφαλοφόρος άξονας. Η ρύθμιση της ισχύος και ο αριθμός των στροφών της μηχανής εξαρτάται από την παροχή καυσίμου.

1.5 **Τετράχρονη Πετρελαιομηχανή**

Η τετράχρονη πετρελαιομηχανή ολοκληρώνει τον κύκλο της σε τέσσερις φάσεις. Η ολοκλήρωση ενός κύκλου λειτουργίας αντιστοιχεί σε 2 πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα (720°).

Κρίνεται σκόπιμο να τονισθεί ότι οι παρακάτω περιγραφές αναφέρονται σε μονοκύλινδρο μοντέλο για την ευκολότερη κατανόηση του αναγνώστη.

1.5.1 **Φάση Εισαγωγής**

Σαν πρώτη φάση η εισαγωγή έχει ήδη ξεκινήσει από τον προηγούμενο κύκλο καθώς η βαλβίδα εισαγωγής ανοίγει αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΑΝΣ (10 μοίρες μέχρι 35 μοίρες γωνία στροφάλου στις μηχανές χωρίς υπερπληρωτή και μέχρι 80 μοίρες γωνία στροφαλοφόρο άξονα στις μηχανές με υπερπληρωτή). Όταν λοιπόν, το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ η βαλβίδα εισαγωγής είναι πλήρως ανοιχτή δηλαδή μετά την έναρξη της διαδρομής προς το ΚΝΣ, θα έχει μεγιστοποιηθεί η διατομή του αγωγού εισαγωγής διευκολύνοντας έτσι την ροή του εισερχόμενου αέρα προς τον κύλινδρο. Το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής έρχεται και πραγματοποιείται (25 μοίρες έως 50 μοίρες) μετά το πέρασμα του ΚΝΣ. Παρόλο που το έμβολο έχει ξεκινήσει την διαδρομή του προς το ΑΝΣ, η αδράνεια του εισερχόμενου αέρα επιτρέπει σε αυτόν να εισέρχεται στον κύλινδρο από τις ανοιχτές βαλβίδες εισαγωγής. Το πρόωρο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής ονομάζεται προπορεία εισαγωγής και η καθυστέρηση στο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής ονομάζεται βραδυπορία εισαγωγής.

1.5.2 **Φάση Συμπίεσης**

Το έμβολο βρίσκεται πλέον στο ΚΝΣ και με τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής κλειστές, ώστε να επιτυγχάνεται στεγανοποίηση μέσα στον κύλινδρο. Το έμβολο αρχίζει να κινείται προς το ΑΝΣ μειώνοντας τον όγκο του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση του αέρα που βρίσκεται μέσα μαζί με την θερμοκρασία του (160 bar για υπερπληρούμενες μεσόστροφες πετρελαιομηχανές). Το έμβολο πλέον έχει φτάσει στο ΑΝΣ με αποτέλεσμα ο αέρας να έχει περιορισθεί στον επιζήμιό όγκο μεταξύ κεφαλής και εμβόλου. Ο λόγος του αρχικού όγκου του κυλίνδρου στη φάση της συμπίεσεως ονομάζεται βαθμός συμπίεσεως της μηχανής. Το έμβολο κατά την φάση της συμπίεσεως κινείται αντίστοιχα με την προηγούμενη φάση της εισαγωγής, περνώντας μηχανική ενέργεια από τον σφόνδυλο. Η κίνηση του εμβόλου κατά την φάση της συμπίεσης αποτελεί τον δεύτερο χρόνο του κινητήρα.

1.5.3 **Φάση Εκτόνωσης**

Το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ με τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής κλειστές. Ο αέρας εντός του επιζήμιου όγκου βρίσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, εκείνη την στιγμή (8-10 μοίρες για αργόστροφες και μέχρι 25 μοίρες για τις πολύστροφες μηχανές πριν το

ΑΝΣ) ακαριαία το καύσιμο (πετρέλαιο) ψεκάζεται με μεγάλη πίεση μέσα στον κύλινδρο από τον εγχυτήρα (μπέκ) σε μορφή νέφους σταγονιδίων, η έγχυση ολοκληρώνεται από (10 μοίρες έως 25 μοίρες) μετά το ΑΝΣ για τις αργόστροφες και τις πολύστροφες μηχανές αντίστοιχα . Το πετρέλαιο αναμειγνύεται με τον αέρα και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας αυταναφλέγεται. Η καύση του μείγματος πετρελαίου – αέρα απελευθερώνει μεγάλα ποσά θερμότητας αυξάνοντας την θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο (30-60 bar για μη υπερπληρούμενες και μέχρι 200bar για υπερπληρούμενες μηχανές), ενώ η θερμοκρασία των καυσαερίων κυμαίνεται κοντά στους 2000°C. Η ιδιαίτερα αυξημένη πίεση των καυσαερίων σπρώχνει με μεγάλη δύναμη το έμβολο προς το ΚΝΣ. Το έμβολο εκείνη την στιγμή μεταδίδει την κίνηση στον διωστήρα και εκείνος με την σειρά του στον στροφαλοφόρο άξονα, μετατρέποντας την ευθύγραμμη κίνηση που κάνει το έμβολο σε περιστροφική. Ολοκληρώνοντας την τρίτη φάση, το έμβολο έχει καταλήξει στο ΚΝΣ. Η φάση της εκτόνωσης είναι η μοναδική ενεργή φάση, δηλαδή η μοναδική χρονική περίοδος που παράγεται μηχανικό έργο.

1.5.4 **Φάση Εξαγωγής**

Τέταρτη φάση λειτουργίας εξαγωγή καυσαερίων.

Αρκετές μοίρες πριν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ όπου ξεκινάει και η φάση της εξαγωγής, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής. Αυτό γίνεται διότι μόλις ανοίξει η βαλβίδα εξαγωγής μειώνεται ταχύτερα η πίεση εντός του κυλίνδρου, λόγω της εξόδου των καυσαερίων. Η μείωση αυτή μειώνει το απαραίτητο έργο που θα παράξει το εμβόλιο σε σχέση με το αν ακολουθούσε μία πλήρη εκτόνωση των καυσαερίων μέχρι το κάτω νεκρό σημείο. Δηλαδή εάν δεν υπήρχε η έγκαιρη αυτή πτώση της πίεσεως με το πρόωρο άνοιγμα της βαλβίδας, θα χρειαζόταν περισσότερη ενέργεια για την έξοδο των καυσαερίων στην επόμενη φάση της εξαγωγής. Ξεκινώντας λοιπόν την φάση της εξαγωγής από το ΚΝΣ με την βαλβίδα εξαγωγής ήδη ανοικτή (30 με 50 μοίρες για μη υπερπληρούμενες και 45 με 70 μοίρες για υπερπληρούμενες μηχανές). Εντός του κυλίνδρου η πίεση πλέον έχει πέσει στα τρία με τέσσερα μπαρ περίπου και η θερμοκρασία των καυσαερίων στους 500 με 600 °C. Σε όλη την διάρκεια της διαδρομής του εμβόλου από το ΚΝΣ έως το ΑΝΣ η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει ανοιχτή. Όταν πλέον το έμβολο φτάνει στο ΑΝΣ η βαλβίδα εξαγωγής εξακολουθεί να παραμένει ανοιχτή για 5 με 25 μοίρες γωνίας στροφάλου για μη υπερπληρούμενες και 70 μοίρες γωνίας στροφάλου για υπέρ πληρωμένες μηχανές. Για ένα διάστημα πριν και μετά ΑΝΣ η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής συμπίπτουν σε ανοιχτή θέση, αυτό γίνεται για να επιτευχθεί καλύτερος καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, για να καθαριστεί ο χώρος καύσεως από στερεά κατάλοιπα της καύσεως και για την καλύτερη ψύξη των βαλβίδων. Τέλος αυτό συνεισφέρει στο να επιμηκυνθεί ο χρόνος ζωής της μηχανής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

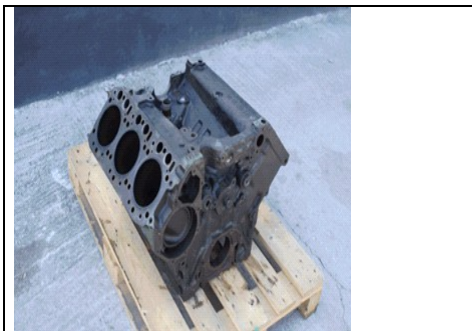
ΚΥΡΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΑ ΦΟΡΤΗΓΟΥ ΚΑΙ ΚΥΡΙΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

2.1 Κύρια εξαρτήματα

2.1.1 Κορμός (BLOCK)

Ο κορμός είναι το πιο ογκώδες, βαρύ και κύριο μέρος του κινητήρα. Πάνω σε αυτόν εδράζεται συνήθως ο εκκεντροφόρος άξονας και στο εσωτερικό του ο στροφαλοφόρος άξονας. Επίσης, σαν κύριο μέρος είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα να είναι συνδεδεμένα μαζί του. Μερικά από αυτά τα εξαρτήματα είναι η αντλία νερού, η αντλία τιμονιού, κομπρεσέρ αέρα, ο κομπρέσορας του κλιματισμού και τα φίλτρα πετρελαίου-αέρος. Στο σώμα του έχει αγωγούς για την κυκλοφορία νερού και λαδιού. Φτιάχνεται σε καλούπια και το υλικό κατασκευής του είναι χυτοσίδηρος (κοινώς μαντέμι). Τα πλεονεκτήματα του χυτοσιδήρου όπου οδήγησαν στην χρήση του είναι τα ακόλουθα:

- χαμηλό κόστος παραγωγής,
- χαμηλό σημείο τήξης (1140–1200°C),
- ευκολία χύτευσης σε συγκεκριμένες διαστάσεις, ευκολία μηχανουργικής κατεργασίας,
- σχετικά καλή αντίσταση στην μηχανική φθορά και την διάβρωση,
- υψηλή ικανότητα απορρόφησης κραδασμών, και σχετικά καλή μηχανική αντοχή (108–340 MPa).



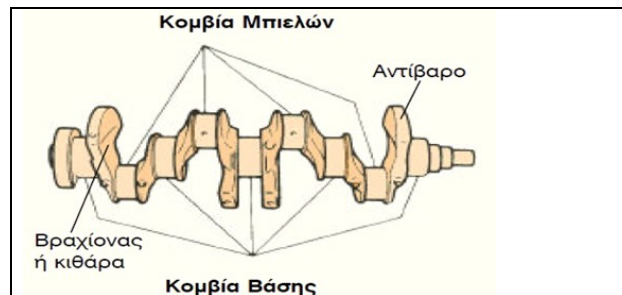
Εικόνα 2.1 : Κορμός κινητήρα φορτηγού Mercedes Actros 441 εξακύλινδρος τύπου V,
πηγή : Foreas Trucks



Εικόνα 2.2 : Κορμός μηχανής MAN TGS D 2876 LF01 εξακύλινδρος κινητήρας σε σειρά, πηγή : Foreas Trucks

2.1.2 Στροφαλοφόρος άξονας

Ο στροφαλοφόρος άξονας (κοινός στρόφαλος), κατά ορισμό μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική καταλήγοντας στον σφόνδυλο (βολάν) όπου είναι συνδεδεμένο πάνω του. Ο σφόνδυλος αποθηκεύει ενέργεια από τον ωφέλιμο χρόνο της εκτόνωσης και την αποδεσμεύει για να πραγματοποιηθούν οι υπόλοιποι τρεις χρόνοι. Ο στροφαλοφόρος άξονας κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα υψηλής αντοχής και έχει χαρακτηριστικό σπαστό σχήμα αποτελούμενο από διαδοχικά τμήματα σχήματος Π. Αποτελείται επίσης, από τα κομβία βάσης για την έδραση του στον κορμό και τα κομβία έδρασης των διωστήρων όπου η σύνδεση των κομβίων αυτών ονομάζεται βραχίονας. Οι βραχίονες πάνω τους φέρουν αντίβαρα για τη ζυγοστάθμιση των έκκεντρων μαζών του στροφαλοφόρου και των παλινδρομούντων μαζών του εμβόλου και του διωστήρα.



Εικόνα 2.3 : Στροφαλοφόρος άξονας και τα σημεία του, πηγή : mekiykloileitourgias



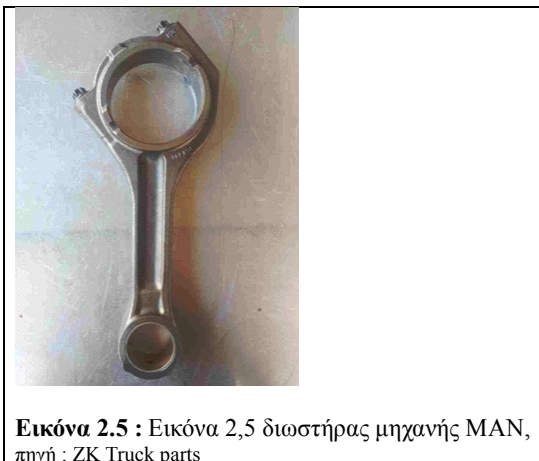
Εικόνα 2.4 : Σφόνδυλος εταιρίας SACHS από μηχανή φορτηγού MAN, πηγή : car.gr

2.1.3 Διωστήρες

Ο διωστήρας μεταφέρει στον στροφαλοφόρο άξονα την κινητική ενέργεια του εμβόλου και αποτελείται από την κεφαλή τον κορμό, το πόδα, τον κύριο αγωγό λίπανσης. Το σχήμα της διατομής του είναι διπλού T.

Κατά την διάρκεια των 4 φάσεων, ο διωστήρας εκτίθεται σε θλίψη, εφελκυσμό και λυγισμό, ενώ το υλικό κατασκευής του είναι ο σφυρήλατος χάλυβας.

Στην επαφή του με τον στροφαλοφόρο άξονα και τον πύρο του εμβόλου φέρει τριβείς (κουζινέτα κατασκευασμένα από μπρούτζου η λευκό μέταλλο).



2.1.4 Έμβολο

Το έμβολο είναι από τα πιο καθοριστικά μέρη ενός κινητήρα καθώς οι καταπονήσεις που δέχεται είναι σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Το σχήμα του είναι κυλινδρικό και στο κέντρο του έχει την οπή υποδοχής του πύρου. Το υλικό κατασκευής του εμβόλου παλαιότερα ήταν από χυτοσίδηρο, ενώ σήμερα κατασκευάζεται από διάφορα κράματα αλουμινίου με δακτυλίους ενίσχυσης στο εσωτερικό του από ανθεκτικότερο υλικό. Ο βασικός προορισμός του εμβόλου είναι να μετατρέπει το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ενέργειας από την εκτόνωση των καυσαερίων πάνω στην επιφάνεια του σε κινητική και μέσω του διωστήρα να μεταφέρεται στον στροφαλοφόρο άξονα.





Εικόνα 2.7 : Έμβολο 128 18 μηχανής MAN TGA TGS TGX πλάγια όψη,
πηγή : ZK Truck Parts

2.1.5 Χιτώνια

Το χιτώνιο είναι το τμήμα του κινητήρα όπου μέσα στο οποίο παλινδρομεί το έμβολο γίνεται η καύση και τοποθετείται στους κυλίνδρους του κορμού. Ο αριθμός των χιτωνίων είναι ίδιος με τον αριθμό των κυλίνδρων μιας μηχανής. Τα χιτώνια κατασκευάζονται από κράματα φαιού χυτοσιδήρου με προσμίξεις χρωμίου, μολυβδαίνιου και βαναδίου που αυξάνουν την αντοχή τους στην φθορά και την διάβρωση. Συναντάμε και χυτοσιδήρους έναντι του χάλυβα.

Τα χιτώνια σε έναν κινητήρα δέχονται ισχυρές πιέσεις και ισχυρές εφελκυστικές τάσεις. Η μεγαλύτερη φθορά παρατηρείται στο πάνω μέρος του χιτωνίου κοντά στο ΑΝΣ, ενώ φθορά παρατηρείται επίσης όταν η ψύξη τοπικά δεν είναι ομοιόμορφη, καθώς στις υψηλές θερμοκρασίες η αντοχή του υλικού μειώνεται με αποτέλεσμα την αύξηση των φθορών και ταυτόχρονα μειώνεται η αποτελεσματική λίπανση από το λάδι. Τέλος, τα χιτώνια διακρίνονται σε δύο τύπους, σε υγρά και σε ξηρά.

Τα υδροχιτώνια (υγρά), όπου είναι και αυτά που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, το ψυκτικό υγρό (για παράδειγμα παραφλού) έρχεται σε άμεση επαφή με το χιτώνιο διαβρέχοντας το εξωτερικά μέσω των αγωγών του κορμού.

Τα ξηρά χιτώνια δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το ψυκτικό υγρό και εφαρμόζονται στον κύλινδρο με πίεση αφήνοντας μικρή ανοχή.

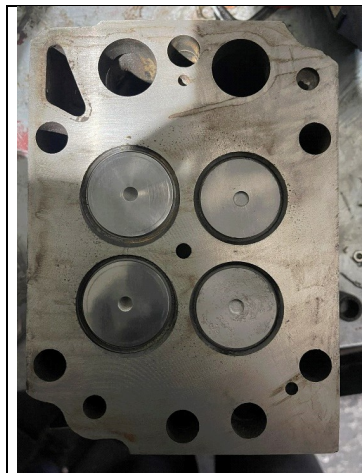


Εικόνα 2.8 : Χιτώνιο STD 128 OE Germany,
πηγή : OE Germany

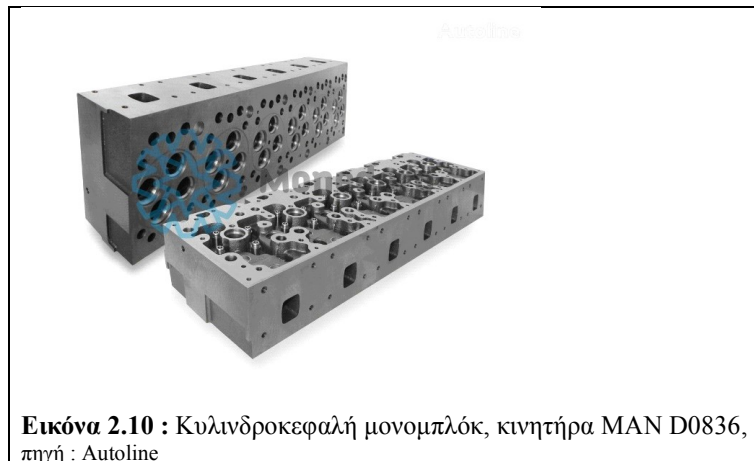
2.1.6 Κεφαλή – Πώμα κυλίνδρων

Η κεφαλή είναι το μεταλλικό κομμάτι το οποίο τοποθετείται πάνω από τα χιτώνια και συνεπώς πάνω από τον κορμό, ολοκληρώνοντας τον χώρο καύσεως. Είναι είτε ολόσωμη κατά μήκος του κορμού είτε διαιρούμενη στον κάθε κύλινδρο ξεχωριστά. Προσαρμόζεται πάνω στον κορμό με μπουζόνια ή βίδες και με την ενδιάμεση ειδική φλάντζα που έχει, εξασφαλίζει την απαιτούμενη στεγανοποίηση στη συμπίεση. Επίσης, στην κεφαλή συνδέονται και συνεργάζονται οι πιανόλες, τα ωστήρια, οι βαλβίδες, τα μπέκ, η εισαγωγή και η εξαγωγή.

Κατασκευάζεται κυρίως από χυτοσίδηρο αλλά και από κράματα αλουμινίου σε μικρότερες μηχανές. Τέλος, στο εσωτερικό της κατασκευής της έχει εσωτερικά κανάλια για τη λίπανση (λάδι) και για την ψύξη (ψυκτικό υγρό).



Εικόνα 2.9 : Κυλινδροκεφαλή (πώμα) κινητήρα MAN D2876,
πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 2.10 : Κυλινδροκεφαλή μονομπλόκ, κινητήρα MAN D0836,
πηγή : Autoline

2.1.7 Βαλβίδες και εκκεντροφόρος άξονας

Ο εκκεντροφόρος είναι ένας άξονας που φέρει τόσα έκκεντρα κατά μήκος του, όσα και οι βαλβίδες εισαγωγής του καυσίμου μίγματος και εξαγωγής των καυσαερίων. Εδράζει πάνω σε

στροφείς και μπορεί να περιστρέφεται και να παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω χροнисμένων γραναζιών τα οποία φέρουν οι άξονες στην άκρη τους. Ο εκκεντροφόρος άξονας ανοίγει τις βαλβίδες την κατάλληλη χρονική στιγμή και καθορίζει το κλείσιμο τους.

Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα υψηλής αντοχής. Η θέση του ποικίλει και ειδικότερα στους κινητήρες φορτηγών τοποθετείται κυρίως εσωτερικά και πλάγια του μπλοκ, ενώ οι βαλβίδες είναι επί της κεφαλής (ΕΚΚ).

Τα μέρη της βαλβίδας είναι η κεφαλή, η έδρα, το στέλεχος και η ουρά.

Κατασκευάζεται από διάφορα κράματα χάλυβα νικελιούχα, νικελιοχρωμιούχα, χρωμομολυβδαινιούχα. Ωστόσο, τα κράματα των βαλβίδων εξαγωγής είναι υψηλότερης αντοχής (πυριτιοχρωμιούχοι ή κοβαλτιοχρωμιούχοι χάλυβες) και για πρόσθετη αντοχή των βαλβίδων στη διάβρωση οι κεφαλές τους επικαλύπτονται με ειδικό κράμα μετάλλων ή κράμα αλουμινίου.

Οι βαλβίδες λειτουργούν με τον μηχανισμό που δημιουργούν με την συνεργασία τους, ο εκκεντροφόρος άξονας, τα ωστήρια, η ωστική ράβδος το ζύγωθρο με την βίδα ρύθμισης, το ασφαλιστικό παξιμάδι και την ουρά βαλβίδας περασμένη στον ηλεκτροφορέα (πιανόλα). Η λειτουργία ξεκινάει από το έκκεντρο όπου ανασηκώνει το ωστήριο και αυτό με την σειρά του το καλαμάκι που πιέζει το ζύγωθρο. Έπειτα, πιέζεται η ουρά της βαλβίδας και συμπιέζοντας το προ συμπιεσμένο ελατήριο της, την ανοίγει βυθίζοντάς την στον χώρο καύσης.





Εικόνα 2.12 : Εκκεντροφόρος MAN D2676,
πηγή : Autoline

2.1.8 Αντλία πετρελαίου και εγχυτήρες (μπέκ)

Αντλία πετρελαίου

Η αντλία πετρελαίου είναι το αρμόδιο σύστημα για την κυκλοφορία και εκχύλιση του καυσίμου μας με μεγάλη πίεση. Επίσης, είναι εκείνη που καθορίζει την απόδοση του κινητήρα μας, τις στροφές, την αυξομείωση των στροφών αλλά και την απενεργοποίηση του κινητήρα (σταματώντας την παροχή). Ταυτόχρονα, η αντλία πετρελαίου συνεργάζεται με το δοχείο καυσίμου (φλοτέρ), τον σφόνδυλο, τις σωληνώσεις καυσίμου, τα φίλτρα καυσίμου, τον εκκεντροφόρο άξονα και τα μπέκ.

Οι αντλίες πετρελαίου διακρίνονται σε παλινδρομικές και περιστροφικές και ελέγχονται είτε μηχανικά είτε ηλεκτρονικά.

Η περιστροφική αντλία πετρελαίου αποτελείται από τον κύριο άξονα όπου περιστρέφεται με τις μισές στροφές του στροφαλοφόρου άξονα για τετράχρονο κινητήρα, την πτερωτή αντλία παροχής όπου προσαρμόζει την πίεση αναλόγως των στροφών, το έμβολο της υψηλής πίεσης, τον φυγόκεντρο ρυθμιστή στροφών, το σύστημα περιστροφής και παλινδρόμησης του εμβόλου, τον ρυθμιστή της προπορείας ψεκασμού υδραυλικής λειτουργίας και το σύστημα μοχλών του ρυθμιστή ποσότητας καυσίμου. Για την τροφοδοσία του καυσίμου στους κυλίνδρους, από το έμβολο εξασφαλίζεται η ταυτόχρονη παροχή και διανομή του καυσίμου σε όλους τους κυλίνδρους και στη διάρκεια μιας περιστροφής το έμβολο κάνει τόσες διαδρομές όσοι είναι και οι κύλινδροι που πρέπει να τροφοδοτήσει με καύσιμο στα μπέκ. Συνεπώς, στη διάρκεια μιας περιστροφής του εμβόλου ψεκάζουν όλα τα μπέκ.

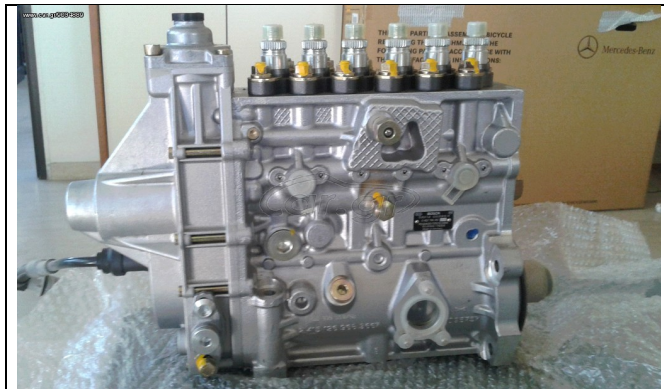
Η παλινδρομική αντλία πετρελαίου έχει τόσα έμβολα όσα και οι κύλινδροι του κινητήρα, τα οποία προωθούν το καύσιμο κάνοντας μόνο παλινδρομική κίνηση και στροφή γωνίας. Για κάθε μια στροφή το κάθε έμβολο κάνει μια διαδρομή αλλά δε διανέμει το καύσιμο μόνο το παρέχει και η ρύθμιση της ποσότητάς του γίνεται από τον οδοντωτό κανόνα και το μετρικό χιτώνιο. Η λίπανσή της γίνεται με λιπαντικό σε αντίθεση με την περιστροφική όπου γίνεται από το ίδιο το καύσιμο.

Στη συνέχεια, οι μηχανικά ελεγχόμενες αντλίες πετρελαίου χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρούς κινητήρες diesel όπως για παράδειγμα σε επιβατικά γύρω στα 2,51, σε μικρά φορτηγά μέχρι 6 κυλίνδρους και σε μικρά τρακτέρ.

Οι ηλεκτρονικά ελεγχόμενες αντλίες πετρελαίου (electronic diesel control – EDC) λειτουργούν δέχοντας εντολές από μια μονάδα ελέγχου. Σε αυτό μας οδήγησε η ανάγκη

μείωσης των ρύπων και τα καυσαέρια συγκεκριμένης σύνθεσης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με ένα μεγάλο αριθμό συστημάτων ελέγχου, η δυνατότητα ενσωμάτωσης συστημάτων και λειτουργιών και η δυνατότητα ανταλλαγής σημάτων εξόδου από άλλα συστήματα που για τη λειτουργία τους απαιτείται η τιμή ροπής του κινητήρα μια συγκεκριμένη στιγμή.

Οι διαφορές των ηλεκτρονικά ελεγχόμενων αντλιών πετρελαίου από αυτές των μηχανικά είναι μικρές, ωστόσο τα εξαρτήματα ρύθμισης αντικαταστάθηκαν με ηλεκτρονικά όπου με τη βοήθεια αισθητήρων λαμβάνουν εντολές από τη μονάδα ECU (electronic control unit - ECU). Μερικές από τις ηλεκτρονικές λειτουργίες είναι ο ηλεκτρονικός έλεγχος της θερμοκρασίας του κινητήρα για τον καθορισμό της ποσότητας του καυσίμου που πρέπει να ψεκαστεί, ο περιορισμός της ποσότητας εκκίνησης, ο ηλεκτρονικός έλεγχος ταχύτητας οχήματος, ο ηλεκτρονικός έλεγχος θέσης πεντάλ γκαζιού, ο ηλεκτρονικός έλεγχος έναρξης ψεκασμού, ο ηλεκτρονικός έλεγχος σταθερών στροφών και τέλος, ο ηλεκτρονικός έλεγχος βλαβών.



Εικόνα 2.13 : Εμβολοφόρα αντλία πετρελαίου κινητήρα MAN εταιρείας Bosch, πηγή : kostikidis – trucks



Εικόνα 2.14 : Αντλία πετρελαίου υψηλής πίεσης common rail εταιρείας Bosch, πηγή : Gm diesel

Εγχυτήρες (μπέκ)

Οι εγχυτήρες είναι το μέσο του καυσίμου για την εκχώρησή του με πίεση στον κύλινδρο. Αποτελεί το τελευταίο στάδιο του καυσίμου πριν τον κύλινδρο και με τη βοήθεια διαμορφωμένων ακροφυσίων το διασκορπίζουν. Ο ψεκασμός πρέπει να μπορεί να δώσει στον κινητήρα τόσο την ελάχιστη απαραίτητη ποσότητα καυσίμου για τη διατήρηση του κινητήρα στο ρελαντί όσο και τη μέγιστη στο πλήρες φορτίο του κινητήρα.

Το μπέκ αποτελείται από τη μαγνητική περιέλιξη με τις επαφές, το ακροφύσιο, τη βελόνα η οποία καθορίζεται από τον οπλισμό του ηλεκτρομαγνήτη, το ελικοειδές ελατήριο όπου συνεργάζεται με τη βαλβίδα και τέλος την ακίδα όπου βρίσκεται στο κάτω μέρος του σώματος του μπέκ.

Σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας των μπέκ, το ύψος πίεσεως ψεκασμού του καυσίμου φτάνει τα 1200bar και ο χρόνος έκχυσης στα 0,001s. Ο τρόπος έκχυσης του καυσίμου καθορίζεται από τη διάμετρο και το μήκος της οπής και επηρεάζει άμεσα την ισχύ της εξόδου, την εκπομπή του καυσαερίου και την κατανάλωση. Το ακροφύσιο είναι εκείνο που προσδιορίζει την τελική παροχή του καυσίμου εντός του κυλίνδρου και πρέπει να απομονώνει το σύστημα έκχυσης από τα συμπιεσμένα αέρια που επικρατούν μέσα σε αυτόν αλλά και από τις υψηλές θερμοκρασίες έως 1200 βαθμούς κελσίου.

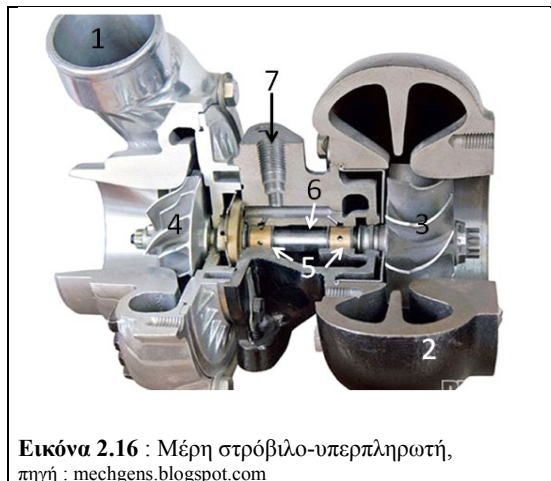
Τέλος, η σωστή συνεργασία μεταξύ αντλίας πετρελαίου και εγχυτήρα είναι απαραίτητη καθώς κατά τη διάρκεια όπου τα ακροφύσια παραμένουν ανοιχτά, θα πρέπει η πίεση του καυσίμου να ξεπερνά την πίεση της καύσης.



Εικόνα 2.15 : Εγχυτήρας κινητήρων MAN της εταιρείας Bosch,
πηγή : kiorsavvas – truck parts

2.1.9 Υπερπληρωτής αέρα (τουρμπίνα)

Ο υπερπληρωτής έχει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση του κινητήρα, καθώς πληρώνει τους κυλίνδρους του κινητήρα με περισσότερο αέρα, δημιουργώντας έτσι πιο αποδοτική καύση στον κύλινδρο (με την ανάλογη ποσότητα καυσίμου). Ο υπερπληρωτής συνδέεται άμεσα με την εισαγωγή, την εξαγωγή και το σύστημα ψύξης του αέρα. Αποτελείται από δύο συνδεδεμένα μέρη μορφής σαλιγκαριού όπου συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός άξονα. Η λειτουργία ξεκινάει από το κέλυφος του στροβίλου όπου παίρνει κίνηση από τα καυσαέρια του κινητήρα, καθώς συνδέεται στην εξαγωγή του. Έπειτα, ο στρόβιλος μέσω του άξονα και των ρουλεμάν περιστρέφει στον συμπιεστή. Έτσι, ο συμπιεστής με τη βοήθεια του κελύφους του δημιουργεί την κατάλληλη πίεση αέρα την οποία τροφοδοτεί στην εισαγωγή του κινητήρα αφού πρώτα περάσει από το ψυγείο αέρα (intercooler). Οι τιμές της πίεσης όπου τροφοδοτεί ο υπερπληρωτής σε κινητήρες φορτηγών κυμαίνονται από 2-2,5 bar στις 2000-2200 rpm, ενώ η περιστροφή του υπερπληρωτή φτάνει μέχρι και 250.000 rpm. Η παρουσία του ψυγείου αέρα (intercooler) είναι αναγκαία καθώς η θερμοκρασία του αέρα από τα καυσαέρια του κινητήρα επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης καύσης στον κύλινδρο. Το ψυγείο αέρα (intercooler) ψύχει τον αέρα στους 60 βαθμούς κελσίου όπου είναι η ιδανική θερμοκρασία για την καύση του κινητήρα και για την καλύτερη απόδοση.



Εικόνα 2.16 : Μέρη στρόβιλο-υπερπληρωτή,
πηγή : mechgens.blogspot.com

Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα τα μέρη του στρόβιλου – υπερπληρωτή είναι τα εξής :

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. Κέλυφος συμπιεστή | 2. Κέλυφος στρόβιλου |
| 3. Στρόβιλος | 4. Συμπιεστής αέρος |
| 5. Ρουλεμάν κίνησης άξονα | 6. Άξονας |
| 7. Αγωγός λαδιού (λίπανση) | |

2.1.10 Αντλία Λαδιού (Λίπανση)

Η αντλία λαδιού είναι ο μηχανισμός λίπανσης του κινητήρα σε όλα τα μέρη του. Στους περισσότερους κινητήρες φορτηγών βρίσκεται τοποθετημένη στο δοχείο λαδιού (κάρτερ). Η αντλία λαδιού με την συνεργασία των γραναζιών που έχει στο εσωτερικό της, πιέζει το λάδι του κινητήρα να κινηθεί προς τους αγωγούς αφού πρώτα φιλτραριστεί και καθαριστεί από το φίλτρο λαδιού. Για τη σωστή λειτουργία λίπανσης θα πρέπει οι τιμές της πίεσης λαδιού να είναι 2 bar στις σταθερές χαμηλές στροφές του κινητήρα (ρελαντί 650 rpm) και 5 bar στη μέγιστη ροπή του κινητήρα (2200 rpm). Η πίεση λαδιού ελέγχεται ανά πάσα χρονική στιγμή από το μανόμετρο που είναι τοποθετημένο στα όργανα του ταμπλό του φορτηγού. Η αντλία τροφοδοτεί άμεσα μέσω αγωγών του κορμού τον στροφαλοφόρο άξονα, τον εκκεντροφόρο άξονα, τα έμβολα με τους διωστήρες, όλο το σύστημα της κυλινδροκεφαλής και τα χιτώνια. Επιπλέον, λιπαίνονται ο υπερπληρωτής εξωτερικά του κορμού ο υπερπληρωτής και ο συμπιεστής αέρα.

Τέλος, για τη σωστή λίπανση του κινητήρα είναι απαραίτητη και η κατάλληλη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία του λαδιού από τις τριβές και από την καύση του κινητήρα αυξάνεται και προκειμένου να διατηρηθεί στη σωστή θερμοκρασία έχει τοποθετηθεί από τον κατασκευαστή ψυγείο λαδιού, όπου το διαπερνάει ο κύριος αγωγός του λαδιού και με αγωγή ψύχεται στους

80 βαθμούς κελσίου όπου είναι και η φυσιολογική θερμοκρασία λειτουργείας. Η ψύξη πραγματοποιείται από την κυκλοφορία νερού στο ψυγείο δια τους αγωγούς στο εσωτερικό του, όπου είναι συνδεδεμένοι στο κυκλικό σύστημα ψύξης.



Εικόνα 2.17 : Αντλία λαδιού κινητήρων MAN,
πηγή : Febi



Εικόνα 2.18 : Φίλτρο λαδιού κινητήρα MAN
μαζί με το ψυγείο λαδιού, πηγή: abparts

2.1.11 Αντλία Νερού

Η αντλία νερού είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο και έχει σχήμα σαλιγκαριού. Πάνω της φέρει τους θερμοστάτες και την τροχαλία κίνησης του άξονα. Η αντλία νερού κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό στους αγωγούς του κορμού του κινητήρα και κατ' επέκταση σε όλα τα συνεργά μέρη για την ψύξη τους. Η κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού στο κύκλωμα πραγματοποιείται από την περιστροφή της φτερωτής όπου φέρει στο εσωτερικό της, η οποία περιστρέφεται από την εξωτερική τροχαλία καθώς συνδέονται από τον άξονα. Η περιστροφή της τροχαλίας προέρχεται από το αντίβαρο του στροφαλοφόρου άξονα μέσω συνδετικών ιμάντων.

Η αντλία νερού λειτουργεί σε ένα κλειστό σύστημα το οποίο μεταβάλλεται αναλόγως της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού. Οι θερμοστάτες αναλόγως την θερμοκρασία ανοίγουν και κλείνουν δημιουργώντας δίοδο για δυο διαφορετικά κλειστά κυκλώματα. Το πρώτο κλειστό κύκλωμα αποτελείται από την τρόμπα νερού, τους αγωγούς και τις σωληνώσεις που το διανέμουν στον κινητήρα. Το δεύτερο κλειστό κύκλωμα αποτελείται από το πρώτο κλειστό κύκλωμα και το ψυγείο νερού με τις σωληνώσεις του. Η εναλλαγή στα κυκλώματα γίνεται ανάλογα με την τιμή της θερμοκρασίας και την επιλογή των θερμοστατών. Με την εκκίνηση του κινητήρα, η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού βρίσκεται σε θερμοκρασία

περιβάλλοντος και οι θερμοστάτες κλειστοί. Κατά την λειτουργία, η θερμοκρασία αυξάνεται και την στιγμή όπου η τιμή της φτάσει την τιμή της επιλεγμένης θερμοκρασίας (αναλόγως τον θερμοστάτη, πχ 80 βαθμούς κελσίου), τότε οι θερμοστάτες ανοίγουν και δημιουργούν το δεύτερο κύκλωμα ώστε το ψυκτικό υγρό να ρέει προς και μέσα από το ψυγείο νερού για να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα.

2.2 Αιτίες κυρίων βλαβών κινητήρα φορτηγού

2.2.1 Φυσιολογική φθορά κινητήρα

Με τον όρο φυσιολογική φθορά εννοούμε τη φθορά στην οποία επέλεξα να είναι η αιτία όπου θα ανακατασκευάσω τον κινητήρα της πτυχιακής μου, καθώς θεωρώ πως είναι και η συνηθέστερη αιτία ανακατασκευής όπου απαιτεί και την περισσότερη εργασία. Η φυσιολογική φθορά είναι κάτι αναπόφευκτο σε μία ΜΕΚ πόσο μάλλον όταν πρόκειται για κινητήρες φορτηγών όπου τα φορτία καταπόνησης είναι μεγάλα. Με τις ώρες λειτουργίας ενός κινητήρα οι τριβές, οι θερμοκρασίες, οι δυνάμεις και οι διαβρώσεις έχουν επιρροή στο εσωτερικό μέρος του όσο καλή συντήρηση και αν γίνεται σε βάθος χρόνου αυτή η φθορά είναι αναπόφευκτη.

Αρχικά τα πρώτα σημάδια ένδειξης παρατηρούνται από τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής και είναι εμφανή με γυμνό οφθαλμό. Λευκός καπνός στην εξαγωγή καταλήγοντας στην εξάτμιση όπου αυτό υποδηλώνει την παρουσία νερού στον χώρο καύσεως το οποίο εξατμίζεται με την καύση. Η παρουσία νερού οφείλεται στην φθορά (καμένες) των ειδικών φλάντζων όπου υπάρχουν ανάμεσα στη κεφαλή και στον κορμό και πάνω από το χιτώνιο, με αποτέλεσμα την μη επαρκή στεγανοποίηση του χώρου καύσεως από τον αγωγό του ψυκτικού υγρού (νερού). Επιπρόσθετα, σε άλλες περιπτώσεις όπου οι φλάντζες της κεφαλής είναι καμένες και δεν γίνεται σωστή στεγανοποίηση στον χώρο καύσεως, έχει σαν αποτέλεσμα την πτώση πίεσης στον χρόνο της συμπίεσης καθώς απελευθερώνεται αέρας στο περιβάλλον από το σημείο όπου η φλάντζα έχει φθαρεί με αποτέλεσμα ο κινητήρας να έχει χαμηλότερη απόδοση.

Αξιοσημείωτη επίσης είναι και η περίπτωση στην οποία, με την φθορά της φλάντζας της κεφαλής περνάει συμπίεση από τον χώρο καύσεως στον αγωγό ψυκτικού υγρού (νερό) με αποτέλεσμα να δημιουργείται υψηλή πίεση στο κύκλωμα και να εκτονώνεται εκτοξεύοντας το ψυκτικό υγρό από την βαλβίδα ανακουφίσεως του ψυγείου νερού, δημιουργώντας έτσι συνεχή διαρροή του ψυκτικού υγρού και κατά συνέπεια την μη σωστή ψύξη του κινητήρα.

Ακόμη μία ένδειξη φυσιολογικής φθοράς είναι η παρουσία αναθυμιάσεων από την τάπα λαδιού και τον δείκτη λαδιού, δηλαδή η παρουσία καυσαερίων στο κάρτερ (δοχείο αποθήκευσης λαδιού). Αυτό οφείλεται στη φθορά των ελατηρίων του εμβόλου με αποτέλεσμα τη μη σωστή στεγανοποίηση την στιγμή της καύσης. Συνεπώς, ένα μέρος των καυσαερίων να εισχωρεί στο κάρτερ.

2.2.2 Κακή συντήρηση

Η κακή συντήρηση του κινητήρα ενός φορτηγού μειώνει δραματικά τον χρόνο ζωής του και κάποιες φορές μπορεί να αποβεί μοιραίος προκαλώντας ζημιές όπου καταστρέφουν τον κινητήρα, ακόμη και σε σημείο μη αναστρέψιμο όπου ο κινητήρας δεν επισκευάζεται. Αλλαγή λαδιών κινητήρα, έλεγχος στάθμης ψυκτικού υγρού, αλλαγή φίλτρου ξηραντήρα,

αλλαγή φίλτρων πετρελαίου, λαδιού και αέρα είναι μερικές από τις βασικότερες διαδικασίες συντήρησης. Η βασική συντήρηση από τους περισσότερους κατασκευαστές συνίσταται ανά 50000-60000 χιλιόμετρα ή το πέρασμα ενός έτους λειτουργίας παρόλα αυτά προληπτικά συνηθίζεται να γίνεται στα 25000-30000 χιλιόμετρα αναλόγως και την μορφή εργασίας του φορτηγού.

- 1) Περίπτωση καθυστερημένης ή καθόλου αλλαγής λαδιών και φίλτρων λαδιού. Αυξημένη φθορά σε όλα τα μέρη του κίνητρα (έμβολα - κύλινδρος, διωστήρες, κουζινέτα, κομβία, στροφαλοφόρος άξονας, εκκεντροφόρος άξονας, βαλβίδες , πιανόλες και γρανάζια χρονισμού), καθώς το λάδι δρα για την αποφυγή τριβών, για ψύξη και καθαρισμό του κίνητρα. Τα φίλτρα λαδιού βουλώνουν με αποτέλεσμα η κυκλοφορία του μειώνεται. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω τριβών και μη σωστής ψύξης . Οι βλάβες που προκύπτουν από την αύξηση της θερμοκρασίας είναι οι ακόλουθες :
 - ✓ κόλληση μεταξύ εμβόλων και χιτωνίων,
 - ✓ λυγισμό διωστήρων,
 - ✓ εμφανή φθορά μετάλλων διωστήρων και στροφαλοφόρου άξονα,
 - ✓ θραύση ελατηρίων εμβόλων,
 - ✓ θραύση εμβόλου,
 - ✓ ολική καταστροφή στροφαλοφόρου άξονα στα σημεία έδρασης

- 2) Περίπτωση μη αλλαγής φίλτρων πετρελαίου και χρήση μη καθαρού πετρελαίου. Τα φίλτρα πετρελαίου με τη χρήση, βουλώνουν και εμποδίζουν τη σωστή κυκλοφορία του, έχοντας ως πρώτο αποτέλεσμα την πτώση απόδοσης του κινήτρα και μετέπειτα την δυσλειτουργία και την βλάβη της αντλίας πετρελαίου αλλά και των μπέκ. Κατά συνέπεια, λανθασμένη ποσότητα καυσίμου ψεκάζεται στον χώρο καύσεως και έτσι αυξάνεται η τοπική θερμοκρασία σε μεγάλο βαθμό που αλλοιώνει το έμβολο, το χιτώνιο, τις βαλβίδες εισαγωγής και μπορεί να προκαλέσει ζημιά ακόμη και στη φτερωτή του υπερπληρωτή.

- 3) Μη σωστή συντήρηση στο κύκλωμα ψύξης, αλλαγή θερμοστατών, αντλία νερού, ψυγείου και χρήση προβλεπόμενου ψυκτικού υγρού. Με τη μη σωστή ψύξη του κινήτρα, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας κυρίως σε χώρο καύσεως και μπλοκ. Η συνηθέστερη βλάβη είναι η άμεση φθορά της φλάντζας μεταξύ κυλινδροκεφαλής και κυλίνδρου αλλά και σε πολλές περιπτώσεις όταν αντικαθίσταται το ψυκτικό υγρό από απλό νερό βρύσης, παρατηρείται διάβρωση στα χιτώνια στην εξωτερική τους επιφάνεια όπου ακουμπάει το ψυκτικό υγρό για την ψύξη του. Σε εκείνο λοιπόν το σημείο, γίνεται ηλεκτρόλυση και αρχίζει να περνάει ψυκτικό υγρό στον χώρο καύσεως.

2.2.3 Ανθρώπινος παράγοντας

Είναι πολλές οι περιπτώσεις όπου κατά τις εργασίες πάνω σε ένα κινήτρα γίνεται κάποιο λάθος από τον μηχανικό ή ακόμη και τον οδηγό του φορτηγού και αυτό μπορεί να οδηγήσει

σε δυσλειτουργία ή καταστροφή του κινητήρα. Αρχικά, ο λανθασμένος χειρισμός του φορτηγού, η μη παρακολούθηση των ενδείξεων θερμοκρασίας, στάθμης λαδιού, ψυκτικού υγρού και η μη προσεκτική λειτουργία, μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του κινητήρα όπως για παράδειγμα σε υπερστροφή. Συχνή αιτία είναι όταν οι κοιλίες δεν σφίγγονται με βάση το εγχειρίδιο του κατασκευαστή αλλά απλά με το χέρι, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μη σωστή λειτουργία του κινητήρα μικραίνοντας τη διάρκεια ζωής του.

Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι γίνεται λάθος στην τοποθέτηση των φλαντζών και των o-rings, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαρροές και μη σωστές στεγανοποιήσεις. Ακόμη μια αιτία βλάβης από ανθρώπινο παράγοντα είναι όταν κατά τη διάρκεια συναρμολόγησης ενός κινητήρα των εσωτερικών εξαρτημάτων του, δεν έχει γίνει σωστός καθαρισμός με αέρα και πλύσιμο με ειδικό υγρό (ή με βενζίνη) στα εξαρτήματα και στους αγωγούς, με αποτέλεσμα κατά την λειτουργία να δημιουργούνται τριβές από τυχόν σκόνες ή ρινίσματα και συνεπώς φθορές. Τέλος, μια ακόμη βασική αιτία είναι τα σφάλματα μετρήσεων που μετέπειτα οδηγούν και σε λάθος κατεργασίες ή και λάθος επιλογή εξαρτημάτων. Για παράδειγμα, λάθος πλανιάριμα στην κυλινδροκεφαλή και στον κορμό, λάθος εκτίμηση στην λειτουργία εκκεντροφόρου άξονα στις ανυψώσεις του και λάθος επιλογή χιτωνίων πχ. over sized.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

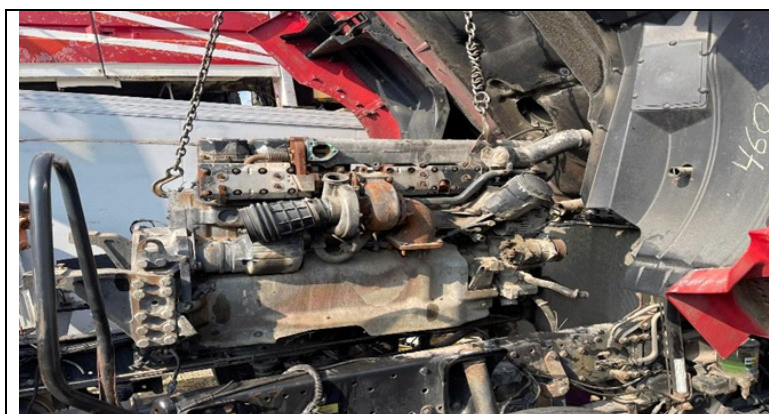
ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΦΟΡΤΗΓΟΥ

3.1 Επιλογή κινητήρα

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο είναι το κυρίως θέμα της εργασίας, γίνεται ανάλυση και παρουσίαση της ανακατασκευής ενός κινητήρα φορτηγού MAN.

Η επιλογή ενός τέτοιου κινητήρα με ενδιαφέρει ιδιαίτερος καθώς έχω εμπειρία πάνω σε αυτούς λόγω της επαγγελματικής μου απασχόλησης στην εταιρία ZK TRUCK PARTS όπου και ειδικεύεται σε αυτές τις μηχανές. Στο σημείο από το οποίο θα ξεκινήσουμε ο κινητήρας βρίσκεται αποσυναρμολογημένος και όλα τα εξαρτήματα του είναι σχολαστικά πλυμένα και καθαρισμένα καθώς είναι απαραίτητα για την σωστή λειτουργία της μηχανής. Όλες οι ενέργειες γίνονται με γνώμονα το ειδικό μάνιουαλ επισκευής όπου δίνει ο κατασκευαστής. Όλη η διαδικασία έλαβε μέρος στις εγκαταστάσεις της εταιρίας ZK Truck Parts και με την

βοήθεια του μηχανικού και ιδιοκτήτη της εταιρίας Κεφάλαι Ευάγγελο, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την υποστήριξη της εργασίας μου με την παραχώρηση του κινητήρα, του χώρου και των εργαλείων του.



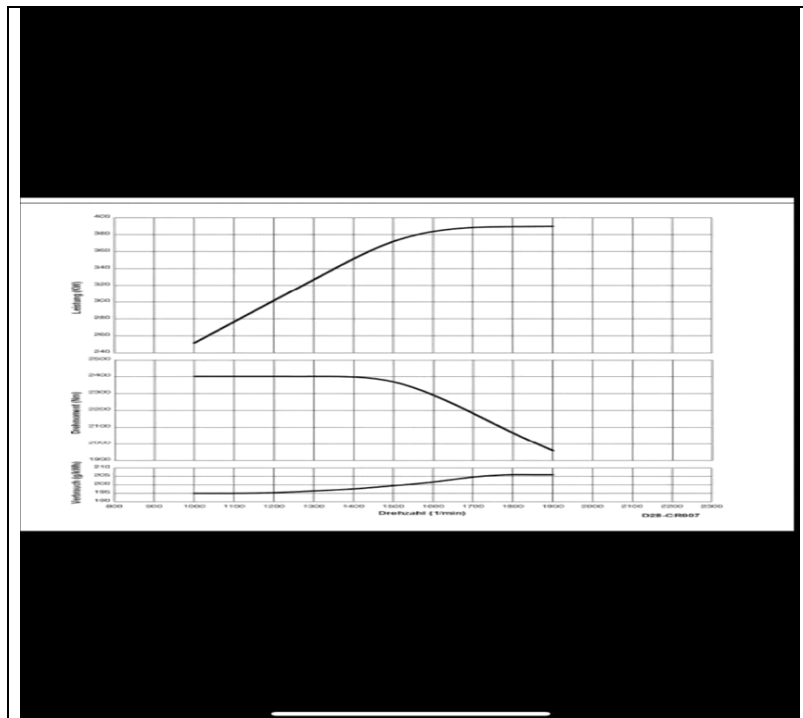
Εικόνα 3.1 : Στιγμιότυπο από την εξαγωγή του κινητήρα στις εγκαταστάσεις ZK Truck parts,
πηγή : ZK truck parts

3.2 Κινητήρας

Ο κινητήρας που επέλεξα είναι ο D 2876 LF 04 της εταιρίας MAN με ισχύ 353 kw (480 Hp), οποίος τοποθετείται σε μοντέλα TG A (Trucknology Generation και A για οχήματα με ωφέλιμο φορτίο άνω των 18 τόνων) 480 και TG S 480, σε τράκτορα, σε σασί τριών αξόνων και σε σασί τεσσάρων αξόνων.

D 2876 LF 12 Euro 3	
Model.....	R6 TI-EDC (4 V)
Cylinder arrangement.....	6 cylinders inline
Max. power.....	353 kW / 480 hp
Rated speed.....	1900 1/min
Max. torque.....	2300 Nm
Speed at max. torque.....	1000 to 1300 1/min
Capacity.....	12,816 cm ³
Bore / stroke.....	128 / 166
Ignition sequence.....	1-5-3-6-2-4
Cylinder 1 location.....	fan side
Combustion process, injector.....	7-jet
Compression.....	18
Idling speed.....	600 1/min
Valve play on cold engine.....	IV 0.50 mm
Valve play exhaust with EVB.....	EV 0.80 mm / 0.60 mm
Compression pressure.....	> 28 bar
Admissible pressure difference between cylinders.....	max. 4 bar
Coolant.....	50 (I/R 58) liters
Oil charge.....	42 liters
Fuel system.....	Bosch EDC 7
Fan coupling actuation.....	hydroelectric
Weight (dry) with WR.....	1071 kg
K factor.....	1.3 m ¹

Εικόνα 3.2 : Τεχνικά χαρακτηριστικά κινητήρα,
πηγή : Scribd



Εικόνα 3.3 : Διαγράμματα ροπής, ισχύος και κατανάλωσης καυσίμου,
πηγή : Scribd

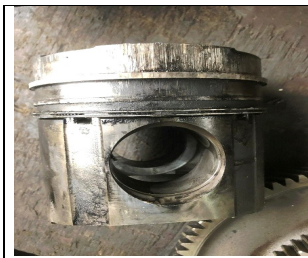
Ο κινητήρας ήταν τοποθετημένος σε έναν τράκτορα TGA 480 ο οποίος είχε αποσυρθεί και είχε τεθεί προς ανακύκλωση. Η μηχανή είχε υποστεί φθορά η οποία ήταν εμφανής εξ αρχής καθώς από τον τρίτο κύλινδρο έλειπε το καπάκι (κυλινδροκεφαλή ή πώμα), το χιτώνιο και το έμβολο. Από τα σημάδια καταλάβαμε πως η φθορά προήλθε από αυξημένη θερμοκρασία, προφανώς από απώλεια ψυκτικού υγρού ή μη επαρκή λίπανση. Κατά την αποσυναρμολόγηση παρατηρήσαμε φθορά επίσης στα μέταλλα μπιελών, στροφαλοφόρου άξονα αλλά και στα έμβολα.



Εικόνα 3.4 : Στιγμιότυπο χιτωνίων κατά την αποσυναρμολόγηση του κινητήρα,
πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 3.4 : Στιγμιότυπο από τον 3^ο κύλινδρο του κινητήρα κατά την αποσυναρμολόγηση,
πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 3.5 : Στιγμιότυπο φθαρμένου εμβόλου του κινητήρα μας κατά την αποσυναρμολόγηση,
πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 3.6 : Στιγμιότυπο φθαρμένου κυλίνδρου κατά την αποσυναρμολόγηση,
πηγή : ZK truck parts

3.2.1 Έλεγχος και προετοιμασία κορμού (block)

Έχοντας αφαιρέσει όλα τα μέρη από τον κορμό αφήνοντάς τον τελείως άδειο, ξεκινήσαμε την επεξεργασία της επιφάνειάς του.

Επεξεργασία επιφανείας κορμού

Για την επεξεργασία του κορμού χρησιμοποιήσαμε την πλάνη SP1300Y της AZ MACHINE TOOLS.

Τοποθετήσαμε τον κορμό στις βάσεις της πλάνης και έπειτα τον φέραμε σε ευθεία με την βοήθεια μικρομέτρου ακριβείας με εύρος μέτρησης 0,10 mm και βήμα μέτρησης 0,01 mm. Αρχικά, στον τροχό της πλάνης τοποθετήσαμε το μικρόμετρο στο ακριβές σημείο όπου

εισέρχεται το κοπτικό εργαλείο. Στη συνέχεια, φέραμε την μία από τις τέσσερις γωνίες του κορμού σε επαφή, μέχρι να πάρουμε τιμή τουλάχιστον 0,02mm, έπειτα μηδενίσαμε το μικρόμετρο ακριβείας και έτσι πήραμε σημείο αναφοράς του ύψους του κορμού στη μία γωνία. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, κάναμε ακριβώς το ίδιο και στις υπόλοιπες γωνίες αλλά ρυθμίζοντας το ύψος του κορμού ώστε να πάρουμε την τιμή 0 στο μικρόμετρο ακριβείας. Έτσι, φέραμε τον κορμό σε πλήρη ευθεία και προχωρήσαμε στο επόμενο στάδιο όπου ήταν ο καθαρισμός της επιφάνειας.

Αντικαταστήσαμε λοιπόν το μικρόμετρο ακριβείας με το κοπτικό μας εργαλείο (μαχαίρι). Ρυθμίσαμε την πλάνη στις 750 rpm και βάθος κοπής 0,04mm. Σε κάθε πέρασμα του κοπτικού εργαλείου προσθέταμε 0,04 mm βάθος κοπής, ώσπου να καθαριστεί τελείως η επιφάνεια του κορμού. Συνολικά κατεβάσαμε την επιφάνεια του κορμού 0,28 mm (ανώτατο όριο 0,4 mm).

Αφού τελειώσαμε με τον έλεγχο του κορμού, με μεγάλη προσοχή πλύναμε το εσωτερικό του. Με ειδικό υγρό (στην περίπτωση μας βενζίνη) και με πίεση αέρα πλύναμε σχολαστικά τους αγωγούς και όλα τα σημεία έδρασης. Τελευταίο βήμα για την προετοιμασία του κορμού, ήταν η τοποθέτηση των μετάλλων του εκκεντροφόρου άξονα στα σημεία έδρασής του.



Εικόνα 3.7 : Στιγμιότυπο από την επεξεργασία επιφάνειας (σημείο αναφοράς),
πηγή : Ρεκτιφιέ Express



Εικόνα 3.8 : Στιγμιότυπο τελικού αποτελέσματος της επεξεργασίας επιφάνειας με δοκιμή ανύψωσης χιτωνίου, πηγή : Ρεκτιφιέ Express



Εικόνα 3.9 : Στιγμιότυπο κατά τη λειτουργία της πλάνης SP1300Y της AZ MACHINE TOOLS, πηγή : Ρεκτιφιέ Express

3.2.2 Προετοιμασία και τοποθέτηση χιτωνίων

Η αγορά των χιτωνίων είναι απαραίτητη σε μια επισκευή και καλό είναι να μην χρησιμοποιούμε μεταχειρισμένα ασχέτως κατάστασης. Προμηθευτήκαμε τα χιτώνια και ξεκινήσαμε την διαδικασία προετοιμασίας. Έχοντας λοιπόν ετοιμάσει τον κορμό, ξεκινήσαμε με την πλύση των χιτωνίων η οποία απαιτεί σχολαστικό πλύσιμο με βενζίνη. Έπειτα, τοποθετήσαμε τα ο-ρινγκ στο σώμα του χιτωνίου και μετέπειτα τα τοποθετήσαμε στον κορμό. Για να τα φέρουμε στο σωστό σημείο εφαρμογής, τοποθετήσαμε ειδικούς κοχλίες μεγάλης διαμέτρου οι οποίοι τα πιέζουν προς την επιφάνεια του κορμού. Με μικρόμετρο ελέγξαμε την διαφορά ύψους κορμού και χιτωνίου (επιθυμητή τιμή διαφοράς 0,04-0,08mm, με βάση τον κατασκευαστή), συμπεράναμε ότι είναι στα επιθυμητά όρια και έτσι προχωρήσαμε στο επόμενο βήμα.

Διαστάσεις χιτωνίων :

- Οπή 127,99 – 128,01 mm
- Μέγιστο όριο φθοράς 0,15 mm πάνω από το βασικό μέγεθος

- Μήκος χιτωνίου κυλίνδρου 270 (+/-) 0,05 mm
- Προεξοχή χιτωνίου 0,03mm – 0,08mm (0,03mm το ελάχιστο δυνατό)



Εικόνα 3.10 : Στιγμιότυπο από τα χιτώνια (Kolbenschmidt),
πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 3.11 : Στιγμιότυπο κάτοψης χιτωνίου,
πηγή : ZK truck parts

3.2.3 Έλεγχος και τοποθέτηση στροφαλοφόρου άξονα

Έλεγχος στροφαλοφόρου άξονα

Για να ελέγξουμε τον στροφαλοφόρο άξονα χρησιμοποιήσαμε μικρόμετρο, μετρώντας τις διαμέτρους των κομβίων μπιελών και των κομβίων βάσεων. Με βάση τον κατασκευαστή, η διάμετρος των κομβίων βάσης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 103,73 – 103,75mm και η διάμετρος των κομβίων μπιελών μεταξύ 89,73 – 89,75mm.

Κάνοντας λοιπόν τις μετρήσεις, διαπιστώσαμε ότι οι τιμές μας ήταν εντός των παραπάνω ορίων και έτσι προχωρήσαμε στην τοποθέτηση του στροφαλοφόρου άξονα.



Εικόνα 3.12 : Στιγμιότυπο από τον έλεγχο του στροφαλοφόρου άξονα, πηγή : ZK truck parts



Εικόνα 3.13 : Στιγμιότυπο από τον έλεγχο του στροφαλοφόρου άξονα, πηγή : ZK truck parts

Τοποθέτηση στροφαλοφόρου άξονα

Έχοντας ελέγξει λοιπόν τον στροφαλοφόρο άξονα, τον καθαρίσαμε σχολαστικά σε όλα τα σημεία και τους αγωγούς του. Το επόμενο βήμα ήταν η τοποθέτηση των μετάλλων του στροφαλοφόρου άξονα στα κομβία του κορμού και στα καβαλέτα του, τα οποία αγοράστηκαν εκ νέου. Η τοποθέτηση των μετάλλων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και καθαριότητα.

Αφού τα πλύνουμε σχολαστικά με βενζίνη, τοποθετήσαμε προσεκτικά στα κομβία του κορμού τα μέταλλα με την εγκοπή για οδηγό. Η θέση του μετάλλου είναι συγκεκριμένη και υποδεικνύεται από την προαναφερόμενη εγκοπή και από την οπή παροχής λαδιού για την λίπανση τόσο στα κομβία όσο και στα καβαλέτα. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάστηκε στην τοποθέτηση του μετάλλου του 4^{ου} κομβίου βάσης του στροφαλοφόρου άξονα, καθώς διαφέρει από τα υπόλοιπα. Αφού τοποθετήσαμε τα μέταλλα στα κομβία και βάλαμε λιπαντικό στην επιφάνεια τριβής τους, εδράσαμε τον στροφαλοφόρο άξονα στον κορμό και έπειτα τοποθετήσαμε τα καβαλέτα σε αυτόν έχοντας πρώτα λιπάνει τις επιφάνειες τριβής των μετάλλων. Τελευταίο βήμα ήταν η σύσφιξη των κοχλιών των καβαλέτων, τα οποία σφίχτηκαν με δυναμόκλειδο ρυθμισμένο στα 200 Nm και στις 90 μοίρες.

Διαστάσεις μετάλλων κομβίων βάσεως :

- Πάχος τοιχώματος : 3,591 έως 3,603mm
- Πλάτος μετάλλου προσαρμογής (4^{ου} κομβίου) : 46,24 έως 46,31mm
- Πάχος μάγουλων μετάλλου προσαρμογής (4^{ου} κομβίου) : 3,613 έως 3,638mm

- Εσωτερική διάσταση εδράνου (όταν είναι τοποθετημένο) : 103,816 έως 103,862mm

Τοποθέτηση σφονδύλου

Ο παλιός σφόνδυλος αντικαταστάθηκε με νέο. Για την τοποθέτησή του πάνω στους κυλινδρικούς οδηγούς, προσέξαμε συγχρόνως να ταιριάζει ο πείρος προσαρμογής με την οπή και τον σπρώξαμε στη θέση του. Τέλος, σφίξαμε με ροπόκλειδο 250Nm και 90 μοίρες.

3.2.4 Έλεγχος και τοποθέτηση εκκεντροφόρου άξονα

Έλεγχος εκκεντροφόρου άξονα

Ο έλεγχος του εκκεντροφόρου άξονα ήταν μια σχετικά απλή διαδικασία. Μετρήσαμε τα υψομετρικά του στα κομβία και στα αμύγδαλα τα οποία ενεργοποιούν τις βαλβίδες. Διαπιστώσαμε ότι είναι σε καλή κατάσταση καθώς, οι επιφάνειες των κομβίων και των αμυγδάλων ήταν καθαρές και δεν υπήρχε διαφορά στις τιμές που πήραμε με το μικρόμετρο στα ύψη των αμυγδάλων. Έτσι, προχωρήσαμε στην τοποθέτηση του εκκεντροφόρου άξονα.

Τοποθέτηση εκκεντροφόρου άξονα

Αρχικά, πλύναμε σχολαστικά τον εκκεντροφόρο άξονα και με ειδικό τριχωτό πανί (τζίβα), λειάναμε τις επιφάνειες τριβής του. Πρώτα, τοποθετήσαμε τους επικρουστήρες στις υποδοχείς του κορμού, λιπαίνοντάς τους. Μετά τους επικρουστήρες, τοποθετήσαμε και τον εκκεντροφόρο άξονα στην υποδοχή του, αφού πρώτα λιπάνουμε τα κομβία έδρασής του με λάδι και χρονίσαμε το γρανάζι του με το γρανάζι του στροφαλοφόρου άξονα. Ο χρονισμός έγινε εύκολα, καθώς ο κατασκευαστής είχε μεριμνήσει τοποθετώντας χαραγμένες 3 κουκίδες στα δόντια των γραναζιών, μία σε ένα δόντι από το γρανάζι του εκκεντροφόρου άξονα και 2 σε γρανάζι του στροφαλοφόρου άξονα, έτσι φαίνεται ακριβώς πως πρέπει να τοποθετηθεί ο εκκεντροφόρος άξονας ώστε να συγχρονιστεί με τον στροφαλοφόρο άξονα. Έχοντας έτσι ρυθμίσει τον χρόνο ενεργοποίησης βαλβίδων.



Εικόνα 3.14 : Σημείο τοποθέτησης εκκεντροφόρου άξονα,
πηγή : ZK Truck Parts

3.2.5 Προετοιμασία και τοποθέτηση εμβόλων διωστήρων

Έλεγχος διωστήρων

Αρχικά, ελέγξαμε την εσωτερική διάμετρο στους αντιτριβικούς δακτυλίους των πείρων των εμβόλων με τη βοήθεια μικρομέτρου εσωτερικών διαμέτρων. Με βάση τον κατασκευαστή τα αποδεκτά όρια είναι 50,055 έως 50,065mm. Επίσης, ελέγξαμε την εσωτερική διάμετρο οπής του εδράνου όταν είναι τοποθετημένο. Οι επιτρεπόμενες τιμές του κατασκευαστή κυμαίνονται από 90,075 έως 90,120mm (με καινούργια μέταλλα). Με τις μετρήσεις που κάναμε, διαπιστώσαμε ότι οι τιμές μας ήταν εντός των επιτρεπόμενων ορίων, συνεπώς, προχωρήσαμε στην τοποθέτηση των διωστήρων.

Τα έμβολα και τα ελατήρια αντικαταστάθηκαν με καινούργια.

Τοποθέτηση διωστήρων

Έχοντας ελέγξει τους διωστήρες ξεκινήσαμε την προετοιμασία για την τοποθέτηση. Αρχικά, πλύναμε σχολαστικά τα έμβολα με βενζίνη, τους διωστήρες και τα μέταλλά τους, τους πηρούς και τα ελατήρια.

Τοποθέτηση ελατηρίων στα έμβολα

Με τη βοήθεια του ειδικού εργαλείου, εξολκέα ελατηρίου τοποθετήσαμε ένα ένα τα ελατήρια. Αρχικά, τοποθετήσαμε στην πρώτη αύλωση το ορθογώνιο ελατήριο συμπίεσης, στη δεύτερη το ελατήριο συμπίεσης με κωνική επιφάνεια και στην τρίτη και τελευταία το διπλό σωληνοειδή ελατήριο λαδιού. Στο τέλος, τα ελατήρια τα τοποθετήσαμε με τέτοιο τρόπο, ώστε το κενό του κάθε ελατηρίου να απέχει 120 μοίρες από το άλλο.



Εικόνα 3.15 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση και ρύθμιση των ελατηρίων των εμβόλων, πηγή : ZK Truck parts



Εικόνα 3.16 : Στιγμιότυπο ελατηρίων GOETZE κατά την τοποθέτηση, πηγή : ZK Truck Parts

Σύνδεση εμβόλων με διωστήρες

Η σύνδεση έγινε με τον πυρρό τον οποίο φέρει το έμβολο στην οπή στο κάτω μέρος του, όπου αυτός ο πυρρός συγκρατείται από δύο ασφάλειες δεξιά και αριστερά από την οπή.

Έπειτα, σειρά είχαν τα καινούργια μέταλλα των διωστήρων όπου τοποθετήθηκαν στο κάτω μέρος του διωστήρα και στο καβαλέτο του, με συγκεκριμένη θέση η οποία υποδεικνύεται από την προσχεδιασμένη εγκοπή αλλά και από την οπή λίπανσης.



Εικόνα 3.17 : Στιγμιότυπο ολοκληρωμένης σύνδεσης διωστήρα – εμβόλου (με εμφανή σημεία : πύρος και ασφάλεια), πηγή : ZK Truck Parts

Τοποθέτηση εμβόλων – διωστήρων

Αρχικά, λιπάνουμε τα χιτώνια, τα έμβολα και τα μέταλλα μπιελών. Στη συνέχεια, για την εφαρμογή των εμβόλων στο εσωτερικό των χιτωνίων χρησιμοποιήσαμε ειδικό εργαλείο, σφικτήρα ώστε να συμπιεστούν τα ελατήρια του εμβόλου και να περάσουν στα χιτώνια. Παράλληλα, προσέξαμε οι διωστήρες να εδράσουν στα κομβία του στροφαλοφόρου άξονα. Στο τέλος, σε κάθε διωστήρα τοποθετήσαμε το αντίστοιχο καβαλέτο για τη σύσφιξή του

στον στροφαλοφόρο άξονα, προσέχοντας να τοποθετηθεί με τη σωστή φορά, έχοντας ως οδηγό τους αριθμούς που αναγράφονται στο καβαλέτο και στον κορμό του διωστήρα αντίστοιχα, να είναι στην ίδια πλευρά. Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διαδικασίας σφίξαμε τους κοχλίες των καβαλέτων με γωνιοροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 100 nm και 90 μοίρες.



Εικόνα 3.18 : Στιγμιότυπο κατά την προετοιμασία πριν την τοποθέτηση, πηγή : ZK Truck Parts



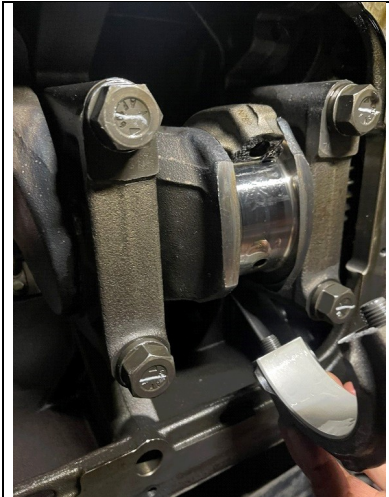
Εικόνα 3.19 : Στιγμιότυπο κατά την προετοιμασία πριν την τοποθέτηση, ειδικός σφικτήρας ελατηρίων, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.20 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση εμβόλων – διωστήρων,
πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.21 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση
εμβόλων – διωστήρων, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.22 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση καβαλέτου του διωστήρα, σύνδεση με στροφαλοφόρο άξονα, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.23 : Στιγμιότυπο από το τέλος της τοποθέτησης (έμβολο – χιτώνιο) , πηγή : ZK Truck Parts

3.2.6 Έλεγχος προετοιμασίας και τοποθέτησης κυλινδροκεφαλών (καπάκια)

Η διαδικασία ελέγχου των καπακιών (κυλινδροκεφαλών) ήταν απαραίτητη, καθώς η συγκεκριμένη μηχανή είχε διανύσει πάνω από 500.000 χλμ. και οι ώρες λειτουργίας της ήταν πολλές. Ο έλεγχος των καπακιών έγινε σε ειδικό μηχανουργείο (ρεκτιφιέ) από εξειδικευμένο προσωπικό.

Αρχικά, αποσυναρμολογήσαμε τελείως το καπάκι αφαιρώντας τις βαλβίδες, τα ελατήρια των βαλβίδων και τα τσιμουχάκια των βαλβίδων. Το αμέσως επόμενο στάδιο ήταν να ελέγξουμε εάν τα καπάκια είχαν κάποιο ρήγμα.

➤ Έλεγχος ρηγμάτων

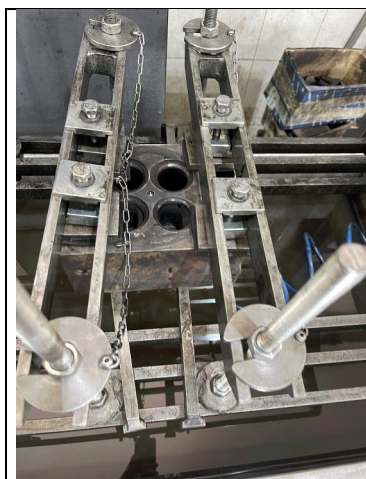
Ο έλεγχος έγινε με πρέσα PTR 1600L.

Τοποθετήσαμε το κάθε ένα καπάκι ξεχωριστά. Το καπάκι στηρίζεται στην κινούμενη βάση της πρέσας και βιδώνεται ώστε να είναι σταθερό. Έπειτα ταπώσαμε όλους τους αγωγούς νερού εκτός από έναν στον οποίο βάλουμε το αρσενικό κούμπωμα όπου θηλυκώνει το μαρκούτσι παροχής πεπιεσμένου αέρα, στη συνέχεια κουμπώσαμε το μαρκούτσι και έτσι η πρέσα έστειλε αέρα στο εσωτερικό του καπακιού πίεσης 4-5 bar . Τέλος, βυθίσαμε το καπάκι στο δοχείο νερού (αντιψυκτικό υγρό), το οποίο είχε θερμανθεί από την πρέσα στους 60 βαθμούς κελσίου, ακριβώς μέχρι να καλυφθεί το καπάκι και τότε με έναν απλό φακό ελέγξαμε για τυχόν φυσαλίδες στην επιφάνεια του νερού. Η διαδικασία έγινε και στα 6 καπάκια επιτυχώς. Στην περίπτωση φυσαλίδων θα σήμαινε ότι υπάρχει ρήγμα και συνεπώς θα χρειαζόταν το καπάκι αντικατάσταση.

Αφού τελειώσαμε με τον έλεγχο ρηγμάτων σειρά είχε ο καθαρισμός της επιφάνειας των καπακιών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε ρεκτιφιέ επιφανείας δηλαδή φινίρισμα της επιφάνειας όπου κλείνει τον χώρο καύσεως, καθώς από τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις η επιφάνεια έπαψε να είναι επίπεδη.



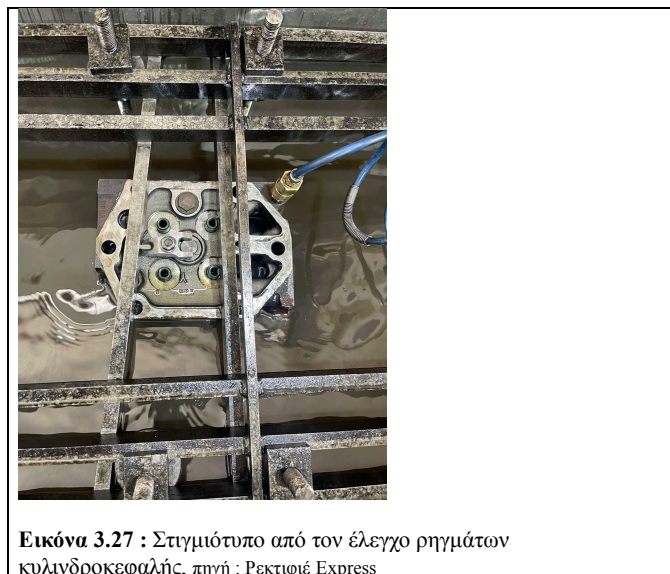
Εικόνα 3.24 : Στιγμιότυπο κατά τον έλεγχο ρηγμάτων κυλινδροκεφαλής,
πηγή : Ρεκτιφιέ Express



Εικόνα 3.25 : Στιγμιότυπο κατά τη σύνδεση του καπακιού με την πρέσα PTR 1600L,
πηγή : Ρεκτιφιέ express



Εικόνα 3.26 : Απεικόνιση της πρέσας ελέγχου ρηγμάτων κυλινδροκεφαλής, πηγή : Ρεκτιφιέ Express



Εικόνα 3.27 : Στιγμιότυπο από τον έλεγχο ρηγμάτων κυλινδροκεφαλής, πηγή : Ρεκτιφιέ Express

➤ Διαδικασία ρεκτιφιέ επιφανείας

Για τη συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιήσαμε την πλάνη RP1300 της εταιρείας COMEC.

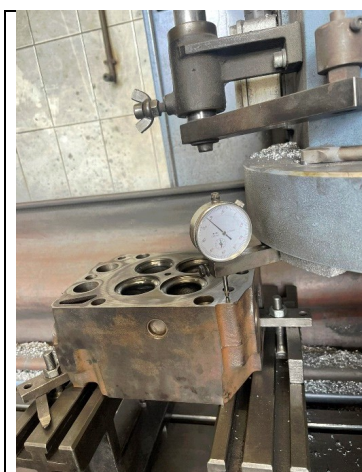
Αρχικά, καθαρίσαμε πολύ καλά τις επιφάνειες των καπακιών με υαλόχαρτο p700 καθώς επηρεάζεται η έδραση του καπακιού στην έδρα της πλάνης. Επόμενο και πολύ σημαντικό βήμα ήταν η τοποθέτηση καθώς έπρεπε το καπάκι να εδράσει σε απόλυτη ευθεία και για να το πετύχουμε χρησιμοποιήσαμε μικρόμετρο ακριβείας με εύρος μέτρησης 0,10 mm και βήμα μέτρησης 0,01 mm.

Πήραμε σημείο αναφοράς από τη μία γωνία του καπακιού και στη συνέχεια στις 3 υπόλοιπες, ρυθμίζοντας το ύψος του, όπου χρειαζόταν με μικρά τακάκια (χάρτινα), ώστε η διαφορά ύψους σε κάθε γωνία να μηδενίζει, με σημείο αναφοράς της πρώτης γωνίας. Έχοντας τελειώσει με τη ρύθμιση του ύψους προχωρήσαμε στον καθαρισμό της επιφάνειας. Αφαιρέσαμε το μικρόμετρο από την πλάνη και τοποθετήσαμε τον τροχό λείανσης. Ρυθμίσαμε αναλόγως το υλικό κατασκευής του αντικειμένου, την ταχύτητα περιστροφής του τροχού όπου ο κατασκευαστής δίνει για το μαντέμι 1300 rpm, όπως το καπάκι. Ξεκινήσαμε την λείανση φέρνοντας σε επαφή τον τροχό με το καπάκι και σε κάθε μία ολόκληρη κίνηση

της πλάνης, κατεβάσαμε 0,02 mm μέχρι να γίνει τελείως καθαρή η επιφάνεια. Το ανώτατο όριο καθαρισμού είναι 0,5mm.



Εικόνα 3.28 : Απεικόνιση της πλάνης RP1300 της εταιρείας COMEC, πηγή : Ρεκτιφιέ Express



Εικόνα 3.29 : Στιγμιότυπο από τη ρύθμιση ύψους κατά τη κατεργασία επιφάνειας κυλινδροκεφαλής, πηγή : Ρεκτιφιέ Express

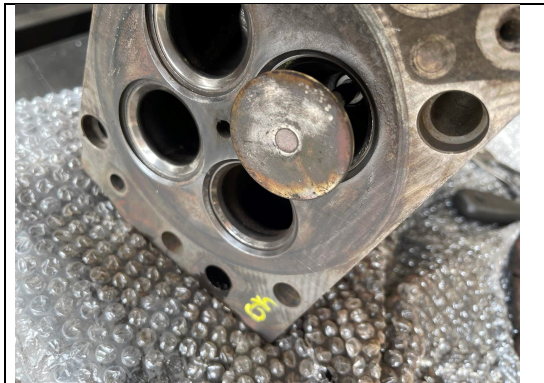


Εικόνα 3.30 : Στιγμιότυπο στο τέλος του ρεκτιφιέ επιφανείας, πηγή : Ρεκτιφιέ Express

Ένα μέρος της προαναφερόμενης διαδικασίας παρουσιάζεται στο βίντεο που ακολουθεί :
[Video](#)

➤ Έλεγχος ανοχής οδηγών βαλβίδων

Έχοντας λειάνει τις επιφάνειες των καπακιών προχωρήσαμε στον έλεγχο των οδηγών των βαλβίδων. Ήταν σχετικά γρήγορη διαδικασία και αρκετά απλή. Με την βοήθεια μιας καινούργιας βαλβίδας κάναμε όλη την διαδρομή κουνώντας ελαφρά δεξιά και αριστερά. Στην περίπτωση όπου η βαλβίδα κουνιέται έστω και λίγο, ο οδηγός χρειάζεται αντικατάσταση. Η ανοχή από τον κατασκευαστή δίνεται στα 0,05 mm. Εφόσον διαπιστώσαμε κάποια μη επιτρεπόμενη ανοχή σε κάποιο από τα 6 καπάκια, προχωρήσαμε στην αγορά νέων οδηγών.



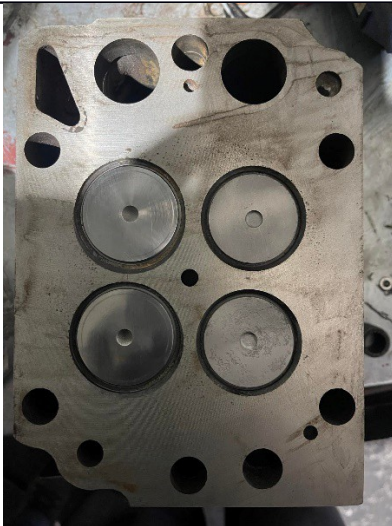
Εικόνα 3.31 : Στιγμιότυπο κατά τον έλεγχο ανοχής οδηγών, πηγή : Ρεκτιφιέ Express

➤ Συναρμολόγηση καπακιού

Για την συναρμολόγηση των κυλινδροκεφαλών ήταν απαραίτητη η αγορά καινούριων οδηγών βαλβίδων, βαλβίδων εισαγωγής και εξαγωγής αλλά και τσιμουχών. Οι πιανόλες, τα ελατήρια επαναφοράς και οι ασφάλειες διατηρήθηκαν ως είχαν. Αρχικά τοποθετήσαμε τους οδηγούς των βαλβίδων με ελαφριά πίεση ώστε να έρθει σε επαφή η μικρή πατούρα με την εγκοπή, αφού πρώτα τους είχαμε λιπάνει με λίγο λάδι. Έπειτα, σειρά είχαν τα τσιμουχάκια τα οποία εδράζουν σε συγκεκριμένη θέση πάνω στους οδηγούς και τοποθετήθηκαν με την βοήθεια σωληνωτού οδηγού ελαφρώς μεγαλύτερης διαμέτρου. Σειρά είχαν οι βαλβίδες με τα ελατήρια επαναφοράς και τις ασφάλειες όπου οι βαλβίδες τοποθετήθηκαν από την εσωτερική μεριά της κυλινδροκεφαλής με το σωληνωτό κομμάτι προς τους οδηγούς αφού πρώτα καθαρίστηκαν και λιπάνθηκαν. Στη συνέχεια, για την τοποθέτηση των ελατηρίων επαναφοράς χρησιμοποιήθηκε ειδικό εργαλείο συμπίεσης των ελατηρίων ώστε να έρθουν στο κατάλληλο σημείο για να τοποθετηθούν οι ασφάλειες συγκράτησής τους. Για την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης, εφαρμόσαμε τις πιανόλες στο πάνω μέρος των κυλινδροκεφαλών και συσφίξαμε με ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 100Nm τους κοχλίες τύπου M10.



Εικόνα 3.32: Στιγμιότυπο κατά την συναρμολόγηση ελατηρίων – βαλβίδων, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.33 : Στιγμιότυπο κατά την συναρμολόγηση ελατηρίων – βαλβίδων, πηγή : ZK Truck Parts



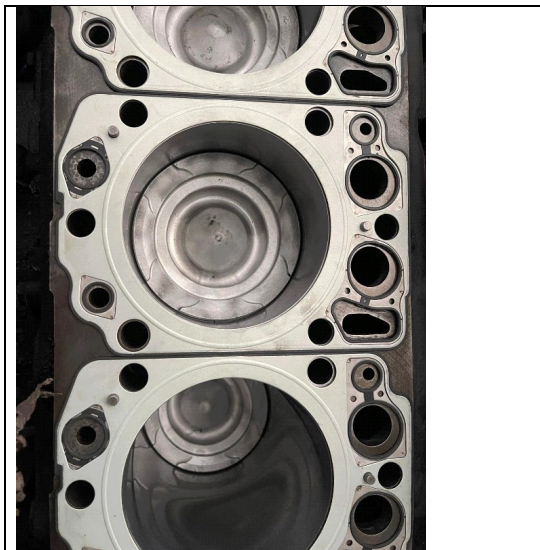
Εικόνα 3.34 : Τελικό αποτέλεσμα συναρμολόγησης κατακτιού κυλινδροκεφαλής, πηγή : ZK Truck Parts

➤ Τοποθέτηση καπακιού

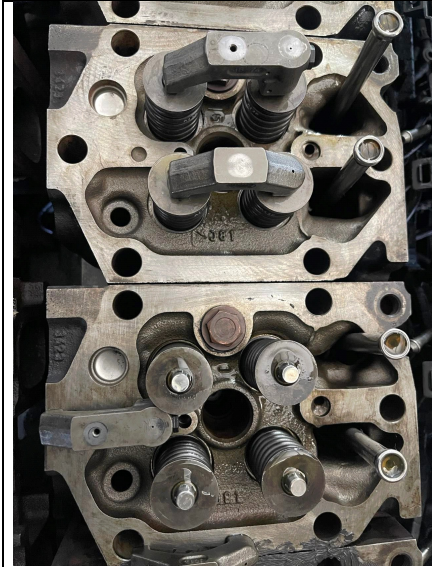
Έχοντας πλέον προετοιμάσει πλήρως τα καπάκια (κυλινδροκεφαλή), τα τοποθετήσαμε πάνω στον κορμό μαζί με τις ειδικές φλάντζες τους. Σε αυτό το σημείο χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή στη σύσφιξη των κοχλιών καθώς επηρεάζει τη λειτουργία του κινητήρα. Με βάση τον κατασκευαστή σφίξαμε τους κοχλίες με ροπόκλειδο στα 250Nm + 90 μοίρες. Ακολούθησε η τοποθέτηση των ωστηρίων που διαπερνούν την κυλινδροκεφαλή και φτάνουν στους επικρουστήρες του εκκεντροφόρου.

Τελευταίο βήμα για την ολοκλήρωση της τοποθέτησης ήταν η ρύθμιση των βαλβίδων με τη βοήθεια ειδικού μετρητή Filer. Η διαδικασία αυτή είχε μεγάλο βαθμό δυσκολίες και απαιτήσε λεπτό χειρισμό. Η ρύθμιση ξεκίνησε με τη σειρά από τον 1^ο κύλινδρο προς τον 6^ο. Για τη ρύθμιση του 1^{ου} κυλίνδρου έπρεπε το έμβολο του 6^{ου} κυλίνδρου να βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Για τον χρονισμό του 2^{ου} κυλίνδρου έπρεπε το έμβολο του 5^{ου} κυλίνδρου να βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Για τη ρύθμιση του 3^{ου} κυλίνδρου έπρεπε το έμβολο του 4^{ου} κυλίνδρου να βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Για τη ρύθμιση του 4^{ου} κυλίνδρου φέρουμε στο άνω νεκρό σημείο το έμβολο του 3^{ου} κυλίνδρου. Αντιστοίχως, για τη ρύθμιση του 5^{ου} κυλίνδρου φέρουμε στο άνω νεκρό σημείο το έμβολο του 2^{ου} κυλίνδρου και για τη ρύθμιση του 6^{ου} κυλίνδρου φέρουμε στο άνω νεκρό σημείο το έμβολο του 1^{ου} κυλίνδρου.

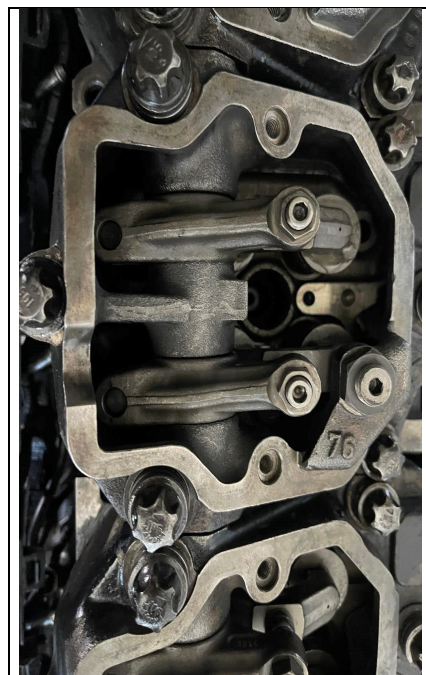
Η ρύθμιση των βαλβίδων με βάση τον κατασκευαστή απαιτεί διάκενο μεταξύ πιανόλας και βαλβίδας εξαγωγής 0,4mm, ενώ για διάκενο μεταξύ πιανόλας και βαλβίδας εισαγωγής 0,6mm. Για να υλοποιηθεί η ρύθμιση που αναφέραμε, τοποθετήσαμε το Filer 0,4mm και 0,6mm αντίστοιχα στο διάκενο πιανόλας βαλβίδας και έπειτα σφίξαμε τον ειδικό κοχλία των πιανόλων ώστε να αρχίσει να πατάει το Filer.



Εικόνα 3.35 : Στιγμιότυπο τοποθέτησης φλάντζών των κυλινδροκεφαλών, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.36 : Στιγμιότυπο τοποθέτησης κυλινδροκεφαλών (ωστήρια), πηγή : ZK Truck parts



Εικόνα 3.37 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση του άνω μέρους καπακιού, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.38 : Στιγμιότυπο ρύθμισης
ροπόκλειδου, πηγή : ZK Truck Parts

3.2.7 Έλεγχος και τοποθέτηση αντλίας πετρελαίου και εγχυτήρων (μπέκ)

Η αντλία καυσίμου του κινητήρα μας ήταν η MS 6.1, εμβολοφόρα τύπου H με ηλεκτρονικό ρυθμιστή πετρελαίου. Για τον έλεγχο της αντλίας πετρελαίου χρησιμοποιήσαμε τη δοκιμαστική μηχανή EPS 711, με πρόσθετο εξοπλισμό για ηλεκτρονικό έλεγχο (EDC) της εταιρίας Bosh, όπου γίνεται προσομοίωση της λειτουργίας της αντλίας πετρελαίου, όπως ακριβώς σε πάνω σε έναν κινητήρα. Τοποθετήσαμε την αντλία στη δοκιμαστική μηχανή, την συνδέσαμε με τον ηλεκτροκινητήρα της και τα σωληνάκια όπου καταλήγουν στους θαλάμους ένδειξης ποσότητας καυσίμου, ελέγξαμε την παροχή πετρελαίου από κάθε έμβολο της αντλίας βλέποντας την ποσότητα που διοχετεύθηκε κατά την διάρκεια 100 στροφών της αντλίας σε μεγάλο εύρος στροφών, ώστε η λειτουργία στις 100 στροφές να είναι ίδια με τη λειτουργία σε κινητήρα στο μέγιστο όριο στροφών (2200 rpm). Με την περάτωση της διαδικασίας πήραμε τις ποσότητες καυσίμου και των 6 εμβόλων οι οποίες έπρεπε να ανέρχονται από 38-40 ml σε κάθε δοχείο ελέγχου αντίστοιχα. Συγκρίνοντας τις τιμές διαπιστώσαμε ότι βρισκόμασταν μέσα στο εύρος τιμών και έτσι προχωρήσαμε στη διαδικασία ελέγχου των εγχυτήρων (μπέκ).

Για τη διαδικασία ελέγχου των εγχυτήρων (μπέκ) χρησιμοποιήσαμε τη μηχανή ελέγχου EPS 100 BUS IX της εταιρείας bosh. Για τον έλεγχο τοποθετήσαμε κάθε έναν από τους 6 εγχυτήρες ξεχωριστά στη μηχανή ελέγχου. Η δοκιμή γίνεται με τη δημιουργία υψηλής πίεσης του καυσίμου από τη δοκιμαστική μηχανή στην οποία υπάρχει τοποθετημένο μανόμετρο ώστε να ελέγχεται η πίεση του καυσίμου εκείνη την στιγμή. Η πίεση δημιουργείται χειροκίνητα από τον ειδικό μοχλό στο πρώτο τμήμα της μηχανής και έπειτα δια μέσου ενός σωλήνα καταλήγει στον εγχυτήρα. Την στιγμή που η τιμή της πίεσεως του καυσίμου θα φτάσει στα 330 bar, ο εγχυτήρας θα πρέπει να απελευθερώσει ποσότητα καυσίμου

σχηματίζοντας μια κυκλική δέσμη. Στην περίπτωση απελευθέρωσης καυσίμου πριν ή και μετά από τα 330 bar ο εγχυτήρας χρειάζεται επισκευή. Στη δική μας περίπτωση, η λειτουργία των εγχυτήρων ήταν φυσιολογική περνώντας τον έλεγχο. Έτσι, ολοκληρώνοντας την διαδικασία ελέγχου προχωρήσαμε στην τοποθέτηση.

Πριν από την τοποθέτηση των μπέκ ψεκασμού τα προετοιμάσαμε τοποθετώντας καινούρια o-rings με λίγο γράσο και καινούριες χάλκινες ροδέλες στα σημεία εφαρμογής τους.

Ειδικότερα, για την τοποθέτηση των μπέκ ψεκασμού, τα τοποθετήσαμε στην κυλινδροκεφαλή με την οπή παροχής προς την πλευρά της οπής για τον σωλήνα πίεσης. Πιέζοντάς τα με το χέρι βεβαιωθήκαμε ότι η εφαρμογή τους στο σώμα του κατακτιού ήταν σωστή. Έπειτα, τοποθετήσαμε τις βάσεις συγκράτησης ώστε το κάθε μπέκ να ευθυγραμμιστεί έχοντας τες ως οδηγό και τέλος σφίξαμε τα περικόχλια με πατούρα χρησιμοποιώντας ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 10 nm.

Επόμενο και τελευταίο βήμα ήταν η εφαρμογή των σωληνώσεων καυσίμου, τα οποία λιπάνθηκαν και στις δύο πλευρές τους και εφαρμόστηκαν με το λεπτότερο άκρο τους να δείχνει προς το μπέκ ψεκασμού.

Η τοποθέτηση της αντλίας πετρελαίου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς χρονίζεται το γρανάζι της με το γρανάζι του εκκεντροφόρου άξονα. Η θέση είναι συγκεκριμένη και ο κατασκευαστής έχει μεριμνήσει τοποθετώντας σημάδια στα 2 γρανάζια για την αναγνώριση του ακριβούς σημείου χρονισμού. Ειδικότερα, ο κατασκευαστής έχει τοποθετήσει σε 2 ακόλουθα δόντια του γραναζιού της τρόμπας και σε ένα δόντι του γραναζιού του εκκεντροφόρου, τα οποία θα πρέπει να έρθουν σε επαφή κατά την τοποθέτηση. Για την ολοκλήρωση της τοποθέτησης αντλίας πετρελαίου σφίξαμε τους 4 κοχλίες τύπου M10 με ροπόκλειδο αριθμημένο στα 80Nm και συνδέσαμε τα σωληνάκια παροχής καυσίμου αντλίας – εγχυτήρων και τα σωληνάκια δοχείου αποθήκευσης καυσίμου (ρεζερβουάρ) – αντλία πετρελαίου.



Εικόνα 3.39 : Μηχανή EPS 100 BUS IX της εταιρείας Bosch για έλεγχο μπέκ, πηγή : TURBO diesel



Εικόνα 3.40 : Μηχανή EPS 711 της εταιρείας Bosch με πρόσθετο εξοπλισμό για έλεγχο EDC, πηγή : TURBO diesel

3.2.8 Τοποθέτηση υπερπληρωτή

Αρχικά, πρέπει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο ότι ο παλιός υπερπληρωτής λόγω φθοράς αντικαταστάθηκε με έναν μεταχειρισμένο. Για την τοποθέτηση λοιπόν του υπερπληρωτή, έπρεπε πρώτα να τον συνδέσουμε με την εξαγωγή των καυσαερίων. Η σύνδεση έγινε με 4 μπουζόνια και παξιμάδια M12. Ύστερα από τη σύνδεση, τοποθετήσαμε την εξαγωγή μαζί με τον υπερπληρωτή με ειδικές μεταλλικές φλάντζες στους θαλάμους εξαγωγής καυσαερίων και σφίξαμε με 12 μπουζόνια και παξιμάδια M12 με ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 80Nm. Επιπρόσθετα, για την ολοκλήρωση της τοποθέτησης συνδέσαμε την εξάτμιση στο κάτω μέρος του υπερπληρωτή με 4 μπουζόνια και παξιμάδια M12, το σωληνάκι παροχής λαδιού στο πάνω μέρος του (λίπανση) με 2 βίδες τύπου Allen 6, τον πλαστικό αγωγό εισαγωγής αέρα με ειδικό σφικτήρα και τέλος, τον αλουμινένιο αγωγό (σωλήνα) του intercooler με ειδικό σφικτήρα.



Εικόνα 3.41 : Μεταχειρισμένος υπερπληρωτής της εταιρείας Borg Warner που τοποθετήθηκε, πηγή : ZK Truck Parts

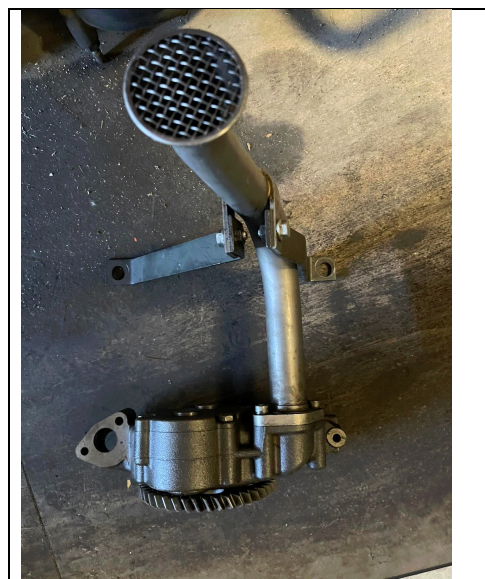


Εικόνα 3.42 : Στιγμιότυπο κατά την τοποθέτηση του υπερπληρωτή, πηγή : ZK Truck Parts

3.2.9 Τοποθέτηση αντλίας λαδιού και κάρτερ (δεξαμενή λαδιού)

Αρχικά, τοποθετήσαμε τη βαλβίδα πίεσης στην υποδοχή όπου φέρει η αντλία λαδιού. Η τοποθέτηση της αντλίας λαδιού είναι από τα τελευταία στάδια τοποθέτησης και είναι αρκετά απλή. Τοποθετείται στο ειδικό σημείο έδρασης όπου έχει ο κορμός στο κάτω μέρος του, με 3 κοχλίες M8 με ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 60Nm, με τέτοιο τρόπο ώστε η σωλήνωσή της να έχει κλίση προς τα κάτω.

Για την τοποθέτηση του κάρτερ, χρησιμοποιήσαμε φλάντζα περμανίτη και 24 βίδες M8 σκληρότητας 10,9 και σφίξαμε με ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 90Nm.



Εικόνα 3.43 : Στιγμιότυπο αντλίας λαδιού πριν την τοποθέτηση, πηγή : ZK Truck Parts



Εικόνα 3.44 : Στιγμιότυπο τοποθετημένου δοχείο λαδιού (κάρτερ) του κινητήρα μας, πηγή : ZK Truck Parts

3.2.10 Λοιπά εξαρτήματα κινητήρα

Για την ολοκλήρωση του κινητήρα υπολείπονταν μερικά ακόμη εξαρτήματα όπου είναι συνδεδεμένα με τον κινητήρα για την λειτουργία του φορτηγού.

Αρχικά, τοποθετήθηκε επιπλέον ο συμπιεστής αέρα (compressor). Ο συμπιεστής αέρα τοποθετείται πάνω στον κορμό και εδράζει έτσι ώστε να συνεργάζεται με το γρανάζι του εκκεντροφόρου, από το οποίο παίρνει και την κίνηση για την λειτουργία. Ο συμπιεστής αέρα με την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου του δημιουργεί πίεση αέρα στο κλειστό κύκλωμα μέχρι και 12 bar πίεση αέρα. Το κύκλωμα αέρα αποτελείται από τον συμπιεστή αέρα, τους χώρους αποθήκευσης αέρα (καζανάκια) και τις σωληνώσεις αέρα όπου και κατανέμουν τον αέρα στις διαφορές βαλβίδες- ηλεκτροβαλβίδες και σε όλα τα συστήματα που λειτουργούν με αέρα (φρένο, χειρόφρενο, κλαπέτο, intarder κ.λπ.). Η τοποθέτηση του ήταν απλή. Στο σημείο εφαρμογής του αρχικά τοποθετήσαμε την ειδική φλάντζα του και έπειτα σφίξαμε τις τέσσερις βίδες του M8. Στο τέλος, ενώσαμε τους αγωγούς νερού, λαδιού και αέρα.

Επιπρόσθετα, τοποθετήθηκε και η βοηθητική αντλία λαδιού του τιμονιού. Η βοηθητική αντλία τιμονιού εφάπτεται στον συμπιεστή αέρα και παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα του. Η χρήση της είναι για την υποβοήθηση στην στροφή των τροχών από τον ατέρμονα. Δημιουργεί υψηλή πίεση λαδιού 150 bar και μέσω των σωληνώσεων κατανέμει το λάδι στον ατέρμονα και αυτός με την σειρά του μέσω αξόνων (μπάρες) κατευθύνει τους τροχούς. Επίσης, η βοηθητική αντλία τιμονιού λειτουργεί και σαν ασφάλεια για την περίπτωση βλάβης του ατέρμονα εν ώρα κινήσεως ώστε ο οδηγός του φορτηγού να έχει την δυνατότητα να κατευθύνει το φορτηγό ώσπου να σταματήσει και να μην χάσει τον έλεγχο. Τέλος, η βοηθητική αντλία τιμονιού τοποθετήθηκε με 2 βίδες τύπου Alen (8) και περιμετρικά της υποδοχής του έχει λαστιχάκι στεγανοποίησης 0.4 mm.

Επίσης, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η αντλία νερού τοποθετήθηκε με ειδική κόλλα (σιλικόνη) και ειδική φλάντζα περμανίτη στην υποδοχή του κορμού. Πριν την σύσφιξη, εφαρμόσαμε τους θερμοστάτες (78 βαθμούς κελσίου) με το ειδικό τους σιλικονούχο λαστιχάκι στην υποδοχή της αντλίας. Έτσι, σφίχτηκε με 6 βίδες M8 με ροπόκλειδο ρυθμισμένο στα 55Nm. Τέλος, τοποθετήθηκε το σιλικονούχο κολλάρο μεταξύ του στομίου της αντλίας νερού και του στομίου του ψυγείου νερού.

Το τελευταίο εξάρτημα που τοποθετήσαμε ήταν το βεντιλατέρ. Το βεντιλατέρ λειτουργεί αυτόματα όταν η θερμοκρασία του κινητήρα τείνει να ξεπεράσει τους 80 βαθμούς κελσίου

όπου είναι και η σωστή θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα. Το βεντιλατέρ τοποθετήθηκε με την τροχαλία του πάνω στην αντλία νερού με 6 βίδες M8.

3.2.11 Ολοκλήρωση ανακατασκευής

Για την ολοκλήρωση της ανακατασκευής, τοποθετήσαμε καινούργια λάδια κινητήρα 15W40 της εταιρείας Gasprom ποσότητας 42 λίτρων. Επίσης, τοποθετήσαμε εκ νέου φίλτρο πετρελαίου LAK- PU1059X της εταιρείας MANN filter, 2 φίλτρα λαδιού OC308 της εταιρείας MAHLE και φίλτρο αέρος LX109 της εταιρείας MAHLE.

Έτσι λοιπόν, η διαδικασία της ανακατασκευής του κινητήρα μας ολοκληρώθηκε. Ο έλεγχος του κινητήρα δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί, καθώς για τη λειτουργία του είναι απαραίτητη η σύνδεσή του με τους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους του φορτηγού. Συνεπώς, για να δοκιμαστεί ο κινητήρας μας τον τοποθετήσαμε σε ένα άλλο φορτηγό τράκτορα MAN TGA 460 της εταιρείας ZK Truck Parts. Βάλαμε τον κινητήρα μας σε λειτουργία και ελέγξαμε την θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού, την πίεση του λαδιού, την κατανάλωση του καυσίμου και τέλος, την σωστή λίπανση στο άνω μέρος των κυλινδροκεφαλών. Καταλήξαμε στο ότι ο έλεγχος ήταν επιτυχής.



Εικόνα 3.45 : Στιγμιότυπο από τον τοποθετημένο κινητήρα μας μετά την ανακατασκευή, πηγή : ZK Truck Parts

Ένα μέρος της προαναφερόμενης διαδικασίας παρουσιάζεται στο βίντεο που ακολουθεί : [Video1](#)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κοστολόγηση της ολικής ανακατασκευής του κινητήρα όπως αναλύεται στους παρακάτω πίνακες είναι αρκετά υψηλή. Οι τιμές υπολογίστηκαν σύμφωνα με δική μου έρευνα σε διάφορα συνεργεία και καταστήματα ανταλλακτικών.

Γενική κοστολόγηση ανακατασκευής					
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ (min) / ΤΕΜΑΧΙΟ (ευρώ)	ΚΟΣΤΟΣ (max) / ΤΕΜΑΧΙΟ	ΤΕΜΑΧΙΟ	ΚΟΣΤΟΣ (min)	ΚΟΣΤΟΣ (max)
Χιτώνια 128mm (Συμπεριλαμβάνονται και τα λαστιχάκια)	60	150	6	360	900
Εμβολα	130	250	6	780	1500
Βαλβίδες	15	70	24	360	1680
Οδηγοί βαλβίδων	4	15	24	96	360
Τσιμουχάκια βαλβίδων	2.5	6	24	60	144
Μεταχειρισμένος Υπερπληρωτής	450	600	1	450	600
Σετ Φλάτζες	65	120	1	65	120
Μέταλλα Βάσεων	80	110	1	80	110
Μέταλλα διωστήρων	25	40	6	150	240
Θερμοστάτες	10	18	2	20	36
Λάδια κινητήρα 15w 40 42L	6	10	42	252	420
ΕΡΓΑΣΙΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ (min)	ΚΟΣΤΟΣ (max)			
Γενική επισκευή	1800	2500	1	1800	2500
Έλεγχος Συστήματος Ψεκασμού	1000	1200	1	1000	1200
Ρεκτιφιέ	800	1500	1	800	1500
	min	max			
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ευρώ)	6273	11310			

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, το συνολικό κόστος ανακατασκευής είναι πολύ υψηλό και ταυτόχρονα αναπόφευκτο καθώς τα φορτηγά κατά μέσο όρο χρειάζονται ανακατασκευή ανά 800.000-1.000.000 χλμ. υπό φυσιολογικές φθορές. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις αναλόγως της βλάβης του κινητήρα προσαρμόζεται και το κόστος επισκευής. Τέλος, θεωρώ πως η διαδικασία της ανακατασκευής, προτού υλοποιηθεί, θα πρέπει να εξετάζεται εάν είναι δυνατή η επισκευή της με οικονομικότερους τρόπους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαρεντάκης Θεοδόσης (2014). Κατασκευή εκπαιδευτικού μοντέλου πετρελαιοκινητήρα ναυτικού τύπου, Χανιά
2. Αγερίδης Γ., Καραμπίλας Π., Ρώσσης Κ. (2001). Μηχανές εσωτερικής καύσης Ι, Αθήνα
3. Καραπάνος Χ., Κοτσιλιέρης Α., Κουντουράς Λ. (2001). Μηχανές εσωτερικής καύσης ΙΙ, Αθήνα
4. Ρακόπουλος Κ.Δ., Μηχανές εσωτερικής καύσης Ι, Αθήνα
5. Λαζάρου Κ., Νικολού Ι., Σιδέρη Ι. (2017). Μηχανές εσωτερικής καύσεως, Αθήνα
6. Βικιπαίδεια, Μηχανές Εσωτερικής Καύσης
7. Site : MEK Ι Κύκλοι λειτουργίας