

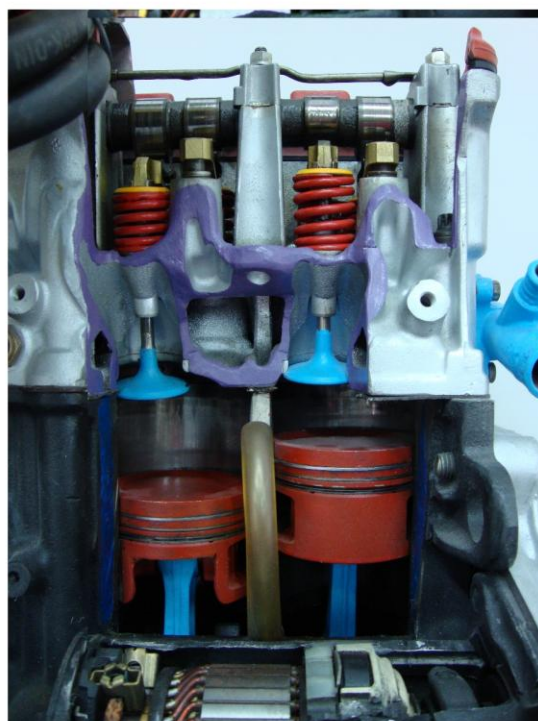


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΗΤΣΗΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Στον πατέρα μου
Σταύρο**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου που με στηρίζουν σε κάθε μου προσπάθεια καθώς και το σύνολο των ανθρώπων που βρίσκονται στο οικογενειακό μου περιβάλλον. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αντωνιάδη Αριστομένη που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με κάτι που πραγματικά αγαπώ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2.	ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	6
2.1	Γενικά στοιχεία-ιστορική αναδρομή	6
2.2	Κινητήρας LENOIR	7
2.3	Στροβιλοκινητήρες	7
2.4	Κινητήρας WANKEL	9
2.5	Πετρελαιοκινητήρας DIESEL	9
2.6	Βενζινοκινητήρας OTTO	10
2.7	Δομή κινητήρα OTTO	13
2.7.1	Σώμα κυλίνδρων	14
2.7.2	Θάλαμος καύσης	15
2.7.3	Έμβολο	15
2.7.4	Διωστήρας (μπιέλα) και στροφαλοφόρος άξονας	15
2.7.5	Βαλβίδες, ωστήρια και ζύγωθρα	16
2.7.6	Εκκεντροφόρος	16
2.7.7	Σφόνδυλος	16
2.7.8	Τριβείς	16
2.7.9	Σύστημα ανάφλεξης	16
2.7.10	Εξαεριωτής	17
2.7.11	Ψεκασμός καυσίμου	17
2.7.12	Σύστημα ψύξης	17
2.7.13	Σύστημα λίπανσης	18
2.7.14	Σύστημα εξαγωγής	18
3.	ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ	19
3.1	Γενικά στοιχεία-εξοπλισμός	19
3.2	Εύρεση και επιλογή μηχανής εσωτερικής καύσης	21
3.3	Αποσυναρμολόγηση κινητήρα	21
3.4	Κατασκευή βάσης τοποθέτησης μοντέλου	24
3.5	Καθαρισμός και τομές σώματος κυλίνδρων	26
3.6	Καθαρισμός και κοπή κυλινδροκεφαλής	27
3.7	Καθαρισμός και κοπή κιβωτίου ταχυτήτων	28
3.8	Καθαρισμός και κοπή περιφερειακών εξαρτημάτων	30
3.8.1	Κοπή δυναμό	30
3.8.2	Κοπή εκκινητή (μίζα)	31
3.8.3	Κοπή ελαιολεκάνης	31
3.8.4	Κοπή εισαγωγής	32
3.8.5	Κοπή ψυγείου νερού	32
3.9	Βάψιμο των αντικειμένων της κατασκευής	32
3.10	Συναρμολόγηση επιμέρους εξαρτημάτων και ολοκλήρωση της κατασκευής	32
3.10.1	Συναρμολόγηση σώματος κυλίνδρων	32
3.10.2	Συναρμολόγηση κυλινδροκεφαλής	34
3.10.3	Τοποθέτηση κιβωτίου ταχυτήτων στην κατασκευή	36
3.10.4	Τοποθέτηση κυλινδροκεφαλής στην κατασκευή και χρονισμός	37
3.10.5	Μοντάρισμα περιφερειακών εξαρτημάτων	37

3.10.6 Έναρξη λειτουργίας	39
5. ΣΥΝΟΨΗ	40
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός πως τα τελευταία 100 χρόνια, από την πρωτοεμφάνιση δηλαδή των μηχανών εσωτερικής καύσης μέχρι σήμερα έχει επιτευχθεί τεράστια πρόοδος όσον αφορά αυτόν τον τομέα. Από τις ατμομηχανές στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ακολούθησαν οι υπερσύγχρονες και πολύ αποδοτικές μηχανές εσωτερικής καύσης των αυτοκινήτων, πλοίων κ.λπ. στα τέλη του.

Αν και ο καθένας έχει μια καθημερινή σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης εντούτοις, λίγοι γνωρίζουν τη λειτουργία που εκτελείται στο αυτοκίνητο τους. Ακόμα πιο λίγοι έχουν αναζητήσει να ανακαλύψουν την απόλυτη αρμονία συνεργασίας όλων των εξαρτημάτων μιας μηχανής εσωτερικής καύσης κατά τη μετατροπή της θερμικής ενεργείας του καυσίμου σε κινητική και το λόγο για τον οποίο αυτή η συνεργασία διαδραματίζει ουσιαστικό ρολό για να εκτελεί τον κύκλο της η μηχανή αυτή.

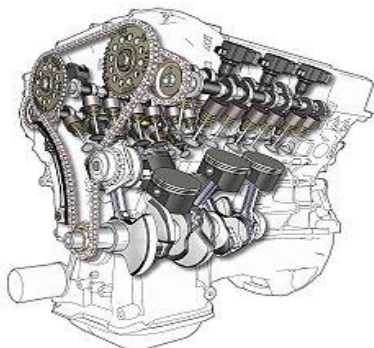
Σκοπός λοιπόν της πειραματικής αυτής κατασκευής είναι ο παρατηρητής της να κατανοήσει πλήρως τη λειτουργία μιας μηχανής εσωτερικής καύσης εκτελώντας τον πλήρη κύκλο της καθώς και τη συνεργασία όλων των εξαρτημάτων της για την ομαλή λειτουργία της. Επίσης δόθηκε μεγάλη έμφαση, για αυτό και συμπεριληφθήκαν στην κατασκευή, στα περιφερειακά εξαρτήματα, τα οποία παίζουν ουσιαστικό ρολό στη σύσταση μείγματος, στην έγχυση του καυσίμου, στην παροχή ρεύματος, στην ψύξη του κινητήρα και στην εξαγωγή των αέριων ρύπων. Και αυτό γιατί μια μηχανή εσωτερικής καύσης δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς τα περιφερειακά της εξαρτήματα τα οποία βοηθούν τη μηχανή ώστε να εκτελεί τον κύκλο της σε ιδανικές συνθήκες για τη μέγιστη απόδοση της. Επιπρόσθετα θέλοντας να αναπαρασταθεί όσον το δυνατόν καλύτερα το πώς λειτουργεί μια μηχανή εσωτερικής καύσης, η διάταξη κατασκευάστηκε να λειτουργεί με λιπαντικό υλικό (λάδι) για την καλύτερη κατανόηση της σημασίας του τελευταίου στην εκτέλεση της λειτουργίας της μηχανής.

Τέλος, στη διάταξη συμπεριλαμβάνεται και σύστημα μετάδοσης της κίνησης από τον κινητήρα στον άξονα ούτως ώστε να γίνετε αντιληπτό πως μέσα από ένα σύστημα αξόνων και γραναζιών αυξομειώνεται η ταχύτητα και η ροπή με σκοπό να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση κατά περίπτωση, καταναλώνοντας όσον το δυνατό λιγότερο έργο.

2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

2.1 Γενικά στοιχεία-ιστορική αναδρομή

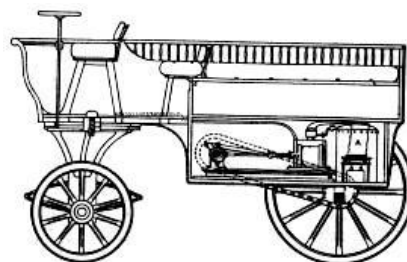
Κινητήρες εσωτερικής καύσης ονομάζονται οι κινητήριες μηχανές που μετατρέπουν την υποθηκευμένη στο καύσιμο χημική ενέργεια άμεσα σε κινητική, σε αντιδιαστολή με τις ατμομηχανές, στις οποίες παρέχεται στον ατμό θερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας από την (εξωτερική) καύση κάρβουνου, ξύλου κ.λπ. Η ιδέα του κινητήρα εσωτερικής καύσης ήταν να πυροδοτήσει ένα μίγμα εύφλεκτων αερίων ή υγρών, το οποίο θα εκρήγνυται μέσα στον κύλινδρο και θα κινεί έτσι ένα έμβολο. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης εξελίχθηκαν σύντομα σε συμπαγείς, ευέλικτες μονάδες, οι οποίες αντικατέστησαν σταδιακά τις ατμομηχανές στις μονάδες παραγωγής και στις ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, αλλά κυρίως στα αυτοκινούμενα μέσα μεταφοράς.



Σχήμα 2.1 : Μ.Ε.Κ.

Το σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των κινητήρων (βαθμός αποδόσεως 20-50%), έναντι των ηλεκτροκινητήρων (βαθμός αποδόσεως 60-98%), έγκειται στην εύκολη μεταφορά της δεξαμενής καυσίμου μαζί με το όχημα. Οι ηλεκτροκινητήρες δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν σε μικρά και μεσαία οχήματα με ικανοποιητική ισχύ, επειδή τα αποθηκευτικά μέσα της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα. Γι' αυτό οι ηλεκτροκινητήρες ικανής ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε παραγωγικές διεργασίες ή σε πολύ μεγάλα οχήματα.

Η εξέλιξη των κινητήρων εσωτερικής καύσης που τροφοδοτούνται με υγρά καύσιμα, έγινε ουσιαστικά σε τρία βήματα, αρχίζοντας με τον Jean-Josef Lenoir, συνεχίζοντας με τον Nicolaus Otto και καταλήγοντας στον Rudolf Diesel. Στη δεκαετία του 1930 δηλώθηκε από τον Felix Wankel ως ευρεσιτεχνία ένας νέος βενζινοκινητήρας για οχήματα, διαφορετικής κινηματικής από τους προηγούμενους, με τον οποίο φαίνεται να έχει κλείσει αυτός ο κύκλος. Στη δεκαετία του 1940 αναπτύχθηκαν οι αεροστροβίλοι εσωτερικής καύσης (jet), με διαφορετική αρχή λειτουργίας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε αεροπλάνα, ενώ οι βενζινοκινητήρες μπορούν να λειτουργήσουν από τα τέλη του 20ου αιώνα και με αέριο καύσιμο.



Σχήμα 2.2 : Το όχημα του Lenoir

Ένα άλλο είδος κινητήρα που παρουσιάστηκε ως ευρεσιτεχνία ήδη από το έτος 1816, είναι δηλαδή ο παλαιότερος κινητήρας εσωτερικής καύσης, αλλά αναπτύχθηκε με αργά βήματα, είναι αυτός που λειτουργεί με υπέρθερμο αέρα (κινητήρας Stirling), ο οποίος είναι οικολογικά ο καλύτερος, μπορεί να αξιοποιήσει οποιοδήποτε καύσιμο, μέχρι και την ηλιακή ενέργεια, αλλά υστερεί έναντι των γνωστών κινητήρων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους και δεν ασχολήθηκαν περαιτέρω με αυτού του τύπου κινητήρες.



Σχήμα 2.3 : Κινητήρας Stirling

2.2 Κινητήρας LENOIR

Η πρώτη επιτυχής από τις πολλές παράλληλες προσπάθειες που γίνονταν για την κατασκευή μιας μηχανής εσωτερικής καύσης ήταν αυτή του Γαλλοβέλγου Jean-Josef Etienne Lenoire (Λενουάρ, 1822-1900). Ο Λενουάρ παρουσίασε το έτος 1860 ένα μικρό όχημα, το οποίο κινείτο, ικανοποιητικά για εκείνη την εποχή, με τον κινητήρα του. Μέχρι τότε είχαν παρουσιαστεί μόνο οχήματα με ογκώδη ατμομηχανή, η οποία τα έκανε δυσκίνητα. Ο κινητήρας Λενουάρ αξιοποιούσε ως καύσιμο το φωταέριο, το οποίο εισάγεται στον κύλινδρο αναμεμειγμένο με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας, κατά το πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό πυροδοτείται με ηλεκτρικό σπινθήρα και ωθεί το έμβολο στο υπόλοιπο κομμάτι της διαδρομής του. Κατά την επιστροφή του εμβόλου, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη πλευρά επαναλαμβάνεται η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταέριο-αέρας. Ο βαθμός αποδόσεως του κινητήρα Λενουάρ ήταν όμως πολύ χαμηλός, πράγμα που δυσκόλεψε την οικονομική αξιοποίησή του.

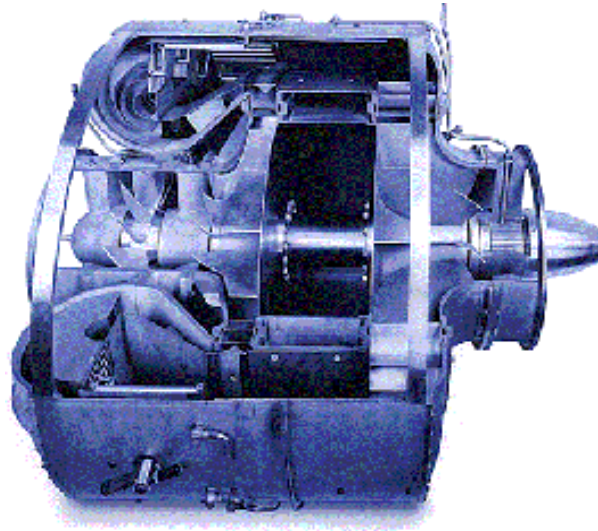
2.3 Στροβιλοκινητήρες

Η αρχή λειτουργίας των κινητήρων εκτόξευσης αερίων (στροβιλοκινητήρες) στηρίζεται στη συμπύκνωση του εισερχόμενου αέρα, στον οποίο προστίθεται καύσιμο και στην ανάφλεξη αυτού του μίγματος. Τα υπέρθερμα καυσαέρια εκτονώνονται κατά ένα μέρος σε ένα στρόβιλο, ο οποίος κινεί το συμπυκνωτή και άλλους μηχανισμούς, όπως μια γεννήτρια και διάφορες αντλίες και κατά το υπόλοιπο τμήμα εκτονώνονται στην έξοδο οπότε σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ορμής, ασκείται στον κινητήρα προωθητική δύναμη. Η λειτουργία των στροβίλων ήταν γνωστή ήδη από το έτος 1884, όταν ο Βρετανός μηχανικός Charles A. Parson (Πάρσον, 1854-1931) κατασκεύασε ένα ατμοστρόβιλο ως κινητήριο μηχανισμό για πλοία και για γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 2.4 : Στροβιλοκινητήρας

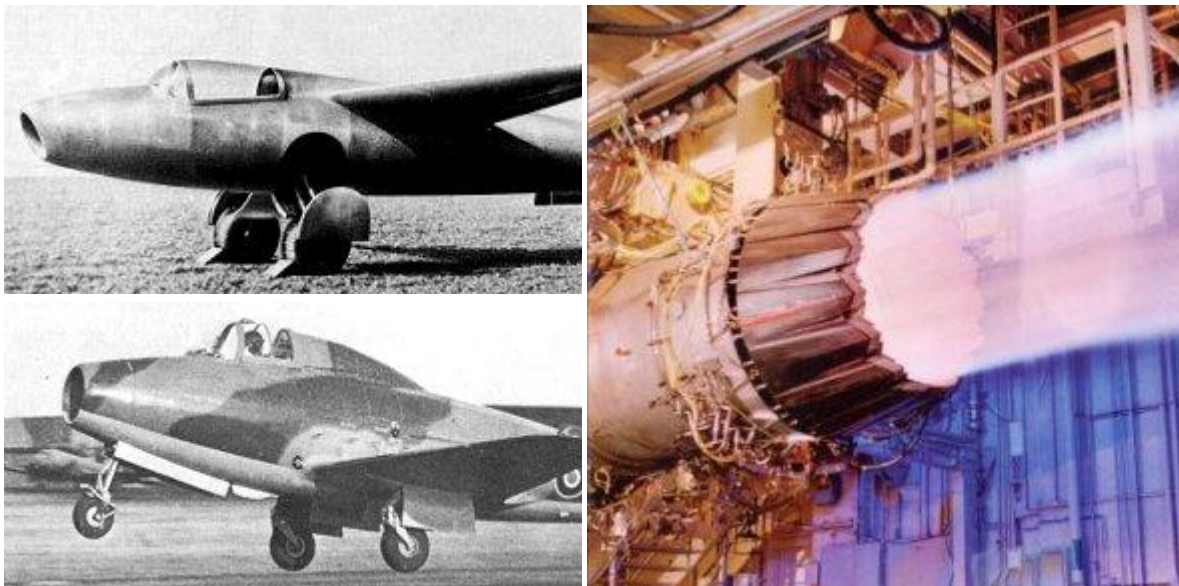
Σημαντικότερο κίνητρο για την ανάπτυξη των στροβιλοκινητήρων ήταν η αξιοποίησή τους στην αεροπλοΐα. Τα ελικοφόρα αεροπλάνα έφτασαν στο όριο ταχύτητας των 700 km/h, το οποίο όριο μόνο ελάχιστα ήταν δυνατόν να ξεπεραστεί με οριακές βελτιώσεις στους κινητήρες βενζίνης ή κηροζίνης και τη διαμόρφωση των ελίκων. Με το στροβιλοκινητήρα μπορούν να επιτευχθούν αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες και επιπλέον, λόγω της αποκλειστικά κυκλικής κίνησης όλων των μηχανικών μερών του, αυτός ο κινητήρας είναι δυνατόν να ζυγοσταθμιστεί ευκολότερα και αποτελεσματικότερα.



Σχήμα 2.5 : Στροβιλοκινητήρας σε τομή

Τον πρώτο στροβιλοκινητήρα με αυτοδύναμη λειτουργία ανέπτυξε το έτος 1903 ο Νορβηγός Aegidius Elling (Έλινγκ, 1861-1949), φυσικά χωρίς οποιονδήποτε συσχετισμό με την αεροπλοΐα, η οποία τότε μόλις άρχιζε να παίζει ρόλο στην τεχνολογία. Ο Γάλλος Georges Marconnet (Μαρκονέ) πρότεινε πρώτος την αξιοποίηση των στροβιλοκινητήρων στην κατασκευή αεριωθούμενων αεροπλάνων και σχεδίασε μία μηχανή, η οποία μάλλον δεν πρέπει να κατασκευάστηκε ποτέ.

Μερικοί άλλοι στροβιλοκινητήρες ήταν υβριδικής συγκρότησης και περιείχαν βοηθητικές, μηχανές. Π.χ. ο κινητήρας του Ρουμάνου Henri Coanda (Κοάντα, 1886-1972) από το έτος 1910 περιελάμβανε ένα βενζινοκινητήρα, ο οποίος κινούσε ανεμιστήρα για την ώθηση του αέρα. Γι' αυτόν τον κινητήρα υπήρχε επίσης η εκδοχή του Ιταλού Secondo Campini (Καμπίνι, 1904-1980) και μία ακόμα για τα αεροπλάνα των Γιαπωνέζων καμικάζι στο β' παγκόσμιο πόλεμο.

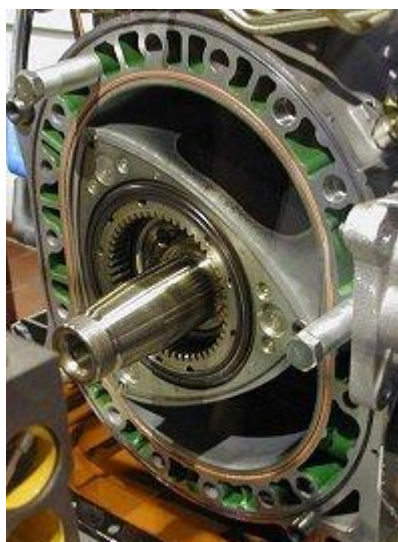


Σχήμα 2.6 : Αριστερά: αεριωθούμενα γερμανικό Heinkel, βρετανικό E 28/39, Δεξιά: Σύγχρονος στροβιλοκινητήρας

2.4 Κινητήρας WANKEL

Η πρώτη μηχανή, κατάλληλη για μικρά οχήματα, που παράγει απ' ευθείας περιστροφική κίνηση είναι ο κινητήρας Wankel που πήρε το όνομα από τον εφευρέτη της Felix Wankel (Βάνκελ, 1902-1988). Οι πρώτες μελέτες του Βάνκελ στον κινητήρα του έγιναν το 1933 και από το 1936 συνεργάστηκε με μηχανολογικές εταιρίες για να αναπτύξει ένα περιστροφικό κινητήρα για μικρά αυτοκίνητα. Οι προσπάθειες διακόπηκαν κατά το β' παγκόσμιο πόλεμο και αμέσως μετά συνεχίστηκαν σε συνεργασία με την αυτοκινητοβιομηχανία NSU. Το έτος 1954 παρουσιάστηκε ο κινητήρας Βάνκελ σε πλήρη λειτουργία.

Αυτός ο κινητήρας αποτελείται από ένα τριγωνικό δισκοειδές έμβολο, το οποίο έχει τη δυνατότητα να κινείται έκκεντρα μέσα σε ένα κέλυφος με ανάλογη γεωμετρία (επιτροχοειδής δίσκος) και σχηματίζει έτσι τρεις χώρους μεταβαλλόμενου μεγέθους. Κινηματικά και δυναμικά ο κινητήρας Βάνκελ είναι πολύ απλός και εξασφαλίζει πλήρη και εύκολη ζυγοστάθμιση των κινουμένων μερών του, άρα παράγει λιγότερους κραδασμούς σε σχέση με τους κινητήρες παλινδρομικών κινήσεων. Επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος (ισχύς/όγκος) σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες Otto, καθώς και μικρότερο όγκο και βάρος.



Σχήμα 2.7 : Κινητήρας Wankel

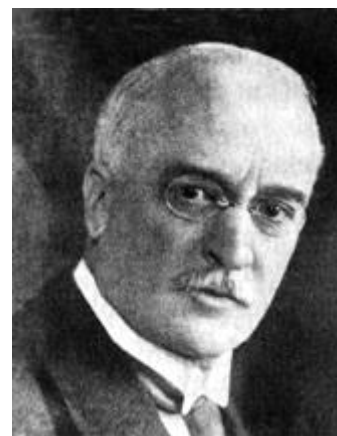
Μειονέκτημα του κινητήρα Βάνκελ παραμένει η στεγανότητα στα σημεία επαφής του εμβόλου με το κέλυφος, πράγμα που οδηγεί αναγκαστικά σε χαμηλούς βαθμούς συμπίεσης. Αρνητικά σημεία είναι επίσης η υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου και οι θερμικές καταπονήσεις του εμβόλου και του κελύφους γύρω από τη θέση του σπινθηριστή.

2.5 Πετρελαιοκινητήρας DIESEL

Στον κινητήρα ντήζελ δεν εισάγεται εύφλεκτο μίγμα καυσίμου-αέρα, το οποίο πυροδοτείται, αλλά διαχέεται το καύσιμο με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπυκνώνεται με μια σχέση 25:1 και αυτοαναφλέγεται στη θερμοκρασία των 700-900 °C. Είναι προφανές ότι οι κινητήρες αυτοί πρέπει να αντέχουν σε πολύ υψηλές πιέσεις, πράγμα που στη δεκαετία του 1890 δεν ήταν εύκολο να υλοποιηθεί. Αυτός ο κινητήρας ανακοινώθηκε ως ευρεσιτεχνία το έτος 1892 από το Γερμανό μηχανικό Rudolf Diesel (Ντήζελ, 1858-1913) και μελετήθηκε στα έτη 1893-1897 με χρηματική υποστήριξη της εταιρίας Friedrich Krupp AG. Το 1893 εξεργάγη ένας κινητήρας στο εργαστήριο, λόγω των πολύ υψηλών πιέσεων λειτουργίας και μόνο τυχαία γλύτωσε ο Ντήζελ το θάνατο.

Το πρώτο λειτουργικά ολοκληρωμένο δείγμα με καλό βαθμό αποδόσεως και εξοικονόμηση καυσίμου, κατασκευάστηκε στο εργοστάσιο της εταιρίας MAN στην πόλη Augsburg της Βαυαρίας.

Αργότερα ιδρύθηκαν εργοστάσια σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις για τη μαζική παραγωγή κινητήρων ντήζελ. Το έτος 1908 κατασκευάστηκαν, αφενός ο πρώτος μικρού μεγέθους κινητήρας για ελαφριά οχήματα, αφετέρου το πρώτο όχημα βαρέων μεταφορών και η πρώτη σιδηροδρομική μηχανή με κινητήρα ντήζελ. Έκτοτε περιορίστηκε η ατμομηχανή σταδιακά σχεδόν αποκλειστικά σε παλιές μονάδες παραγωγής και σε λίγα πλοία.



Σχήμα 2.8 : Rudolf Diesel

Στο λιμάνι της Νέας Υόρκης ήταν το έτος 1920 μόνο οι μαούνες ακόμα ατμοκίνητες, όλα τα εμπορικά πλοία διέθεταν ήδη κινητήρες ντήζελ. Κύρια χαρακτηριστικά της λειτουργίας του κινητήρα ντήζελ είναι:

- Το καύσιμο και ο αέρας αναμιγνύονται στον κύλινδρο,
- Λόγω της υψηλής συμπίεσης υπερθερμαίνεται το καύσιμο μίγμα και αυτοαναφλέγεται
- Η ισχύς του κινητήρα ρυθμίζεται με την ποσότητα του εισερχόμενου καυσίμου.

Ο Ντήζελ είχε δοκιμάσει κατά τη φάση ανάπτυξης του κινητήρα του διάφορα υγρά καύσιμα, είχε όμως προβλήματα με τις αντλίες που θα διεκπεραίωναν την έκχυση του καυσίμου. Τελικά κατέληξε σε ένα κλάσμα αποστάξεως ορυκτού πετρελαίου, το οποίο ονομάστηκε επίσης ντήζελ, όπως και ο κινητήρας. Με κατάλληλες μετατροπές, ο κινητήρας αυτός είναι δυνατόν να λειτουργήσει και με άλλα υγρά και αέρια καύσιμα, π.χ. με φυτικά έλαια.

Σήμερα χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των πετρελαιοκινητήρων, ιδίως σε ψυχρό περιβάλλον, ένα ηλεκτρικά πυρακτωμένο τύλιγμα (περίπου όπως ο αναπτήρας στο αυτοκίνητο) για την εύκολη έναυση και την αποφυγή καυσαερίων. Σε σύγχρονους κινητήρες ντήζελ κυμαίνεται ο βαθμός αποδόσεως (χημική σε μηχανική ενέργεια) στην περιοχή τιμών 15-50%, όπου οι μεγάλες τιμές αφορούν κινητήρες μεγάλης ισχύος (πλοία, τράινα κλπ.) και οι μικρές τιμές κινητήρες μικρών οχημάτων.

2.6 Βενζινοκινητήρας OTTO

Από τη μηχανή του Λενουάρ ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus Augustus Otto (Όττο, 1832-1891), με σπουδές σε εμπορικά θέματα, και κατασκεύασε το έτος 1876 ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα. Προηγουμένως, είχε κατασκευάσει ο Otto με οικονομική στήριξη του E. Langen (Λάνγκεν) ένα λεγόμενο ατμοσφαιρικό κινητήρα με ελεύθερο έμβολο. Το έτος 1867 παρουσιάστηκε αυτός ο κινητήρας στην παγκόσμια έκθεση του Παρισιού και, παρά τη θορυβώδη λειτουργία του, πήρε ένα χρυσό βραβείο, γιατί είχε κατά 60% μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Έτσι απέκτησε ο Otto τη φήμη της κατασκευής του πρώτου κινητήρα με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως. Επιβεβαιώθηκε για άλλη μια φορά η αρχή, όπως με την ατμομηχανή κ.λπ., πως ένας Γάλλος εφευρίσκει μία μηχανή, η οποία βελτιώνεται και τελειοποιείται από Άγγλους και Γερμανούς.

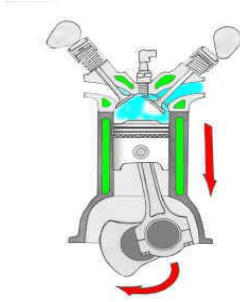
Η μεγάλη ζήτηση για τους κινητήρες του Otto οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν της ανώνυμης εταιρίας Deutz AG στην Κολωνία, το έτος 1872, η οποία είχε στόχο τη μαζική παραγωγή κινητήρων. Σήμερα αυτή η εταιρία έχει εξελιχθεί σε πρωτοπόρο κατασκευαστή μηχανών κάθε μεγέθους και λειτουργικής αρχής. Υπεύθυνος για τη σχεδίαση ήταν ο Wilhelm Maybach (Μάϊμπαχ) και για την παραγωγή ο Gottlieb Daimler (Ντάϊμλερ, 1834-1900). Το έτος 1874 η μηνιαία παραγωγή έφτασε τους 80 κινητήρες, αλλά στο τέλος του ίδιου έτους προέκυψε εμπορικό πρόβλημα: αυτοί οι κινητήρες με ισχύ περί τα 2 kW (~2,7 PS) δεν ήταν σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες των βιοτεχνιών και μικρών βιομηχανιών. Παράλληλα κυκλοφορούσαν δε κινητήρες Sterling (υπέρθερμου αέρα) οι οποίοι, αν και είχαν μικρότερο βαθμό αποδόσεως, είχαν υψηλότερη σταθερή ισχύ. Αυτοί οι κινητήρες δέχονταν ως καύσιμο ξύλα, τύρφη ή κάρβουνο και δεν είχαν εξάρτηση από το φωταέριο.



Σχήμα 2.9 : Nikolaus Otto

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, έπρεπε να βελτιωθεί ο κινητήρας του εργοστασίου Deutz και για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα «Τμήμα Ερευνών», του οποίου τη λειτουργία ανέλαβε ο Ότο. Έτσι έγινε δυνατή η μελέτη για την κατασκευή κινητήρων που είχε διακοπεί από το 1862. Ήδη το έτος 1876 παρουσίασε ο Otto το «νέο κινητήρα», όπως ονομαζόταν για πολύ καιρό ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων.

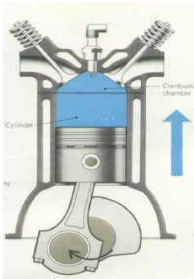
Κύριο πλεονέκτημα του νέου αυτού κινητήρα ήταν η συμπίεση του μίγματος καύσιμο-αέρας, μια αρχή που δεν άλλαξε μέχρι τις ημέρες μας, παρά τις πολλές τροποποιήσεις και βελτιώσεις. Η περιοδικά επαναλαμβανόμενη διεργασία στον τετράχρονο κινητήρα Otto είναι η ακόλουθη:



Σχήμα 2.10 : Εισαγωγή

1. Εισαγωγή

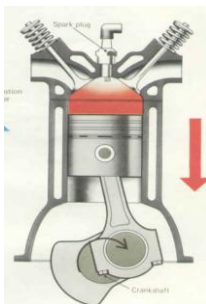
- Το καύσιμο μείγμα εισέρχεται στο θάλαμο καύσης



Σχήμα 2.11 : Συμπίεση

2. Συμπίεση

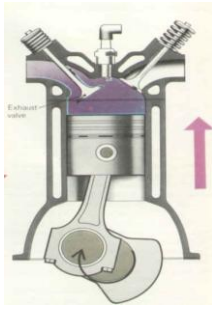
- Το μείγμα τίθεται υπό πίεση



Σχήμα 2.12 : Ανάφλεξη

3. Καύση / Εκτόνωση

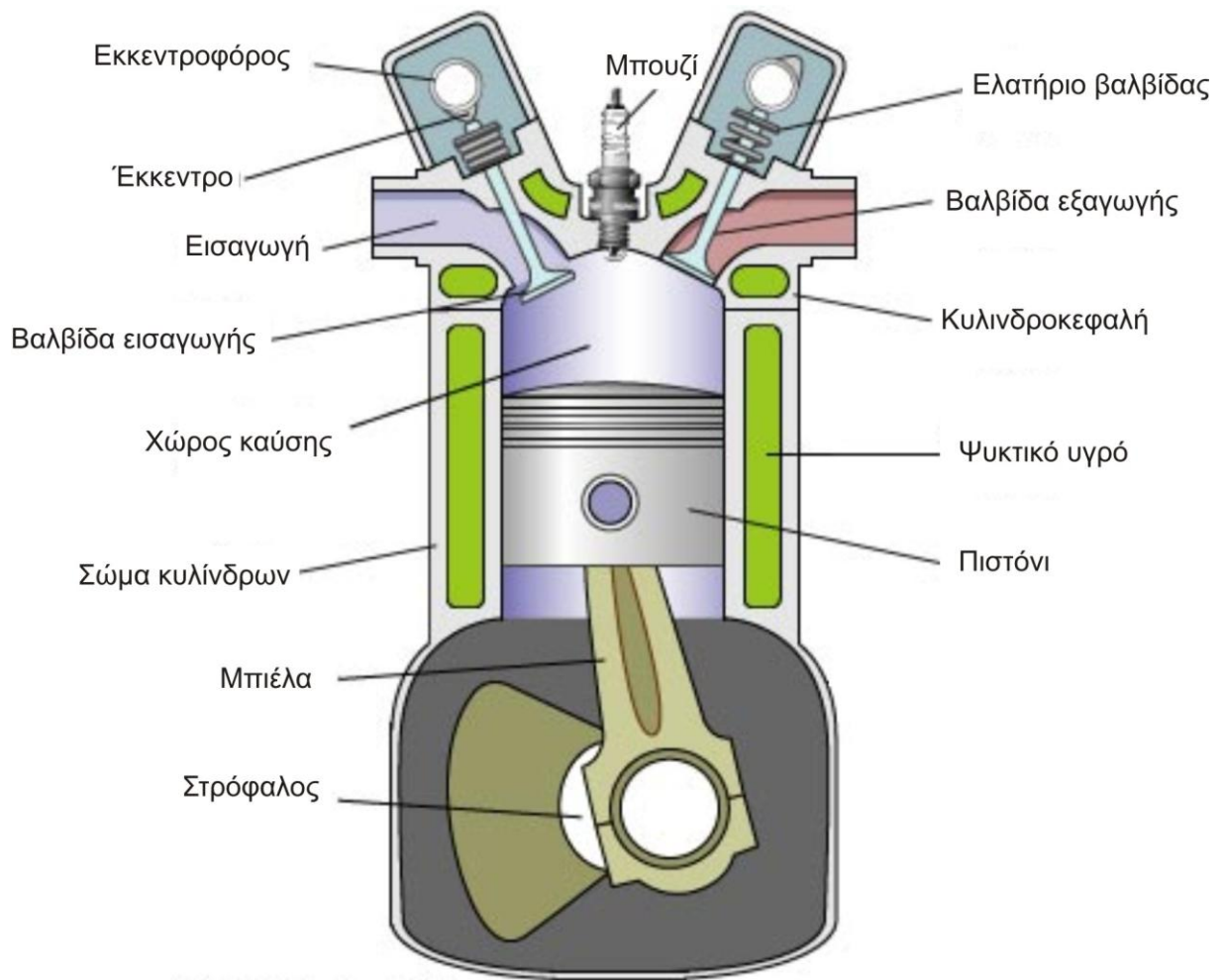
- Το μείγμα καίγεται και εκτονώνεται, πιέζοντας τα κινούμενα μέρη του κινητήρα ώστε να εκτελέσει χρήσιμο έργο.



4. Εξαγωγή

- Τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται από το θάλαμο καύσης

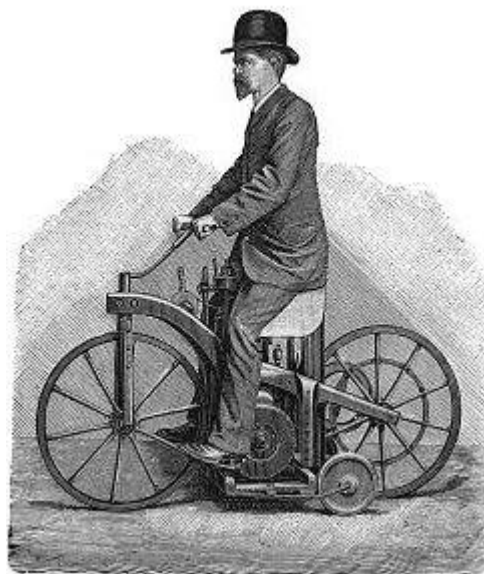
Σχήμα 2.13 : Εκτόνωση



Σχήμα 2.14 : Κύλινδρος Μ.Ε.Κ.

Αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται σε 4 φάσεις (χρόνους) και γι' αυτό ο κινητήρας ονομάζεται τετράχρονος. Μία άλλη εκδοχή του κινητήρα otto είναι ο δίχρονος, ο οποίος χρησιμοποιείται πλέον μόνο σε πολύ μικρά οχήματα και άλλες μονάδες μικρής ισχύος.

Ο Μάιμπαχ που ήταν υπεύθυνος για το σχεδιασμό των κινητήρων στο εργοστάσιο Deutz, βελτίωσε διάφορες τεχνικές λεπτομέρειες αυτού του κινητήρα και ήδη το έτος 1876 τον παρουσίασε στην αγορά με το όνομα Deutz-A-Motor. Η ισχύς του ήταν πάλι περί τα 2 kW, αλλά με καλύτερο βαθμό αποδόσεως. Το αμέσως επόμενο έτος αυξήθηκε η ισχύς στα 3,5 kW (~5 PS) και η εμπορική επιτυχία του έδωσε τη δυνατότητα για περισσότερες βελτιώσεις. Διάφορες εταιρίες στη Γερμανία και το εξωτερικό έλαβαν άδεια κατασκευής του τετράχρονου κινητήρα κι έτσι διαδόθηκε ταχύτατα η χρήση του σε διάφορες παραγωγικές μηχανές.



Σχήμα 2.15 : Δίτροχο όχημα

Όπως συμβαίνει συχνά με τις μεγάλες ανατροπές, το εργοστάσιο Deutz δεν μπόρεσε να προσαρμοστεί εύκολα στην παραγωγή της νέας μηχανής, γιατί οι εγκαταστάσεις παραγωγής του παλιού κινητήρα Otto δεν είχαν ακόμα αποσβεστεί.

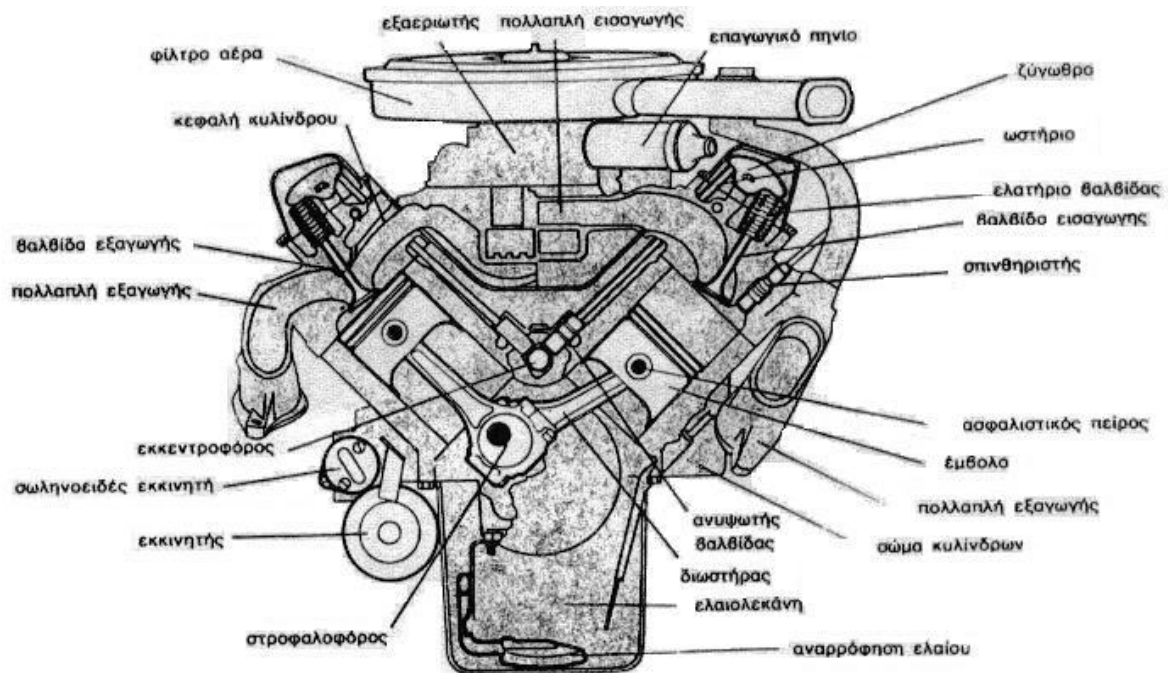
Ο Ντάιμλερ και ο Μάιμπαχ αποχώρησαν κατόπιν αυτού και ίδρυσαν το έτος 1882 μια νέα εταιρία στο Cannstatt, κοντά στη Στουτγκάρδη, όπου άρχισε να παράγεται ο νέος ελαφρύς και πολύστροφος βενζινοκινητήρας με ικανοποιητική ισχύ που ήταν κατάλληλος για οχήματα.

Δύο χρόνια μετά, το έτος 1885, κυκλοφόρησε ένα δίτροχο με τον κινητήρα otto, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.15 και το έτος 1886 κυκλοφόρησαν τα πρώτα οχήματα με κινητήρα με υγρό καύσιμο. Με αυτή την επιτυχία άρχισε να μειώνεται το ενδιαφέρον για τα ατμοκίνητα οχήματα και άρχισε η εποχή των βενζινοκίνητων που διαρκεί, με ένα πλήθος βελτιώσεων και τροποποιήσεων, μέχρι σήμερα.

Οι σημερινοί βενζινοκινητήρες για οχήματα έχουν βαθμό αποδόσεως (χημική σε μηχανική ενέργεια) στην περιοχή τιμών 20-30%. Με τις τριβές στα μηχανικά μέρη του οχήματος και των ελαστικών στο έδαφος ο συνολικός βαθμός αποδόσεως ενός οχήματος είναι ακόμα μικρότερος.

2.7 Δομή του κινητήρα ΟΤΤΟ

Εκτός από το είδος του κύκλου (δίχρονο ή τετράχρονο), η κυριότερη δομική διαφορά ανάμεσα σε κινητήρες αυτοκινήτων, αεροσκαφών, θαλάσσης ή στάσιμους κινητήρες έγκειται στον τρόπο έδρασής τους. Όταν χρησιμοποιούνται συμπλέκτης και κιβώτιο ταχυτήτων, όπως στα αυτοκίνητα, ο κινητήρας αποτελεί μια αυτόνομη μονάδα ισχύος.

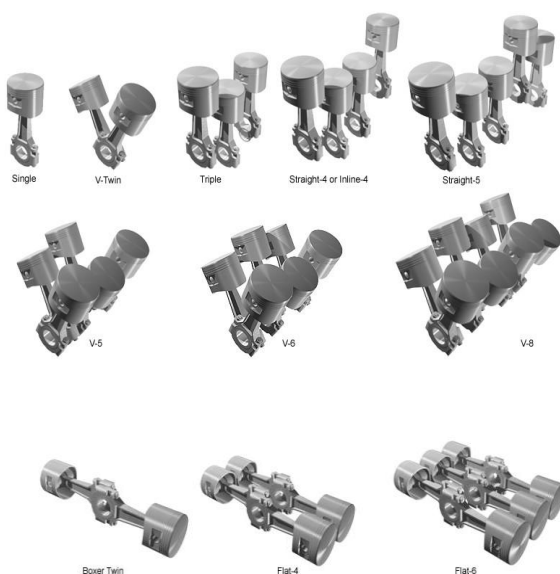


Σχήμα 2.16 : Γενική μορφή κινητήρα αυτοκινήτου

Η γενική περιγραφή της κατασκευής του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 2.16 δείχνει τα κυριότερα μέρη του και εισάγει την ονοματολογία τους. Ως βασικός τύπος χρησιμοποιείται ο τετράχρονος κινητήρας αυτοκινήτου.

2.7.1 Σώμα κυλίνδρων

Το κύριο δομικό στοιχείο των κινητήρων είναι το σώμα κυλίνδρων. Το σώμα αυτό αποτελεί το σκελετό και ταυτόχρονα φέρει την πλάκα με την οποία ο κινητήρας στηρίζεται στο πλαίσιο. Το σώμα των κυλίνδρων είναι συνήθως από χυτοσίδηρο. Ο στροφαλοθάλαμος σχηματίζεται από το κάτω μέρος του σώματος και από την ελαιολεκάνη, που περικλείει το κάτω μέρος του κινητήρα και χρησιμεύει ως δεξαμενή του λιπαντικού ελαίου.



Η διάταξη των κυλίνδρων είναι δύο ειδών-κατακόρυφη ή ευθύγραμμη ή σχήματος V. Ο ευθύγραμμος κινητήρας έχει μια σειρά κυλίνδρων τοποθετημένων κατακόρυφα και ευθυγραμμισμένων με τους τριβείς του στροφαλοφόρου. Ο κινητήρας τύπου V έχει δύο σειρές κυλίνδρων, οι άξονες των οποίων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60 ή 90 μοιρών. Οι κινητήρες V-8 (οκτώ κύλινδροι) είναι συνήθως 90 μοιρών. Ορισμένοι μικροί εξακύλινδροι κινητήρες αεροπλάνων, τέλος, έχουν οριζόντιους και αντίθετα τοποθετημένους κυλίνδρους. Η διάταξη των κυλίνδρων όπως περιγράφεται φαίνεται στο σχήμα 2.17.

Σχήμα 2.17 : Διάταξη κυλίνδρων

Σε χώρο κατά μήκος του σώματος των κυλίνδρων βρίσκεται ο εκκεντροφόρος άξονας, που ενεργοποιεί τις βαλβίδες. Κατάλληλη διάταξη συνδέει τον εκκεντροφόρο με το στροφαλοφόρο άξονα. Το κωνοειδές κέλυφος που περικλείει το σφόνδυλο και στον οποίο προσαρμόζεται το κιβώτιο ταχυτήτων σχηματίζεται στο πίσω άκρο του σώματος. Γύρω από τους κυλίνδρους διαμορφώνονται κατάλληλοι χώροι για την κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού.

2.7.2 Θάλαμος καύσης

Ο όγκος του θαλάμου καύσης σε σχέση προς τον όγκο εκτόπισης του εμβόλου καθορίζει το λόγο συμπίεσης του κινητήρα. Ο όγκος εκτόπισης του εμβόλου είναι αυτός που σαρώνεται σε μία διαδρομή. Ο λόγος του μεγαλύτερου δυνατού όγκου, με το έμβολο στο χαμηλότερο σημείο του, προς το μικρότερο δυνατό όγκο, με το έμβολο στο ανώτερο σημείο, ονομάζεται λόγος συμπίεσης. Ο λόγος συμπίεσης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται η θεωρητική απόδοση του κύκλου του κινητήρα.

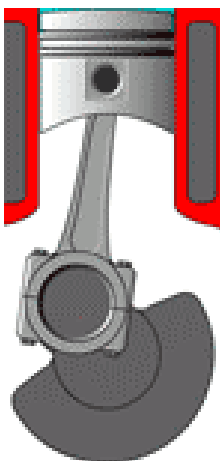
2.7.3 Έμβολο

Τα έμβολα έχουν μορφή ανεστραμμένου κυπέλου και είναι από χάλυβα ή κράμα αλουμινίου. Το επάνω άκρο τους (κεφαλή) σχηματίζει την κατώτερη επιφάνεια του θαλάμου καύσης και δέχεται τη δύναμη από τα καυσαέρια. Η εξωτερική επιφάνεια εφαρμόζει στο εσωτερικό του κυλίνδρου, ενώ ειδικοί δακτύλιοι, τοποθετημένοι σε αύλακες της επιφάνειας αυτής, στεγανοποιούν τον υπερκείμενο χώρο. Σε ειδικές ενισχυμένες υποδοχές στα πλευρά του εμβόλου προσαρμόζεται πείρος από σκληρυσμένο χάλυβα, που διαπερνά το ένα άκρο του διωστήρα.



Σχήμα 2.18 : Πιστόνι

2.7.4 Διωστήρας(μπιέλα) και στροφαλοφόρος άξονας



Ο κατασκευασμένος από σφυρήλατο χάλυβα διωστήρας συνδέει το έμβολο με τον αντίστοιχο στρόφαλο της ατράκτου, μετατρέποντας έτσι την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική του στρόφαλου.

Κάθε διωστήρας στον ευθύγραμμο κινητήρα, ή κάθε ζεύγος διωστήρων στον κινητήρα τύπου V, συνδέεται με ένα στρόφαλο της ατράκτου. Κάθε στρόφαλος αποτελείται από έναν πείρο, που συνδέεται με τον αντίστοιχο διωστήρα και από δύο ακτινικές μάζες, εκατέρωθεν του στροφαλοφόρου άξονα, που στρέφονται γύρω από κύριους τριβείς, ή τριβείς βάσης. Η θέση κάθε στρόφαλου κατά μήκος του στροφαλοφόρου εξαρτάται από τη σειρά ανάφλεξης των κυλίνδρων.

Σχήμα 2.19 : Εμβολο

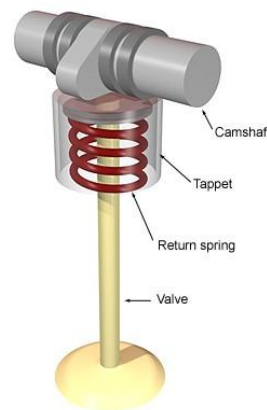
Η σειρά ανάφλεξης υπαγορεύεται από την ανάγκη κατανομής των ώσεων έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι κραδασμοί. Η τυπική σειρά ανάφλεξης κατά τον τετρακύλινδρο κινητήρα είναι 1-3-2-4 και για τον εξακύλινδρο 1-5-3-6-2-4, που δείχνει την πρακτική της εναλλαγής διαδοχικών ώσεων. Η ευστάθεια του στροφαλοφόρου βελτιώνεται με την προσθήκη αντιβάρων.

Ο σχεδιασμός του στροφαλοφόρου καθορίζει και το μήκος διαδρομής του εμβόλου. Ο λόγος της διαδρομής του εμβόλου προς τη διάμετρο του κυλίνδρου αποτελεί σημαντική παράμετρο σχεδιασμού. Στα πρώτα χρόνια του αυτοκινήτου, οι κατασκευαστές χρησιμοποιούσαν τιμές μεταξύ 1 και 1.5. Καθώς όμως οι ταχύτητες αύξαναν και έγινε αντιληπτό ότι οι απώλειες λόγω τριβών μεγάλωναν με την παλινδρομική κίνηση των

εμβόλων, παρά με την ταχύτητα περιστροφής του στροφαλοφόρου, η διαδρομή του εμβόλου μίκρυνε και σε ορισμένες περιπτώσεις έφθασε να γίνει κατά 20% μικρότερη της διαμέτρου του.

2.7.5 Βαλβίδες, ωστήρια και ζύγωθρα

Στον κινητήρα με βαλβίδες στην κεφαλή, τα ωστήρια που συνδέονται με τα αντίστοιχα έκκεντρα κινούνται κατακόρυφα μέχρι να συναντήσουν τα ζύγωθρα, που είναι πάνω στην κεφαλή των κυλίνδρων. Τα τελευταία συνδέονται στο άλλο άκρο τους με τα στελέχη των βαλβίδων και μεταδίδουν σε αυτές την κίνηση από το αντίστοιχο έκκεντρο. Ανάμεσα στο στέλεχος και στο ζύγωθρο προβλέπεται διάκενο, για το κατάλληλο κλείσιμο των βαλβίδων, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του κινητήρα.



Σχήμα 2.20 :
Έκκεντρο-Βαλβίδα

Η βαλβίδα εισαγωγής πρέπει να είναι ανοιχτή όταν το έμβολο κατέρχεται κατά το χρόνο εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής να είναι ανοιχτή όταν το έμβολο ανέρχεται κατά το χρόνο εξαγωγής. Θα φαινόταν φυσικό επομένως το ανοιγοκλείσιμο να γίνεται στα κατάλληλα άνω και κάτω νεκρά σημεία. Ο χρόνος όμως για το ανοιγοκλείσιμο των βαλβίδων καθώς και η υψηλή ταχύτητα στην έναρξη και τη λήξη της ροής των αερίων απαιτούν οι διαδικασίες του ανοίγματος να προηγούνται ελαφρώς του άνω νεκρού σημείου, ενώ οι αντίστοιχες του κλεισίματος να έπονται του κάτω νεκρού σημείου. Έτσι, οι φάσεις ανοίγματος γίνονται νωρίτερα και οι αντίστοιχες του κλεισίματος καθυστερούν λίγο, ώστε με κατάλληλη διαμόρφωση το έκκεντρο να επιτρέπει προοδευτικό αρχικό άνοιγμα και το τελικό κλείσιμο. Άλλος λόγος που επιβάλλει το πρωθύστερο του ανοίγματος και κλεισίματος είναι η αρτιότερη πλήρωση και εκκένωση των κυλίνδρων.

2.7.6 Εκκεντροφόρος

Ο εκκεντροφόρος που ανοιγοκλείνει τις βαλβίδες παίρνει κίνηση από τον στροφαλοφόρο. Το ανοιγοκλείσιμο των βαλβίδων συμπληρώνεται σε μια περιστροφή του εκκεντροφόρου.

2.7.7 Σφόνδυλος

Σε κάθε παλινδρομικό κινητήρα η ροπή (δύναμη περιστροφής) εξασκείται διακεκομμένα κάθε φορά που γίνεται κάπου έναυση. Στα ενδιάμεσα διαστήματα, το ανερχόμενο κατά τη συμπίεση έμβολο και η αντίσταση του φορτίου ασκούν αρνητική ροπή. Η εναλλάξ επιτάχυνση από τις ώσεις ισχύος και στη συνέχεια η επιβράδυνση που οφείλεται στη συμπίεση, έχουν ως αποτέλεσμα ανομοιόμορφη περιστροφή. Ο ρόλος του σφονδύλου που είναι προσαρμοσμένος στο άκρο του στροφαλοφόρου, είναι να εξουδετερώνει την ανομοιομορφία της κίνησης. Ο σφόνδυλος είναι ένας βαρύς χυτοσίδηρος τροχός. Η μάζα του έχει αρκετή αδρανειακή ορμή, ώστε να ανθίσταται στις μεταβολές της ταχύτητας περιστροφής του, αναγκάζοντας έτσι το στροφαλοφόρο να στρέφεται με σταθερή ταχύτητα.

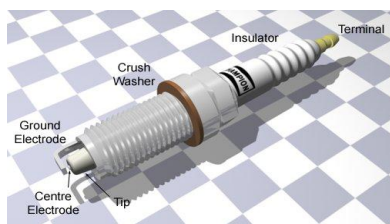
2.7.8 Τριβείς

Ο στροφαλοφόρος άξονας έχει επιφάνειες τριβής σε κάθε πείρο του στροφάλου και στα έδρανα. Τα έδρανα υπόκεινται σε μεγάλα φορτία λόγω των δυνάμεων που ασκούνται από τα έμβολα καθώς και λόγω του βάρους του στροφαλοφόρου και του σφονδύλου. Ένα πολύ μικρό διάκενο ανάμεσα στις επιφάνειες τριβής επιτρέπει την παρουσία ενός λεπτού στρώματος από λιπαντικό έλαιο.

2.7.9 Σύστημα ανάφλεξης

Τα ηλεκτρικά συστήματα ανάφλεξης είναι μαγνητικά ή συστήματα συσσωρευτή και πηνίου. Το μαγνητικό σύστημα είναι αυτοδύναμο και χρειάζεται μόνο τους σπινθηριστές

και την καλωδίωση, ενώ το σύστημα συσσωρευτή και πηνίου συνεπάγεται χρήση πολλών εξαρτημάτων. Το κύκλωμα περιλαμβάνει το συσσωρευτή, όπου ένας πόλος γειώνεται, ενώ ο άλλος οδηγεί μέσω διακόπτη στην πρωτεύουσα περιέλιξη του πηνίου και σε έναν αυτόματο διακόπτη.



Σχήμα 2.21 : Μπουζί

Ο σπινθηριστής όπως διακρίνεται στο σχήμα 2.21 λειτουργεί κάτω από αντίξοες συνθήκες. Είναι εκτεθειμένος στις υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις του θαλάμου καύσης καθώς και στις ρυπαντικές ιδιότητες των προϊόντων της καύσης. Απαιτεί επομένως μεγαλύτερη συντήρηση και είναι συνήθως το πλέον βραχύβιο εξάρτημα του βενζινοκινητήρα.

Το σύστημα έναυσης με πυκνωτή παρέχει σπινθήρα με μεγάλη ένταση, καθιστώντας έτσι ευκολότερη την έναυση ενός ψυχρού ή υπερπληρωμένου με καύσιμο κυλίνδρου. Συνεχίζει να προκαλεί σπινθήρα ακόμη και όταν στα ηλεκτρόδια του σπινθηριστή υπάρχουν αποθέσεις ή έχει μεγαλώσει το διάκενο. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ο μεγαλύτερος χρόνος ζωής του σπινθηριστή, καλύτερη έναυση για μεγαλύτερη περιοχή ταχυτήτων και μεγαλύτερη αντοχή στην υγρασία.

Το μαγνητικό σύστημα είναι μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος με μόνιμο μαγνήτη, για τη λειτουργία των σπινθηριστών. Το σύστημα αυτό απαιτεί μόνο σπινθηριστές, καλώδια και διακόπτες.

2.7.10 Εξαεριωτής

Ο εξαεριωτής της βενζίνης είναι διάταξη που εισάγει καύσιμο σε ρεύμα αέρα, καθώς αυτός εισρέει στον κινητήρα. Ο πλωτήρας, που ενεργοποιεί την βαλβίδα, διατηρεί τη στάθμη της βενζίνης σε κατάλληλο επίπεδο. Ο αέρας που εισρέει προσπερνά τη βαλβίδα ρύθμισης της παροχής-τύπου πεταλούδας- και προωθείται προς τους κυλίνδρους. Κατά τη διέλευσή του από το λαιμό του σωλήνα βεντούρι, ο αέρας επιταχύνεται, δημιουργώντας υποπίεση και προκαλώντας έτσι την έγχυση καυσίμου από τον αναβλυστήρα.

2.7.11 Ψεκασμός καυσίμου

Συστήματα με ψεκασμό βενζίνης, στα οποία το καύσιμο προωθείται με αντλία και ψεκάζεται κατ' ευθείαν στον κύλινδρο, είχαν χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αεροπλάνων πριν από τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο. Η απόδοση των κινητήρων αυτών ήταν εξαιρετική, αλλά το μεγάλο κόστος τους, σε σχέση με τον κινητήρα με εξαεριωτήρα, περιόρισε τη διάδοσή τους. Ένα σύγχρονο σύστημα ψεκασμού μπορεί να αποτελείται από μια απλή αντλία με ανάλογο σύστημα διανομής ή από πολλαπλές αντλίες.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ψεκασμού της βενζίνης είναι: οικονομία καυσίμου λόγω ακριβέστερης αναλογίας καυσίμου προς αέρα, περισσότερη ισχύς λόγω της μη θέρμανσης του καυσίμου, αποφυγή τυχόν στερεών αποθέσεων και, τέλος, πιο ομοιόμορφη και άμεση τροφοδοσία καυσίμου μίγματος στους κυλίνδρους.

2.7.12 Σύστημα ψύξης

Οι κύλινδροι των ΜΕΚ χρειάζονται ψύξη. Οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες είναι υγρόψυκτοι. Το υγρό κυκλοφορεί γύρω από τους κυλίνδρους απάγοντας θερμότητα, την οποία αποδίδει στο ψυγείο του κινητήρα. Το κύκλωμα περιλαμβάνει συνήθως θερμοστάτη για να κρατά τη θερμοκρασία στα χιτώνια των κυλίνδρων σταθερή. Στο σύστημα ψύξης επικρατεί συνήθως υπερπίεση για να ανυψώνει το σημείο ζέσης του ψυκτικού μέσου, έτσι ώστε το τελευταίο να διατηρείται σε υγρή κατάσταση και να διευκολύνεται η μεταφορά θερμότητας στο ψυγείο.

Ορισμένοι κινητήρες, κυρίως αεροπλάνων καθώς και μικρών μονάδων, όπως χορτοκοπτικές ή τα αλυσοπρίονα, είναι αερόψυκτοι. Η ψύξη με αέρα επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση λεπτών πτερυγίων στις εξωτερικές επιφάνειες των κυλίνδρων. Ο αέρας κυκλοφορεί ανάμεσα στα πτερύγια με τη βοήθεια φυσητήρων ή ανεμιστήρων. Οι κινητήρες των ελικοφόρων αεροπλάνων προσφέρονται ιδιαίτερα για ψύξη με αέρα από τις έλικες.

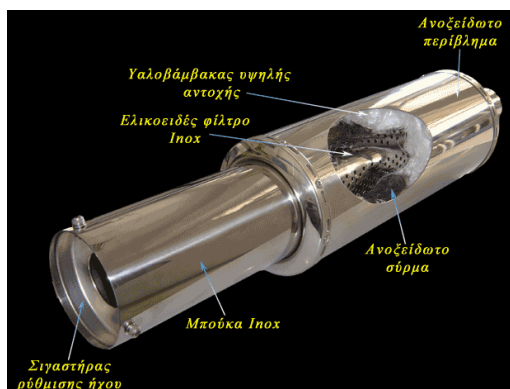
2.7.13 Σύστημα λίπανσης

Η λίπανση, που αποσκοπεί στη μείωση των τριβών, επιτυγχάνεται με παρεμβολή ενός υμένα ελαίου ανάμεσα στα τριβόμενα εξαρτήματα. Σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των λιπαντικών ελαίων παίζει το ιξώδες, που όπως είναι γνωστό εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία.

Το σύστημα λίπανσης τροφοδοτείται από την ελαιολεκάνη που βρίσκεται στη χαμηλότερη στάθμη του κινητήρα. Το λιπαντικό προωθείται με αντλία συνήθως οδοντωτή, υπό πίεση, σε σύστημα αγωγών ή διαύλων.

Το έλαιο προωθείται υπό πίεση στο στροφαλοφόρο και στους κύριους τριβείς του. Οι στρόφαλοι φέρουν ειδικές οπές που διευκολύνουν να φθάσει το έλαιο μέχρι τον πείρο κάθε στρόφαλου. Καθώς το έλαιο εξέρχεται από τις οπές των στρόφαλων εκτινάσσεται και διαβρέχει τα τοιχώματα των κυλίνδρων, τα έκκεντρα και τα έμβολα, φθάνοντας μέχρι και τους πείρους των διωστήρων. Πρόσθετα ανοίγματα στα στελέχη των εκκέντρων τροφοδοτούν με έλαιο τους υδραυλικούς μηχανισμούς ανύψωσης των ωστηρίων των βαλβίδων, αν υπάρχουν. Η πίεση του ελαίου στους υδραυλικούς αυτούς ανυψωτές διατηρείται στην επιθυμητή στάθμη με ρυθμιστικές βαλβίδες.

2.7.14 Σύστημα εξαγωγής



Σχήμα 2.22 : Εξάτμιση

Τα καυσαέρια περνούν μέσα από το σιγαστήρα που περιορίζει τις ηχητικές ταλαντώσεις. Ο σιγαστήρας αποσβένει τις ταλαντώσεις αυτές έτσι ώστε τα καυσαέρια να εξέρχονται σχετικά ομαλά και χωρίς μεγάλο θόρυβο. Οι συνηθέστεροι σήμερα σιγαστήρες χρησιμοποιούν θαλάμους συντονισμού που επικοινωνούν με τους χώρους διέλευσης των καυσαερίων. Από κάθε θάλαμο ξεκινούν ταλαντώσεις σε συχνότητα που καθορίζεται από τις διαστάσεις του. Οι ταλαντώσεις αυτές εξουδετερώνουν ή απορροφούν τις ταλαντώσεις του διερχόμενου ρεύματος των καυσαερίων, που έχουν την ίδια περίπου συχνότητα. Αρκετοί τέτοιοι θάλαμοι,

ένας για κάθε μία από τις επικρατέστερες συχνότητες στο ρεύμα των καυσαερίων μειώνουν αποτελεσματικά το θόρυβο. Στο σύστημα εξαγωγής προστίθενται συχνά συσκευές ελέγχου των καυσαερίων, με σκοπό τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

3. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

3.1 Γενικά στοιχεία-εξοπλισμός

Για την κατασκευή του μοντέλου που θα αναλύσουμε παρακάτω, ήταν απαραίτητος ο εξοπλισμός, ο οποίος περιλαμβάνει τα εξής:

- Εργαλειοφόρος (κλειδιά, κασάνια, καρυδάκια κ.λπ.) ([Σχήμα 3.1](#))
- Αεροπίστολο ([Σχήμα 3.2](#))
- Αεροκασάνια ([Σχήμα 3.3](#))
- γερανός μικρού μεγέθους ([Σχήμα 3.4](#))
- ειδικό εργαλείο εισαγωγής και εξαγωγής ελατηρίων ([Σχήμα 3.5](#))
- ειδικό εργαλείο εισαγωγής έμβολων ([Σχήμα 3.6](#))
- ειδικό εργαλείο για χρόνισμα της μηχανής ([Σχήμα 3.7](#))
- τροχός ([Σχήμα 3.8](#))
- συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου τύπου MIG ([Σχήμα 3.9](#))
- σπρέι χρωμάτων ([Σχήμα 3.10](#))
- τεχνικό σύστημα πληροφοριών (TIS) ([Σχήμα 3.11](#))
- ειδικό εργαλείο σύσφιξης καπακιού μηχανής ([Σχήμα 3.12](#))



Σχήμα 3.1



Σχήμα 3.2



Σχήμα 3.3



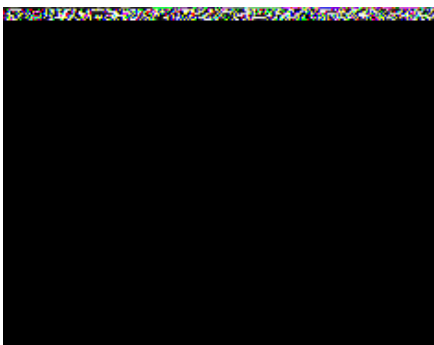
Σχήμα 3.4



Σχήμα 3.5



Σχήμα 3.6



Σχήμα 3.7



Σχήμα 3.8



Σχήμα 3.9



Σχήμα 3.10



Σχήμα 3.11



Σχήμα 3.12

3.2 Εύρεση και επιλογή μηχανής εσωτερικής καύσης

Η μηχανή που επιλέχθηκε για την κατασκευή είναι μια μηχανή εσωτερικής καύσεως που κατασκευάστηκε από τη BMW το έτος 1989. Επιλέχθηκε σκοπίμως κινητήρας με ιμάντα χρονισμού διότι είναι πιο ελαφρύς μετά την αφαίρεση των περιφερειακών εξαρτημάτων, οπότε διευκολύνει την κίνησή του από τον ηλεκτροκινητήρα και δεν απαιτείται λίπανση κατά την περιστροφή του. Τα τεχνικά στοιχεία του κινητήρα δίνονται στο σχήμα 3.13:

Αριθμός κυλίνδρων		4
Διάμετρος κυλίνδρου	mm	84
Διαδρομή εμβόλου	mm	72
Κυβισμός ωφέλιμος	cm ³	1596
Σχέση συμπίεσης	:1	9,1
Ισχύς (χωρίς καταλυτικό μετατροπέα)	KW	75/5500
Ισχύς (με καταλυτικό μετατροπέα)	KW	73/5500
Επιτρεπόμενος μέγιστος αριθμός στροφών	Στροφές/λεπτό	6200
Επιτρεπόμενος συνεχής αριθμός στροφών	Στροφές/λεπτό	6000
Μέγιστη ροπή (χωρίς καταλυτικό μετατροπέα)	Nm	143/4250
Μέγιστη ροπή (με καταλυτικό μετατροπέα)	Nm	143/4250
Συμπίεση (όλοι οι κύλινδροι περίπου στο ίδιο μέτρο)	Ελάχιστο bar	10 έως 11

Σχήμα 3.13 : Τεχνικά στοιχεία επιλεγμένου κινητήρα

3.3 Αποσυναρμολόγηση κινητήρα

Ο κινητήρας αποτελείται από 3 βασικά μέρη. Πρώτον, από την κυλινδροκεφαλή η οποία περιλαμβάνει τον εκκεντροφόρο άξονα, δεύτερον, το μπλοκ που περιέχει το χώρο καύσης και το στροφαλοφόρο άξονα και τρίτον, τα περιφερειακά εξαρτήματα.

Αρχικά, αφαιρούνται τα περιφερειακά εξαρτήματα για να απομείνει μονό το μέρος του κινητήρα που χρειάζεται για την περεταίρω κατεργασία. Συνεπώς, αφαιρείται η καλωδίωση του κινητήρα που στηρίζεται σε πλαστικό κάλυμμα πάνω στον εν λόγω κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 3.14.

Έπειτα, αφαιρούνται όλοι οι πλαστικοί διακλαδωτήρες ένας εκ των οποίων φαίνεται στο σχήμα 3.15, οι οποίοι συντελούν στη διακίνηση νερού. Παράλληλα θα αφαιρεθούν και τα κολάρα που βρίσκονται συνδεδεμένα με τους πλαστικούς διακλαδωτήρες. Για την αποσύνδεση τους απαιτείται ένα κατσαβιδοκάρυδο SW6.



Σχήμα 3.14 : Καλωδίωση



Σχήμα 3.15 :
Διακλαδωτήρας νερού



Σχήμα 3.16 : Μπεκίερα



Σχήμα 3.17 : Εισαγωγή



Σχήμα 3.18 : Κυλινδροκεφαλή

Εν συνεχεία αφαιρείται η εισαγωγή. Η εισαγωγή είναι συνδεδεμένη στην κυλινδροκεφαλή και προσφέρει τη μίξη του καύσιμου υγρού με τον αέρα. Η αποσύνδεση της εισαγωγής επιτυγχάνεται με το ξεβίδωμα 6 κοχλιών διαστάσεως M11 με την αεροκαστάνια. Έπειτα, απαιτείται το ξεβίδωμα 2 κοχλιών διάστασης M10 οι οποίοι συγκρατούν τους 4 ψεκαστήρες καυσίμου πάνω στην εισαγωγή. Έτσι με ένα λοστό μπορεί να αποσυνδεθεί το σύστημα εισαγωγής και να απομείνει μονό το κύριο σώμα της μηχανής. Τέλος, πρέπει να αφαιρεθούν οι 2 βαλβίδες οι οποίες βρίσκονται πάνω στην κυλινδροκεφαλή, η βαλβίδα θερμοκρασίας και η βαλβίδα λαδιού. Αν και δεν παίζουν κάποιο ιδιαίτερο ρόλο στην κατασκευή μετά το πέρας της κατεργασίας θα επανατοποθετηθούν. Για το λύσιμο των βαλβίδων απαιτείτε γερμανικό κλειδί SW19.

Τώρα θα εξαχθεί ο δείκτης λαδιού, θα λύθει το φίλτρο λαδιού και λύνοντας τον κοχλία στο κάρτερ θα αδειάσει ο κινητήρας από το λαδί που περιέχει. Ο δείκτης λαδιού αφαιρείται τραβώντας τον, προσεκτικά, το φίλτρο λαδιού λύνοντας τον κοχλία 13M που το ασφαλίζει και το λαδί αδειάζει τελικά λύνοντας τον κοχλία 17M που βρίσκεται στο κάρτερ λαδιού. Ακολουθείται αυτή η διαδικασία για να απελευθερωθεί ο αέρας που περιέχετε ούτως ώστε να αδειάσει πλήρως ο κινητήρας.

Αφού ολοκληρώθηκε η αποσυναρμολόγηση των περιφερειακών εξαρτημάτων μπορεί να προχωρήσει η αποσυναρμολόγηση του κυρίως σώματος του κινητήρα. Έτσι πρωτίστως θα λυθεί η κυλινδροκεφαλή.



Σχήμα 3.19 : Αριστερή πλάγια όψη κυλινδροκεφαλής

Αρχικά ξεμοντάρεται το καπάκι βαλβίδων. Το καπάκι βαλβίδων είναι βιδωμένο με 12 κοχλίες M10 και ανάμεσα στην κυλινδροκεφαλή παρεμβάλετε στεγανοποιητική φλάντζα. Στο σχήμα 3.20 παρατηρείται το εσωτερικό της κυλινδροκεφαλής.

Αφού αφαιρεθεί το καπάκι πρέπει να αποσυναρμολογηθούν στο εμπρόσθιο μέρος τα καλύμματα ούτως ώστε να εμφανιστεί ο ιμάντας χρονισμού όπως φαίνεται στο σχήμα 3.19. Μόλις εμφανιστεί ο ιμάντας χρονισμού, λασκάρεται ο τεντωτήρας, που είναι γραναζωτό ρουλεμάν και αποσυνδέεται ο ιμάντας από το γρανάζι του εκκεντροφόρου. Επισημαίνεται ότι ο ιμάντας χρονισμού συνδέει τον

εκκεντροφόρο με το στρόφαλο, οπότε πρέπει να αποσυνδεθεί για να μπορεί να γίνει εξαγωγή της κυλινδροκεφαλής. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία λύνονται με ειδικό εργαλείο οι 12 κοχλίες που συνδέουν την κυλινδροκεφαλή με το μπλοκ της μηχανής. Μόλις εξαχθεί η κυλινδροκεφαλή τοποθετείται πάνω σε ένα πάγκο για να συνεχιστεί η εξαγωγή των επιμέρους εξαρτημάτων που την αποτελούν.



Σχήμα 3.20 : Κάτοψη κυλινδροκεφαλής



Μετά την τοποθέτηση της κυλινδροκεφαλής στον πάγκο ακολουθεί η εξαγωγή των καβαλέτων του εκκεντροφόρου άξονα. Τα τελευταία είναι 2 στον αριθμό και βγαίνουν λύνοντας τους 4 κοχλίες διάστασης M10.

Σχήμα 3.21 : Ζύγωθρα

Εν συνεχεία λύνοντας άλλους 4 κοχλίες ίδιας διάστασης αφαιρείται η ράβδος λίπανσης του εκκεντροφόρου άξονα. Συνεχίζοντας βγαίνει ο εκκεντροφόρος και αφαιρούνται τα 8 ωστήρια, 8 ζύγωθρα και 8 ασφάλειες. Ο συνδυασμός των τελευταίων επιτρέπει σε συνεργασία με τον εκκεντροφόρο άξονα το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων.

Έπειτα με το ειδικό εργαλείο εξάγονται τα ελατήρια όπως φαίνεται στο σχήμα 3.23 και έτσι με ένα απλό τράβηγμα μπορούν να φύγουν οι βαλβίδες(εισαγωγής και εξαγωγής). Τα ελατήρια που συντελούν στο άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων είναι διπλά, δηλαδή σε κάθε βαλβίδα υπάρχει ένα ζεύγος ελατηρίων. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στον κινητήρα όταν δουλεύει σε υψηλές στροφές. Συνεπώς για να ευνοηθεί και πάλι η μείωση των αντιστάσεων του μοντέλου μας, το εσωτερικό ελατήριο δεν θα επανατοποθετηθεί σε καμία από τις 8 βαλβίδες.

Μόλις αφαιρεθούν και οι βαλβίδες με μια πένσα μπορούν να βγουν οι στεγανοποιητικοί δακτύλιοι βαλβίδων. Επισημαίνεται δε ότι στη συναρμολόγηση του κινητήρα δεν θα τοποθετηθούν οι τελευταίοι μειώνοντας τις τριβές κατά την κίνηση των βαλβίδων. Προχωρώντας, λύνοντας τους 8 κοχλίες M12 αφαιρείται η πολλαπλή εξαγωγής. Τέλος, λύνονται οι 8 κοχλίες M10 που συγκρατούν τον 'καθρέπτη' της κυλινδροκεφαλής. Έτσι βγάζοντας τον τελευταίο η κυλινδροκεφαλή είναι έτοιμη για κατεργασία.



Σχήμα 3.24 : Οπίσθιο μέρος εκκεντροφόρου



Σχήμα 3.22 : Εκκεντροφόρος

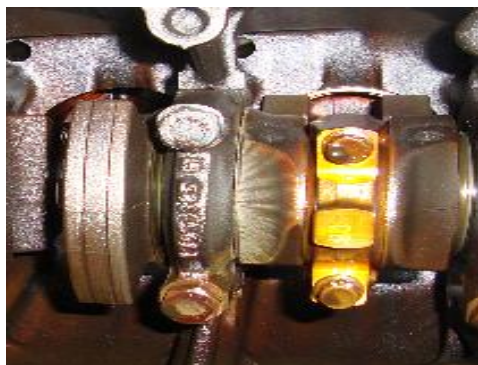


Σχήμα 3.23 : Ασφάλειες



Σχήμα 3.25 : Εξαγωγή ελατηρίων

Τώρα μπορεί να προχωρήσει η αποσυναρμολόγηση του μπλοκ. Αφού λοιπόν τοποθετηθεί το τελευταίο στην ειδική βάση στήριξης θα περιστραφεί κατά 180° έτσι ώστε να φανεί το κάρτερ. Αφού φανεί το κάρτερ θα λυθούν οι 14 κοχλίες M10 και έτσι θα αποσυναρμολογηθεί από το μπλοκ. Εμφανίζεται λοιπόν ο στροφαλοφόρος άξονας και οι διωστήρες τα οποία εικονίζονται στο σχήμα 3.26.



Σχήμα 3.26 : Εσωτερικό μέρος του μπλοκ μετά την αφαίρεση του κάρτερ

Πρώτα απ' όλα με μια πόντα μαρκάρονται οι μπιέλες όπως φαίνεται στο σχήμα 3.27 ούτως ώστε στην επανατοποθέτησή τους να μπουν ακριβώς στη θέση που ήταν. Αυτό γίνεται λόγω του ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας του κινητήρα ο στρόφαλος αποκτά κάποιες ανοχές. Αυτές οι ανοχές μεταφέρονται στην μπιέλα και στο έδρανο με αποτέλεσμα να απαιτείται η επανατοποθέτησή τους στο ίδιο σημείο για να έχει μεγαλύτερη ευκολία στην κίνηση του άξονα. Αφού λοιπόν ολοκληρωθεί το μαρκάρισμα λύνοντας τους 8 κοχλίες S54 και με ελαφρό χτύπημα φεύγουν τα πιστόνια μαζί με τις μπιέλες. Συνεχίζοντας, λύνοντας τους 8 κοχλίες M18 βγαίνει και ο στροφαλοφόρος άξονας. Έπειτα, θα αφαιρεθεί η βάση του φίλτρου λαδιού. Αυτό επιτυγχάνεται λύνοντας τους 4 κοχλίες M13, για να αφαιρεθεί πρωτίστως η βάση του δυναμού και έπειτα τους 6 κοχλίες M10 που συγκρατούν τη βάση του φίλτρου.



Σχήμα 3.27 : Καβαλέτο μπιέλας

Η βάση του φίλτρου λαδιού αφαιρείται για να τοποθετηθεί καινούργια φλάντζα διότι λόγω της μεγάλης πίεσης που παρουσιάζεται σε εκείνο το σημείο ενδέχεται να παρουσιαστεί απώλεια λιπαντικού ελαίου με παλιά φλάντζα. Εν συνεχεία, λύνοντας τους 8 κοχλίες M11 εξάγεται και ο καθρέπτης του σώματος του κινητήρα. Το τελευταίο αφαιρείται επίσης για την αντικατάσταση της φλάντζας και για τον απαιτούμενο καθαρισμό στο πλαίσιο της γενικής κατασκευής.

Τελειώνοντας τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης βγαίνουν από τα πιστόνια τα 3 ελατήρια (λαδιού, ξύστρας και συμπίεσης), αφαιρείται από τον πείρο η μια ασφάλεια και χτυπώντας ελαφρά εξάγεται ο πείρος και τελικά φεύγει και η μπιέλα.

Συνοψίζοντας, εδώ τελειώνει η διαδικασία αποσυναρμολόγησης του κινητήρα και θα ακολουθήσει επόμενο στάδιο στην κατασκευή της διάταξης.

3.4 Κατασκευή βάσης τοποθέτησης μοντέλου

Αφού ολοκληρώθηκε η αποσυναρμολόγηση του κινητήρα τώρα θα ακολουθήσει η κατασκευή της βάσης που θα τοποθετηθεί η τελική κατασκευή. Αυτό συμβαίνει ούτως ώστε μόλις τελειώνει κάθε μέρος της κατασκευής να "χτίζεται" πάνω στη βάση του χάριν ευκολίας.

Για τη βάση χρησιμοποιήθηκε ένα παλιό τραπέζι στο οποίο αφαιρέθηκε το πάνω μέρος του για να απομείνει έτσι μονό ο σιδερένιος σκελετός που χρειάζεται. Οι διαστάσεις του είναι:

- Μήκος: 1,20m
- Πλάτος: 0,50m
- Ύψος: 0,80m

Εν συνεχεία το πλαίσιο αφού τριφτεί στα σημεία που έχει σκουριά βάφεται με μαύρο χρώμα ειδικό για την αποφυγή οξείδωσης.

Έπειτα, λόγω της ανομοιομορφίας που έχει ο κινητήρας και λόγω των δυνάμεων που θα ασκούνται κατά τη λειτουργία του, ανακύπτει το πρόβλημα της τοποθέτησης του πάνω στο τραπέζι που έχει χρησιμοποιηθεί για βάση. Αυτό το πρόβλημα θα επιλυθεί τοποθετώντας στο εμπρόσθιο μέρος του τραπεζιού μια γέφυρα μηχανής που διακρίνεται στο σχήμα 3.28. Γέφυρα μηχανής είναι το εμπρόσθιο τμήμα ενός αυτοκινήτου στο οποίο στηρίζεται ο κινητήρας του μέσω των βάσεων του. Έτσι κολλώντας με ηλεκτροσυγκόλληση τύπου MIG τη γέφυρα θα μπορεί να τοποθετηθεί το μοντέλο και να τεθεί σε λειτουργία σαν να είχε τοποθετηθεί μια μηχανή σε ένα αυτοκίνητο. Έπειτα θα συγκολληθεί στο κάτω μέρος του τραπεζιού σε απόσταση 40 cm από το πάνω μέρος του ένα κομμάτι ελάσματος μήκους 50 cm έτσι ώστε να μπορεί να μπει ο ηλεκτροκινητήρας που θα προσδίδει κίνηση στην κατασκευή. Απαιτείται ακόμα η συγκόλληση 2 ελασμάτων 15cm (έκαστη) οι οποίες θα τοποθετηθούν στο εμπρόσθιο μέρος για τη στήριξη του ψυγείου νερού.

Κατόπιν τούτου, θα τοποθετηθεί ο ηλεκτροκινητήρας που φαίνεται στο σχήμα 3.29 που αγοράστηκε για την πρόσδοση κίνησης στην κατασκευή. Ο ηλεκτροκινητήρας θα τίθεται σε λειτουργία με ένα διακόπτη on/off όπως φαίνεται στο σχήμα 3.31. Τα τεχνικά στοιχεία του ηλεκτροκινητήρα είναι τα εξής:

- Ισχύς: 2hp
- Τάση: 220V

Ο ηλεκτροκινητήρας θα στερεωθεί με 4 κοχλίες και 4 περικόχλια M13. Στο εμπρόσθιο μέρος θα τοποθετηθεί γρανάζι. Το γρανάζι αυτό προέρχεται από τρόμπα λαδιού από BMW M3 E30 και εικονίζεται στο σχήμα 3.30. Τοποθετήθηκε αυτό το γρανάζι διότι και η αλυσίδα που θα χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση της κίνησης στην κατασκευή είναι από το ίδιο μοντέλο. Το γρανάζι θα βιδωθεί με κοχλία F12 και για περισσότερη ασφάλεια θα μπει πάνω στο σπείρωμα ειδική κολλά για κοχλίες. Τέλος, στο πίσω μέρος της βάσης θα τοποθετηθεί ένα έλασμα το οποίο θα χρησιμεύει στη στήριξη του κιβωτίου ταχυτήτων.



Σχήμα 3.28 : Πρόσωση βάσης



Σχήμα 3.29 : Ηλεκτροκινητήρας



Σχήμα 3.30 : Γρανάζι

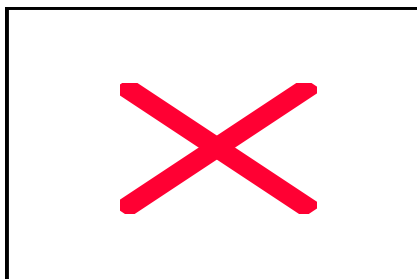


Σχήμα 3.31 : Διακόπτης

3.5 Καθαρισμός και τομές σώματος κυλίνδρων



Σχήμα 3.32 : Λείανση σώματος κυλίνδρων



Σχήμα 3.33:Ρεκτιφιέ στροφάλου



Σχήμα 3.34 : Ρεκτιφιέ κυλίνδρων

Για την κατεργασία του σώματος του κινητήρα αρχικά απαιτείται ένα πρόχειρο πλύσιμο των εξαρτημάτων που έχουν εξαχθεί σε ένα καυστικό υγρό. Έπειτα, τα εξαρτήματα του κορμού θα οδηγηθούν σε ειδικό μηχανουργείο όπου θα γίνει λείανση και καθαρισμός των εξαρτημάτων όπως φαίνεται στο [σχήμα 3.32](#). Επίσης θα γίνει λείανση και ρεκτιφιέ των κυλίνδρων και του στροφάλου όπως διακρίνεται στο [σχήμα 3.33](#) και [σχήμα 3.34](#) για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ευκολία στην κίνηση που θα προσδίδει στην κατασκευή ο ηλεκτροκινητήρας. Λόγω της τομής που θα γίνει ανάμεσα στο τρίτο και τέταρτο κύλινδρο θα αφαιρεθεί ένα σημαντικό μέρος υλικού.

Το σώμα του κινητήρα είναι κατασκευασμένο από ένα κράμα υλικών το οποίο παρουσιάζει έντονη πλαστική παραμόρφωση. Λόγω λοιπόν του μαντεμένιου μπλοκ όταν θα προσδοθεί στη διάταξη κίνηση μέσω του ηλεκτροκινητήρα είναι επακόλουθο σε εκείνο το σημείο που υπάρχει έλλειψη υλικού να παρουσιαστεί μια εσωτερική στρέψη με αποτέλεσμα να δυσκολεύει την κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα. Ως εκ τούτου, απαιτείται μεγαλύτερη κατεργασία και αφαίρεση υλικού από το στρόφαλο. Μετά την ολοκλήρωση του ρεκτιφιέ του κορμού του κινητήρα και των εξαρτημάτων που τον αποτελούν είναι έτοιμος για κοπή.



Σχήμα 3.35 : Νεροχύτης μπλοκ

Πριν την έναρξη της διαδικασίας κοπής είναι απαραίτητη η λήψη κάποιων προστατευτικών μέτρων όπως η χρήση προστατευτικών γυαλιών και γαντιών. Έπειτα θα χαραχθούν με μια κιμωλία πάνω στο σώμα του κινητήρα σημάδια εκεί που θα γίνουν οι τομές. Εν συνεχεία,

αντικαθιστώντας στον τροχό ένα καινούργιο δίσκο κοπής ξεκινάει η κοπή. Λόγω του ότι έχουν εξαχθεί όλα τα κομμάτια του μπλοκ δεν είναι απαραίτητη κάποια ιδιαίτερη προσοχή καθώς δεν υπάρχει κίνδυνος να γίνει ζημιά σε κάποιο εξάρτημα της διάταξης. Αφού τελειώσει η μια εγκάρσια τομή θα ακολουθήσει άλλη μία στο τέλος του τετάρτου κυλίνδρου. Έπειτα, θα γίνει και μια τομή στην ένωση του τρίτου με τον τέταρτο κύλινδρο ούτως ώστε να αφαιρεθεί πλήρως το υλικό που δεν χρειάζεται. Έτσι ουσιαστικά το σώμα του κινητήρα δεν θα χρειαστεί κάποια περαιτέρω επεξεργασία με τον τροχό.

Με το πέρας της κοπής εμφανίζονται και οι νεροχύτες που έχει το σώμα της μηχανής όπως εικονίζονται στο [σχήμα 3.35](#). Με τον όρο νεροχύτες νοούνται κενά από υλικό που υπάρχουν με σκοπό τη διακίνηση νερού ως επί των πλείστων αλλά και λιπαντικού υγρού. Ο σκοπός είναι το μοντέλο που θα κατασκευασθεί να λειτουργεί με τη διακίνηση λαδιού. Για να επιτευχθεί αυτό το εγχείρημα το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι να μην υπάρχει διάχυση από το σώμα του κινητήρα. Η θέση της κυλινδροκεφαλής ευνοεί διότι γέρνει ελαφρώς προς τα πίσω οπότε δεν θα παρουσιαστεί διάχυση από εκεί. Το πρόβλημα εντοπίζεται στο σώμα του κινητήρα. Για αυτόν το λόγο, τοποθετήθηκε ένας απλός χάλκινος σωλήνα ο οποίος ενώνει τις 2 σπές που έχουν δημιουργηθεί από την κοπή. Πάνω στο σωλήνα μπήκε ένας μικρός ψεκαστήρας ακριβώς στη μέση ο οποίος ενώνεται με διαφανή ελαστικό σωλήνα με έναν άλλο ψεκαστήρα που είναι τοποθετημένος έναντι του και πάνω στα έδρανα βάσης. Όλη η πατέντα φαίνεται στο [σχήμα 3.36](#). Έτσι όταν ο κινητήρας τεθεί σε κίνηση το λαδί θα ανεβαίνει μέσω της τρόμπας λαδιού, θα εισέρχεται στα μέταλλα του στροφαλοφόρου άξονα και έπειτα θα επανέρχεται στην ελαιολεκάνη μέσω του κυκλώματος που δημιουργήθηκε.



Σχήμα 3.36 : Πατέντα για το κύκλωμα λαδιού

3.6 Καθαρισμός και κοπή κυλινδροκεφαλής

Αρχικά θα τοποθετηθεί η κυλινδροκεφαλή στο ίδιο καυστικό υγρό που τοποθετήθηκε και το σώμα των κυλίνδρων, στο S255 το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως σαν καθαριστικό καρμπυρατέρ και έπειτα από την πάροδο 2 ωρών θα αποσυρθεί.



Σχήμα 3.37 : Λείανση κυλινδροκεφαλής

Κατόπιν θα γίνει λείανση της επιφάνειας της κυλινδροκεφαλής όπως φαίνεται στο σχήμα 3.37. Αυτό δεν είναι απαραίτητο αλλά θα γίνει μονό και μονό για να εφαρμόσει καλύτερα πάνω στο σώμα του κινητήρα. Έπειτα, η κυλινδροκεφαλή τοποθετείται πρόχειρα πάνω στο σώμα των κυλίνδρων και μαρκάρεται με μια κιμωλία ούτως ώστε να γίνει η τομή στα ίδια σημεία που έγινε στο μπλοκ. Έτσι λαμβάνοντας πάλι τα απαραίτητα μετρά προστασίας (γυαλιά, γάντια) θα ακολουθήσουν 2 τομές εκατέρωθεν του 3^{ου} και 4^{ου} κυλίνδρου. Η κυλινδροκεφαλή αντιθέτως με το σώμα των κυλίνδρων είναι συμπαγής οπότε για να αφαιρεθεί το υλικό που επιθυμείται απαιτούνται άλλες 2 τομές, μια από πάνω και μια από κάτω πάλι κατά μήκος του 3^{ου} και 4^{ου} κυλίνδρου έτσι ώστε η μια να συναντήσει την άλλη και να επιτευχθεί η αποκοπή του υλικού. Κατά την διάρκεια της κοπής απαιτείται προσοχή ώστε να μην καταστραφούν οι οπές που υπάρχουν και οι οδηγοί για την εισαγωγή των βαλβίδων και των ελατηρίων. Έτσι η κυλινδροκεφαλή είναι έτοιμη για συναρμολόγηση.



Σχήμα 3.38 : Κυλινδροκεφαλή μετά την κατεργασία κοπής

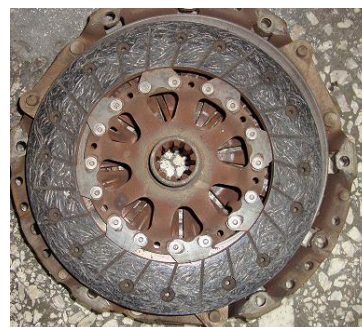
3.7 Καθαρισμός και κοπή κιβωτίου ταχυτήτων

Το κιβώτιο ταχυτήτων όπως είναι γνωστό είναι ένα σύμπλεγμα από γρανάζια τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω σε δυο άξονες, τον πρωτεύοντα και το δευτερεύοντα και προσφέρουν μέσα από το συνδυασμό τους κίνηση στον άξονα του αυτοκινήτου.

Το μηχανικό κιβώτιο το οποίο θα τοποθετηθεί στο μοντέλο είναι κατασκευασμένο από τη GETRAG, γερμανική εταιρία κατασκευές κιβωτίων ταχυτήτων. Ακόμη το δίσκο-πλατώ-ρουλεμάν είναι της κατασκευάστριας εταιρίας SACHS.



Σχήμα 3.39 : Κιβώτιο ταχυτήτων



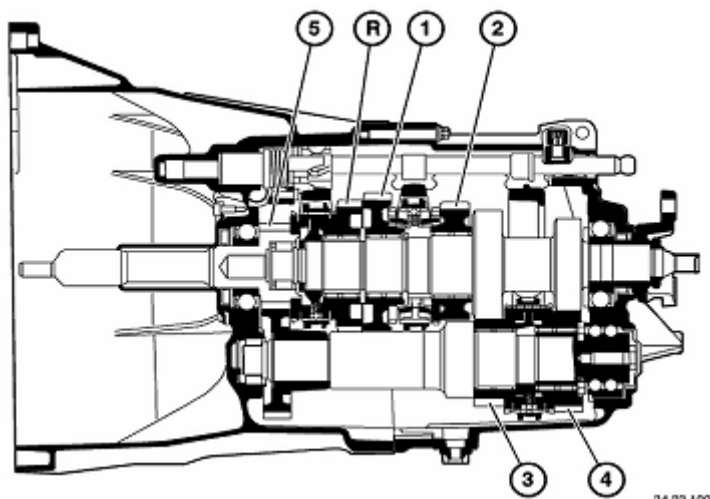
Σχήμα 3.40 : Σετ αμπραγιάζ

Λόγω του όγκου του δεν μπορεί να τοποθετηθεί στη λεκάνη με το καυστικό υγρό. Έτσι αφού πλυθεί πρόχειρα με μια βούρτσα είναι έτοιμο προς κατεργασία.

Το εξωτερικό κέλυφος του κιβωτίου ταχυτήτων είναι αρκετά λεπτό οπότε δεν εμφανίζει κάποια ιδιαίτερη δυσκολία κατά την κοπή του. Η δυσκολία του έγκειται στο γεγονός ότι η απόσταση του κελύφους από τους άξονες και τα γρανάζια είναι μικρή με αποτέλεσμα να υπάρχει ο κίνδυνος κατά την κοπή να “τραυματιστεί” κάποιο γρανάζι εκ παραδρομής. Απόρροια τούτου θα είναι το κιβώτιο να είναι άχρηστο για την κατασκευή αφού ένα γρανάζι που παρουσιάζει ανομοιογένεια θα προκαλούσε ζημιά στα υπόλοιπα γρανάζια που συνεργάζεται και δεν θα ήταν επιτυχής η εναλλαγή ταχυτήτων κατά τη λειτουργία του μοντέλου.

Υπάρχουν 2 τρόποι αντιμετώπισης του προβλήματος που ανακύπτει. Μπορεί να λυθεί το κιβώτιο, να αποσυνδεθεί δηλαδή το κέλυφος του το οποίο χωρίζεται σε 3 μέρη, να αποσυρθούν οι άξονες και τα γρανάζια, να ακολουθήσει η κοπή και έπειτα να συναρμολογηθεί. Ο άλλος τρόπος είναι, έχοντας ένα σχέδιο που δείχνει με ακρίβεια που βρίσκονται τοποθετημένοι οι άξονες σε σχέση με το κέλυφος να ακολουθήσει η κοπή χωρίς να λυθεί όλο το κιβώτιο. Η πρώτη λύση δεν ενδείκνυται λόγω του ότι το κιβώτιο ταχυτήτων είναι γενικά μια περίπλοκη κατασκευή, αποτελείται δε από αρκετά αντικείμενα και είναι δύσκολη η συναρμολόγηση του και χρονοβόρα. Συνεπώς, επιλέγεται η δεύτερη λύση.

Σύμφωνα με το σκαρίφημα λοιπόν αφού αφαιρεθεί η βαλβολίνη που περιέχει το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να ακολουθήσει η κοπή έχοντας λάβει τα ενδεδειγμένα μετρά ασφαλείας. Η βαλβολίνη αφαιρείται λύνοντας τον κοχλία 19M που βρίσκεται στο κάτω μέρος του κιβωτίου.



Σχήμα 3.41 : Εσωτερικό μέρος σασμάν

- 1:οδοντοτροχός 1^{ης} ταχύτητας
- 2:οδοντοτροχός 2^{ης} ταχύτητας
- 3:οδοντοτροχός 3^{ης} ταχύτητας
- 4:οδοντοτροχός 4^{ης} ταχύτητας
- 5:οδοντοτροχός 5^{ης} ταχύτητας
- R:οδοντοτροχός οπισθίν

Έτσι έχοντας σαν πρότυπο το σκαρίφημα του σχήματος 3.41 θα γίνει μια τομή στο μπροστινό κέλυφος το οποίο είναι κενό από μέσα αλλά είναι απαραίτητη η τομή για να είναι εμφανής η κίνηση του δίσκου-πλατού κατά τη λειτουργία του μοντέλου καθώς και το πώς επιτυγχάνεται η εναλλαγή ταχύτητας. Κατόπιν η διαδικασία θα συνεχίσει κόβοντας το μεσαίο κέλυφος. Για το μεσαίο κέλυφος θα γίνει μια τομή δεξιά, μια αριστερά, μια πάνω και μια κάτω ούτως ώστε με την αφαίρεση του υλικού να εμφανιστούν οι 2 άξονες και τα γρανάζια. Έπειτα με ένα πιστόλι αέρα μπορούν να φύγουν τα ρινίσματα που έχουν πέσει μέσα κατά την διάρκεια της κοπής. Έτσι το κιβώτιο είναι έτοιμο για να τοποθετηθεί στην κατασκευή.

3.8 Καθαρισμός και κοπή περιφερειακών εξαρτημάτων

Κλείνοντας τον κύκλο της κατεργασίας κοπής, θα ακολουθήσει η κατεργασία στα περιφερειακά εξαρτήματα που θα τοποθετηθούν στο τέλος της κατασκευής. Αυτά είναι το δυναμό, η μίζα, το ψυγείο, το κάρτερ και η εισαγωγή. Τα περιφερειακά μέρη του κινητήρα τοποθετηθήκαν για να είναι εμφανής η συνεργασία τους κατά την περιστροφή του.

Έτσι αφού μπουν τα τελευταία στη λεκάνη με το ειδικό καυστικό υγρό S255 θα αποσυρθούν μετά την πάροδο 2 περίπου ωρών και είναι έτοιμα για κοπή.

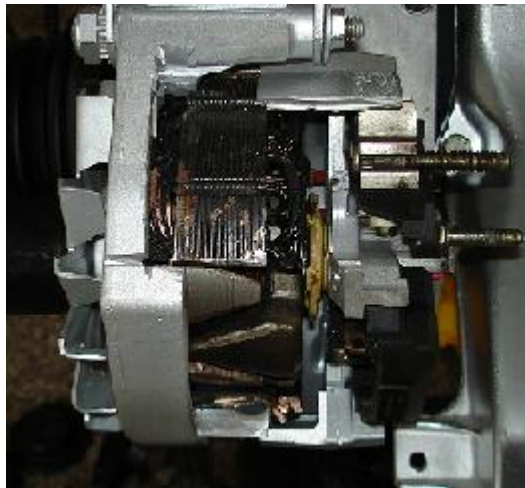
3.8.1 Κοπή δυναμό

Το δυναμό είναι μια ηλεκτρική γεννήτρια που παράγει συνεχές ρεύμα με τη χρήση ενός συλλέκτη. Στα αυτοκίνητα τοποθετείται για να προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια που απαιτούν τα ηλεκτρικά μέρη του αυτοκινήτου καθώς και να φορτίσει το συσσωρευτή που διαθέτει το όχημα για την εκκίνηση του.

Σκοπός λοιπόν είναι με την κοπή του εξωτερικού κελύφους του δυναμού, ο παρατηρητής να μπορεί να δει τη γεννήτρια (εναλλακτήρα), το συλλέκτη τον πυκνωτή και το πηνίο γύρω από το οποίο περιστρέφεται η γεννήτρια.

Θα γίνει λοιπόν μια τομή κατά μήκος του δυναμού ούτως ώστε να αφαιρεθεί το μεγαλύτερο μέρος του κελύφους αφήνοντας απείρακτο όμως το πίσω μέρος του το οποίο διαθέτει 2 οπές με σπείρωμα για να τοποθετηθεί έπειτα με κοχλίες πάνω στη βάση του. Κατόπιν θα αφαιρεθεί ένα μικρό μέρος του πηνίου για να φαίνεται ο εναλλάκτης. Το κατεργασμένο φαίνεται στο σχήμα 3.42.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το δυναμό που επιλέχθηκε είναι της κατασκευάστριας εταιρίας Bosch. Εντούτοις, όλες οι κατασκευάστριες εταιρίες ακολουθούν περίπου την ίδια δομή στην κατασκευή των δυναμών.



Σχήμα 3.42 : Δυναμό μετά την κοπή

3.8.2 Κοπή εκκινητή (μίζα)

Ο εκκινητής ή μίζα όπως συνηθίζεται να λέγεται είναι το εξάρτημα του αυτοκινήτου που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που προσδίδεται από την μπαταρία σε μηχανική με αποτέλεσμα την εκκίνηση του κινητήρα. Η μίζα αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα:

- Μπομπίνα(ρότορας)
- Πηνείο(στάτορας)
- Γρανάζι
- Μπουτόν
- Ψυκτροθήκη
- Κάρβουνα

Σκοπός είναι να φαίνονται τα παραπάνω αντικείμενα τα οποία αποτελούν τη μίζα. Για αυτό θα γίνει μια τομή στο επάνω μέρος σε σχήμα παραλληλόγραμμο και αφαιρώντας το υλικό που κόπηκε εμφανίζονται τα προαναφερόμενα εξαρτήματα όπως διακρίνονται στο σχήμα 3.43.



Σχήμα 3.43 : Μίζα μετά την κοπή

3.8.3 Κοπή ελαιολεκάνης (κάρτερ)

Η ελαιολεκάνη όπως προσδίδει και το όνομα της είναι το μέρος εκείνο του κινητήρα όπου εναποτίθεται το μεγαλύτερο μέρος του λιπαντικού ελαίου. Λόγω του ότι η κατασκευή θα λειτουργεί με λαδί θα κοπεί μονό ένα μικρό κομμάτι ούτως ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση του λιπαντικού ελαίου. Έτσι στο ύψους που έχει γίνει και η κοπή στο σώμα των κυλίνδρων θα γίνει εξίσου μια τομή 10cm κατά ύψος και 15cm κατά μήκος του 3^{ου} και 4^{ου} κυλίνδρου.

3.8.4 Κοπή εισαγωγής

Η εισαγωγή θα κοπεί ακριβώς στη μέση για να μείνει μονό το μέρος της που απευθύνεται στον 1^ο και 2^ο κύλινδρο. Εξάλλου στην κυλινδροκεφαλή έχει κοπεί και αφαιρεθεί το κομμάτι που ενώνεται η εισαγωγή στον 3^ο και 4^ο κύλινδρο.

3.8.5 Κοπή ψυγείου νερού

Στο ψυγείο νερού θα γίνει μια τομή με τη χρήση ενός πριονιού, στο πλαϊνό πλαστικό μέρος του για να είναι εμφανή, μετά την τοποθέτησή του, τα πτερύγια που εμπεριέχει.

3.9 Βάψιμο των αντικειμένων της κατασκευής

Η βαφή όλων των αντικειμένων θα γίνει με σπρέι χάριν ευκολίας. Βεβαία υπάρχουν και αντικείμενα τα οποία δε θα βαφτούν είτε γιατί δε χρειάζεται είτε γιατί εργάζονται εμβαπτισμένα μέσα στο λαδί ή σε άλλα αντικείμενα, οπότε είναι ανούσιο το βάψιμο τους. Τα χρώματα που χρησιμοποιηθήκαν είναι ανθεκτικά στη θερμοκρασία έτσι ώστε η κατασκευή να μπορεί να λειτουργεί αρκετή ώρα χωρίς να προκαλεί αλλοίωση στην υφή των αντικειμένων που έχουν βαφτεί.

Το χρώμα και ο κωδικός που έχει βαφτεί το κάθε αντικείμενο δίνετε παρακάτω:

- Σώμα κυλίνδρων: μαύρο SMAC95L
- Κιβώτιο ταχυτήτων: αλουμίνιο SMAC49L
- Πιστόνι: κόκκινο SMAC36L
- Διωστήρας(μπιέλα): μπλε SMAC22L
- Βαλβίδες εισαγωγής: μπλε ανοιχτό SMAC85L
- Βαλβίδες εξαγωγής: μωβ SMAC45L
- Ελαιολεκάνη: κίτρινο SMAC05L
- Ελατήρια βαλβίδων: κόκκινο SMAC36L
- Καπάκι ελατηρίων: κίτρινο SMAC05L
- Ζύγωθρα: χρυσαφί SMAC57L
- Τρόμπα νερού και αγωγοί διακίνησης νερού: μπλε SMAC85L
- Καπάκι βαλβίδων: κόκκινο SMAC36L
- Φίλτρο λαδιού: κίτρινο SMAC05L

Μετά την ολοκλήρωση της βαφής όλα τα αντικείμενα θα περαστούν με βερνικι για να γυαλίσουν. Κατά το βάψιμο απαιτείτε η χρήση μιας μάσκα για λογούς ασφαλείας. Τέλος θα πρέπει να μείνουν τα αντικείμενα μετά το πέρας της βαφής να στεγνώσουν για αρκετή ώρα μακριά από σκόνες ούτως ώστε να μην προσκολληθούν πάνω τους.

3.10 Συναρμολόγηση επιμέρους εξαρτημάτων και ολοκλήρωση της κατασκευής

3.10.1 Συναρμολόγηση σώματος κυλίνδρων

Αρχικά θα γίνει η συναρμολόγηση του μπλοκ διότι είναι το πρώτο που πρέπει να τοποθετηθεί πάνω στην κατασκευασμένη βάση και σε αυτό να εφαρμόσουν τα υπόλοιπα εξαρτήματα.

Αφού λοιπόν τοποθετηθεί το μπλοκ πάνω στη βάση στερέωσης, θα στραφεί κατά 180°. Έπειτα, αφού μπουν τα 8 μέταλλα βάσης τοποθετείται ο στροφαλοφόρος άξονας. Κατόπιν, θα μπουν τα 8 έδρανα αφού πρώτα εισαχθούν τα αλλα 8 μέταλλα. Έτσι μπορούν να βιδωθούν οι κοχλίες S54. Τα μέταλλα βοηθούν στην ορθή λίπανση του στροφάλου καθώς επίσης και στη μείωση των τριβών κατά την περιστροφή του.

Έτσι τώρα μπορούν να εισαχθούν τα πιστόνια. Πρώτα όμως, θα μονταριστούν πάνω στα πιστόνια οι μπιέλες και οι πείροι. Παίρνοντας λοιπόν ένα ένα τα πιστόνια ξεκινώντας από το πρώτο και αναποδογυρίζοντας το, θα μπει η μπιέλα στο ειδικό αυλάκι. Από τις 2 οπές του πιστονιού περνάει ο πείρος έτσι ώστε να ενώνει τις δυο οπές με την ειδική εσοχή που έχει η μπιέλα. Εν συνεχεία, τοποθετείται η ασφάλεια στη μια άκρη του πείρου καθώς η άλλη δεν έχει αφαιρεθεί. Για να ολοκληρωθεί η διαδικασία θα εκχυθεί λίγο λαδί στις ενώσεις του πιστονιού με την μπιέλα και τον πείρο και απαιτείται το “παίξιμο” της μπιέλας πάνω κάτω μέχρις ότου διαπιστωθεί ευκολία στην κίνηση της γύρω από τον πείρο. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία και για τα υπόλοιπα πιστόνια. Τέλος τοποθετούνται και τα τρία ελατήρια (λαδιού, ξύστρας και συμπίεσης) στις ειδικές εσοχές του πιστονιού. Το ελατήριο του λαδιού χρησιμεύει στη λίπανση του κυλίνδρου, της ξύστρας στο να καθαρίζει τον κύλινδρο από υπολείμματα κακής καύσης και της συμπίεσης στο να συγκρατείτε το έργο που παράγετε μέσα στο χώρο καύσης και να μη διαφεύγει. Φυσικά στην κατασκευή δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη σημασία παρά μόνο να διατηρούν τα πιστόνια εφαρμοστά πάνω στον κύλινδρο και να μπορεί ο παρατηρητής να διαπιστώσει τη λειτουργία τους.

Υστέρα με τη βοήθεια του ειδικού εργαλείου θα μπουν τα πιστόνια μέσα στον κύλινδρο. Επισημαίνεται δε ότι στον 1^ο και 2^ο κύλινδρο δεν έχουν εισαχθεί τα ελατήρια, καθώς αυτό διευκολύνει την κίνηση αφού μειώνονται οι τριβές.

Στέφεται πάλι το μπλοκ κατά 180° και είναι έτοιμο να τοποθετηθεί το κάρτερ. Πρωτίστως όμως, πρέπει να εφαρμοστεί η στεγανοποιητική φλάντζα για να μην παρουσιαστεί διαρροή λαδιού. Έτσι, τοποθετείται το κάρτερ και βιδώνονται οι 8 κοχλίες M10. Επισημαίνεται ότι κατά την αποσυναρμολόγηση είχαν βγει 12 κοχλίες αλλά λόγω της αφαίρεσης υλικού από την κοπή θα τοποθετηθούν κοχλίες μόνο στις εναπομείναντες οπές.

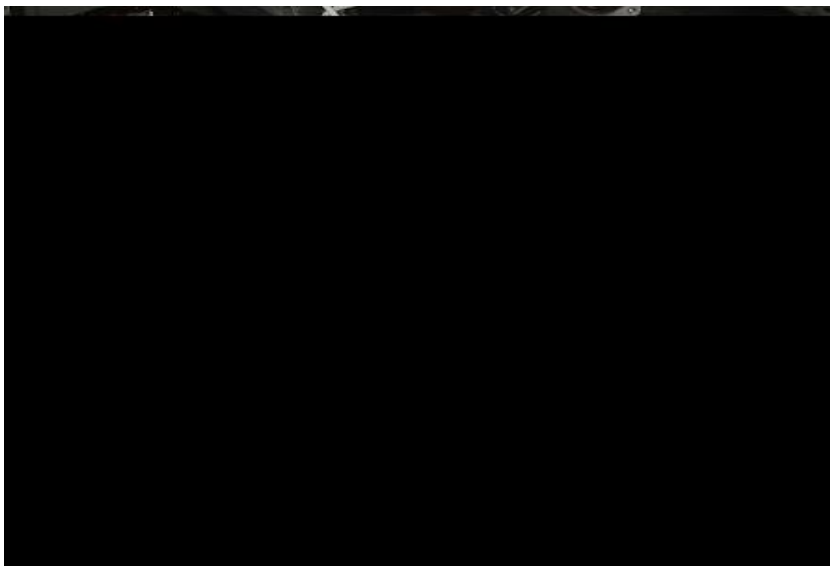
Τώρα θα εισαχθεί το εμπρόσθιο αλουμινένιο κάλυμμα του μπλοκ όπως φαίνεται στο σχήμα 3.44. Σε αυτό τοποθετείται η τρόμπα νερού, η βάση του φίλτρου λαδιού, ο τεντωτήρας του τραπεζοειδή ιμάντα και ο σφόνδυλος του στροφαλοφόρου άξονα. Ο καθρέπτης λοιπόν, εφαρμόζει πάνω στο μπλοκ με κοχλίες M11 αφού πρώτα εισαχθεί στεγανοποιητική φλάντζα και ειδική φλαντζόκολλα για επιπλέον στεγανότητα.



Σχήμα 3.44:Καθρέπτης μπλοκ και βάση φίλτρου λαδιού

Αφού λοιπόν τοποθετηθούν και οι 2 αλουμινένιες βάσεις μηχανής, θα εισαχθεί ένα φίλτρο λαδιού στον ειδικό χώρο και έπειτα μπορεί να μονταριστεί το σώμα του κινητήρα πάνω στη βάση που έχει κατασκευαστεί και να συνεχιστεί το δέσιμο του κινητήρα πάνω εκεί.

Πρώτα όμως θα μπει η τροχαλία του στροφαλοφόρου στην οποία θα προστεθεί και μια τροχαλία από στρόφαλο M3 E30 ούτως ώστε να ταιριάζει στην αλυσίδα που θα είναι από το ίδιο μοντέλο καθώς και στο γρανάζι που έχει μπει στον ηλεκτροκινητήρα. Τέλος, απαιτείται η σύσφιξη ενός κοχλία M22 για τη συγκράτηση τους. Κατά την τοποθέτηση του σώματος πάνω στη βάση όπως φαίνεται στο σχήμα 3.45 προσδίδεται μια κλίση στον τελευταίο ελαφρώς μπροστά και εισάγεται η αλυσίδα που θα μεταδίδει κίνηση από τον ηλεκτροκινητήρα στο στρόφαλο και συνεπώς σε όλη την κατασκευή αφού πρώτα εισαχθεί ο τραπεζοειδής ιμάντας στην εσωτερική τροχαλία.



Σχήμα 3.45 : Συναρμολογημένο μπλοκ στην βάση

Για να ολοκληρωθεί το δέσιμο του σώματος του κινητήρα βιδώνονται στις τροχαλίες που έχουν ήδη μονταριστεί η τροχαλία για τα εξωτερικά λουριά το οποία θα τοποθετηθούν στο τέλος για να φαίνεται κατά τη λειτουργία της κατασκευής πως περιστρέφετε η τρόμπα νερού και το δυναμό. Συνεχίζοντας βιδώνονται στο πίσω μέρος το πλακάκι με τη τσιμούχα του στροφάλου. Αυτό είναι βασικό να εισαχθεί σωστά γιατί μπορεί να παρουσιαστεί διαρροή λιπαντικού ελαίου. Το τελευταίο βιδώνεται με 6 κοχλίες M10. Σε συγκεκριμένη θέση μετά το πλακάκι θα τοποθετηθεί και ο σφόνδυλος ή βολάν. Το βολάν λοιπόν απαιτεί για τη συγκράτηση του 8 κοχλίες M18. Τέλος μπαίνουν τα 2 ρουλεμάν του ιμάντα χρονισμού στο εμπρόσθιο μέρος και σφίγγονται οι 2 βάσεις μηχανής με 2 κοχλίες M17.

Για τη σύσφιξη των κοχλιών που περιλαμβάνονται στα εσωτερικά εξαρτήματα του σώματος κυλίνδρων απαιτούνται συγκεκριμένες ροπές σύσφιξης από την κατασκευάστρια εταιρία. Εντούτοις στην κατασκευή δεν θα εφαρμοστούν καθώς είναι πολύ χαμηλές οι στροφές που θα περιστρέφετε το μοντέλο και θα σφίχτούν όλοι οι κοχλίες περίπου 50Nm.

3.10.2 Συναρμολόγηση κυλινδροκεφαλής

Αρχικά βιδώνονται στην κυλινδροκεφαλή οι 2 διακλαδωτήρες νερού. Οι 5 κοχλίες που απαιτούνται είναι M10. Έπειτα μπαίνει η φλάντζα εξαγωγής και βιδώνεται η πολλαπλή εξαγωγής με 8 κοχλίες M12.

Έπειτα αφού στηριχθεί η κυλινδροκεφαλή σε μια μέγγενη για ευκολία στο μοντάρισμα, τοποθετούνται στις ειδικές οπές στον 3^ο και 4^ο κύλινδρο οι 2 βαλβίδες εισαγωγής και οι 2 βαλβίδες εξαγωγής. Κατόπιν αφού κλείσουν οι βαλβίδες εναποτίθενται τα ελατήρια στην ειδική θέση μαζί με το καπάκι τους όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.44. Χρησιμοποιώντας το ειδικό εργαλείο μπαίνουν οι ασφάλειες των βαλβίδων ώστε να συγκρατείτε το ελατήριο στη σωστή θέση.



Σχήμα 3.46 : Τοποθέτηση βαλβίδων και ελατηρίων

Τώρα μπορούν να τοποθετηθούν τα ωστήρια στις ειδικές οπές. Ακολουθεί η τοποθέτηση των ζυγώθρων. Πρώτα όμως πρέπει να μπουν πάνω στα καπάκια των ελατηρίων οι ασφάλειες που συγκρατούν τα ζύγωθρα στη θέση τους όπως να διακρίνεται στο [σχήμα 3.46](#). Μετά την τοποθέτηση και των ζυγώθρων μπορεί να προχωρήσει η εισαγωγή του εκκεντροφόρου άξονα.



Σχήμα 3.47 : Τοποθέτηση ζυγώθρων

Βάζοντας λοιπόν την τσιμούχα του εκκεντροφόρου που απαιτείτε στο εμπρόσθιο μέρος για να αποφευχθεί η διαρροή λιπαντικού ελαίου, εναποτίθεται ο εκκεντροφόρος πάνω στην κυλινδροκεφαλή. Κατόπιν πιάνοντας με το χέρι τους κοχλίες για τα έδρανα του εκκεντροφόρου μπαίνει και η λιπαντική ράβδος του. Έπειτα στρέφεται ο εκκεντροφόρος ώστε να φανούν τα σημάδια που διαθέτει για το χρονισμό του. Μόλις έρθει στην θέση που είναι επιθυμητή για το χρονισμό μπαίνει το ειδικό εργαλείο και σφίγγονται όλοι οι κοχλίες. Τη θέση του εκκεντροφόρου και την εισαγωγή του ειδικού εργαλείου φαίνεται στο [σχήμα 3.48](#). Έτσι έχει ολοκληρωθεί η συναρμολόγηση της κυλινδροκεφαλής και είναι έτοιμη για το δέσιμο της με την υπόλοιπη κατασκευή.



Σχήμα 3.48 : Τοποθέτηση ειδικού εργαλείου για χρονισμό

3.10.3 Τοποθέτηση κιβωτίου ταχυτήτων στη κατασκευή

Ο σφόνδυλος έχει εισαχθεί νωρίτερα στην κατασκευή οπότε τώρα μπορεί να βιδωθεί πάνω του ο δίσκος, το πλατώ και να τοποθετηθεί και το ρουλεμάν. Πρώτα μπαίνει ο δίσκος και ακολουθεί το πλατώ το οποίο θα συγκρατείτε με 6 κοχλίες M18X16.

Το ρουλεμάν μπαίνει μέσα στο στήριγμα που υπάρχει πάνω στο κιβώτιο ταχυτήτων και μετά την τοποθέτηση του τελευταίου θα εφάπτεται με το πλατώ.

Συνεχίζοντας θα μπει η τρόμπα αμπραγιάζ στην ειδική θέση όπου απαιτούνται 2 κοχλίες M10 για τη σύσφιξη της. Ακόμα θα μπει ο λεβιές στο πίσω μέρος ο οποίος για να είναι σταθερός απαιτεί την εισαγωγή ενός σιδερένιου ελάσματος το οποίο θα το συγκρατεί σε ευθεία θέση.

Έτσι κεντράροντας το δίσκο οπτικά για να μπορεί να εφαρμόσει ο άξονας του σασμάν μπορεί να τοποθετηθεί το τελευταίο πάνω στην υπόλοιπη κατασκευή. Για τη συγκράτηση του απαιτούνται 6 κοχλίες M8X50. Στο [σχήμα 3.49](#) εικονίζεται η μορφή που έχει η κατασκευή μετά και την εισαγωγή του κιβωτίου ταχυτήτων.



Σχήμα 3.49 : Τοποθέτηση κιβωτίου ταχυτήτων

3.10.4 Τοποθέτηση κυλινδροκεφαλής στην κατασκευή και χρονισμός

Εναποθέτοντας την κυλινδροκεφαλή πάνω στο σώμα του κινητήρα σφίγγονται με το δυναμόκλειδο οι 12 κοχλίες M10 με δύναμη 30Nm. Έπειτα τοποθετείται το ειδικό εργαλείο όπως φαίνεται στο σχήμα 3.12 στο εμπρόσθιο τμήμα του δυναμόκλειδου και σφίγγονται ξανά οι κοχλίες κατά 90°. Αφήνεται για 25 λεπτά η κατασκευή και μετά την παρέλευση του συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος σφίγγονται ξανά οι κοχλίες για άλλες 90°.

Για το χρονισμό του κινητήρα εισάγεται ένας πείρος στο σφόνδυλο ώστε να μη στρέφεται ο στροφαλοφόρος άξονας κατά την τοποθέτηση του ιμάντα χρονισμού.

Εν συνεχεία μπαίνει η τροχαλία του εκκεντροφόρου άξονα προσεκτικά ώστε η εγκοπή που υπάρχει πάνω της να είναι συνευθειακή με τα σημάδια που υπάρχουν πάνω στο εκκεντροφόρο και με τη λιπαντική ράβδο όπως διακρίνεται και στο σχήμα 3.50. Μόλις επιτευχθεί αυτό μπορεί να σφίχτεί η τροχαλία με ένα κοχλία M12.

Τώρα μπορεί να συνδεθεί ο ιμάντας χρονισμού και σφίγγοντας τον κοχλία M10 που έχει ο τεντωτήρας του, συγκρατείτε στη θέση του ώστε να μη φύγει κατά την περιστροφή του κινητήρα. Τέλος απαιτείται έλεγχος ώστε να μην είναι τεντωμένος αρκετά ο ιμάντας γιατί έτσι θα παρουσιαστεί δυσκολία στην εκκίνηση του μοντέλου. Ολοκληρώνοντας τοποθετείται το καπάκι βαλβίδων με τη στεγανοποιητική φλάντζα και σφίγγονται οι κοχλίες M10 για τη συγκράτηση του.



Σχήμα 3.50 : Χρονισμός κατασκευής

3.10.5 Μοντάρισμα περιφερειακών εξαρτημάτων

Τώρα ακολουθεί η τοποθέτηση των περιφερειακών εξαρτημάτων ξεκινώντας από το δυναμό το οποίο θα στηριχθεί με 2 κοχλίες M16 πάνω στην ειδική βάση που υπάρχει στο σώμα των κυλίνδρων. Στο εμπρόσθιο τμήμα του δυναμό θα μπει τροχαλία κατά 10cm πιο μακριά από την κανονική. Αυτό θα γίνει γιατί η τρόμπα νερού έχει τραβηχτεί έξω από τη θέση της κατά 10cm. Το ίδιο θα συμβεί και με το βίδωμα της εξωτερικής τροχαλίας στο στροφαλοφόρο άξονα. Θυμίζεται ότι στο στρόφαλο έχει τοποθετηθεί επιπρόσθετη τροχαλία η οποία μέσω της καδένας θα μεταφέρει κίνηση από τον ηλεκτροκινητήρα στο στρόφαλο. Έτσι τώρα όλες οι εξωτερικές τροχαλίες που θα συνδεθούν με λουρί είναι συνευθειακές.

Βάζοντας λοιπόν το λουρί στις ειδικές εγκοπές που έχουν οι τροχαλίες βιδώνεται η φτερωτή πάνω στην τροχαλία της τρόμπας νερού. Ολοκληρώνοντας το εμπρόσθιο μέρος τοποθετείται ο θερμοστάτης και στηρίζεται με 3 κοχλίες M8 και με αυτό τον τρόπο η κατασκευή παίρνει τη μορφή του σχήματος 3.51.



Σχήμα 3.51 : Εμπρόσθιο μέρος κατασκευής

Με 2 κοχλίες M13 θα στηριχθεί η μίζα πάνω στο σφόνδυλο. Προχωρώντας στο μοντάρισμα θα τοποθετηθεί η εισαγωγή βιδώνοντας τους 6 κοχλίες M10. Πρώτα όμως, θα τοποθετηθούν οι ψεκαστήρες καυσίμου (μπεκ) και θα μπουν ενδεικτικά και 2 κομμάτια σωλήνα βενζίνης περίπου 30cm έκαστος. Τέλος, θα μπει και η πεταλούδα γκαζιού πάνω στην εισαγωγή η οποία απαιτεί 4 περικόχλια M10 για τη συγκράτηση της. Έτσι η κατασκευή παίρνει τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 3.52.



Σχήμα 3.52 : Μια άποψη της κατασκευής

Η κατασκευή ολοκληρώνετε με την τοποθέτηση του ψυγείου νερού. Για τη συγκράτηση του ψυγείου νερού απαιτείται να μπουν 2 κολάρα νερού. Τα κολάρα νερού θα ενώνουν το ψυγείο νερού με την υπόλοιπη κατασκευή και χρειάζονται 4 κολιέδες για τη συγκράτηση τους.

3.10.6 Έναρξη λειτουργίας

Για να εκκινήσει το μοντέλο που έχει κατασκευαστεί αρχικά εναποτίθεται 1½ λίτρο λιπαντικού ελαίου στην ελαιολεκανή. Έπειτα τίθεται σε λειτουργία ο ηλεκτροκινητήρας. Έτσι αρχίζει η περιστροφή της διάταξης που ολοκληρώθηκε παραπάνω. Κατά τη διάρκεια της περιστροφής περιχύνεται με 1 λίτρο λιπαντικού ελαίου η κατασκευή στο πάνω μέρος στο ύψος του εκκεντροφόρου άξονα. Για να βοηθηθεί ώστε να σηκώσει γρήγορα λαδί η τρόμπα, λύνεται ελαφρώς το φίλτρο λαδιού. Ο τύπος του λιπαντικού ελαίου που εισήχθη στο μοντέλου είναι SAE 5W30 της κατασκευάστριας εταιρίας CASTROL.

Σε 2 λεπτά περίπου η κατασκευή λειτουργεί με τις προδιαγραφές που της έχουν τεθεί και παρατηρείται ότι όλα λειτουργούν εναρμονισμένα. Οι αλλαγές ταχυτήτων επιτελούνται ορθά και το κύκλωμα του λιπαντικού ελαίου δεν παρουσιάζει καμιά δυσλειτουργία.

4. ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε πως μέσα από έναν κινητήρα ο οποίος ήταν σε αχρηστία δύναται να κατασκευαστεί ένα μοντέλο το οποίο μεταφέρει τον παρατηρητή του στο εσωτερικό μιας μηχανής εσωτερικής καύσης κατά τη λειτουργία της.

Αφού λύθηκε πλήρως ο κινητήρας ακολούθησε ο καθαρισμός των επιμέρους εξαρτημάτων. Χρησιμοποιώντας απλά υλικά και τα απαραίτητα εργαλεία, έγιναν τομές σε διάφορα μέρη του κινητήρα, του κιβωτίου ταχυτήτων και στα περιφερειακά εξαρτήματα που συνθέτουν μια μηχανή εσωτερικής καύσης ώστε να είναι εμφανές από τον παρατηρητή πως συνεργάζονται όλα τα μέρη.

Μέσω μιας πατέντας επιτεύχθηκε το μοντέλο να λειτουργεί με τη χρήση λιπαντικού ελαίου με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας κατασκευής η οποία θα είναι ανθεκτική στο χρόνο και η οποία θα μπορεί να λειτουργεί απρόσκοπτα για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Προσδόθηκε σε κάθε αντικείμενο διαφορετικός χρωματισμός ώστε να φαίνεται η κάθε λεπτομέρεια και να τονίζεται η πληθώρα των εξαρτημάτων που αποτελούν την κατασκευή

Το μοντέλο κατασκευάστηκε σε συνεργείο αυτοκινήτων ώστε να υπάρχει πρόσβαση σε υλικοτεχνικό εξοπλισμό καθώς και σε on-line σύστημα ενημέρωσης σχετικά με τον κινητήρα που χρησιμοποιήθηκε. Ο καθαρισμός και η λείανση των μεγάλων επιφανειών της κατασκευής διενεργήθηκε σε μηχανουργείο.

Με την τοποθέτηση του κιβωτίου ταχυτήτων μπορεί να παρατηρηθεί πως εναλλάσσονται οι σχέσεις σε πρωτεύοντα και δευτερεύοντα και πως αυτό επηρεάζει την ταχύτητα που κινείται ένα όχημα.

Τέλος ο ηλεκτροκινητήρας που προσδίδει κίνηση στην κατασκευή δεν απαιτεί κάποια συντήρηση ενώ όπου απαιτούταν η χρήση στεγανοποιητικού μέσου τοποθετήθηκαν καινούργια ανταλλακτικά ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης στεγανότητα του μοντέλου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μηχανές εσωτερικής καύσης, εκδόσεις Ιων, Μαυρίδης Κωνσταντίνος
- Μηχανές εσωτερικής καύσης II, Χ. Καραπάνου, Α. Κοτσιλιέρη, Λ. Κουντουρά, Έκδοση Π.Ι/Ο.Ε.Δ.Β
- Technical information system for bmw(TIS),BMW HELLAS
- Electronik part catalogue(ETK), BMW HELLAS