



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

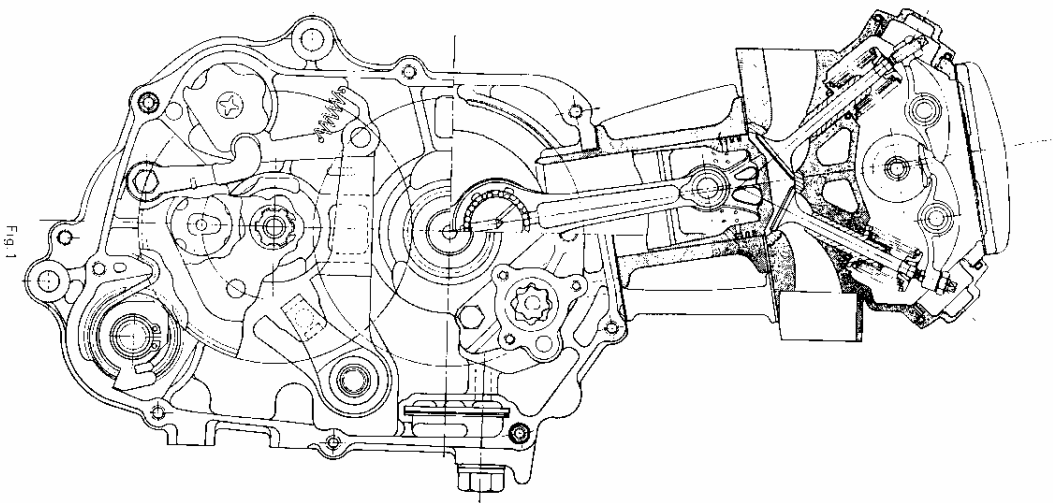
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΤΟΜΗ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

- ΣΟΛΔΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΟΥ ΙΩΑΝΝΗ
- ΓΚΙΟΤΣΑΛΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΟΥ ΙΩΑΝΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ –ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΚΟΚΚΙΝΟΣ



ΠΑΤΡΑ 2010

ΣΟΛΔΑΤΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΓΚΙΟΤΣΑΛΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΤΟΜΗ ΓΙΑ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΑΤΡΑ 2010

Πρόλογος

Η πτυχιακή εργασία που ακολουθεί παρακάτω, δημιουργήθηκε με γνώμονα την κατανόηση από τους μελλοντικούς σπουδαστές του τμήματος μηχανολογίας ,την λειτουργία και κατασκευή ενός τετράχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης , παράλληλα κάνουμε αναφορά για την λειτουργία και κατασκευή άλλων τύπων κινητήρων .

Παρουσιάζουμε τα συστήματα μετάδοσης και κίνησης, την εξέλιξη τους και την τεχνολογία κατασκευή τους. Ακόμα, δείχνουμε τα συστήματα ψύξης και λίπανσης και κάνουμε μια λεπτομερή παρουσίαση στα μέρη που απαρτίζουν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης, τη λειτουργία και τα υλικά κατασκευής του.

Επειδή για την εργασία χρησιμοποιήσαμε μονοκύλινδρο τετράχρονο κινητήρα αναφέρουμε την ιστορική τους διαδρομή, δείχνουμε πως κατασκευάσαμε τον κινητήρα της εργασίας μας και τέλος κάναμε τις απαραίτητες μετρήσεις στον κινητήρα μας. Υπολογίσαμε θεωρητικά αποτελέσματα τα οποία συγκρίναμε με τις εργοστασιακές τιμές.

Ο σκοπός της εργασίας είναι αρχικά η εξοικείωση μας με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Επίσης, μελετάμε την κόπωση του κινητήρα, συγκρίνοντας τις εργοστασιακές τιμές, με αυτές που μετρήθηκαν πειραματικά.

Παρατηρήθηκε ότι τα χαρακτηριστικά του κινητήρα είχαν αλλοιωθεί και οι θεωρητικές τιμές ήταν συνήθως μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν. Ο λόγος εντοπίστηκε στην κακή συντήρηση του κινητήρα, καθώς και στο χρόνο χρήσης του.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ που μας έδωσε την δυνατότητα να σπουδάσουμε στο αντικείμενο το οποίο αγαπάμε, όλους τους καθηγητές με τους οποίους συνεργαστήκαμε όλα αυτά τα χρόνια, τον πρόεδρο και τον προϊστάμενο της σχολής, τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αναστάσιο Κόκκινο που μας έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθούμε με αυτή την πειραματική κατασκευή, τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας συμπαραστάθηκαν όλα αυτά τα χρόνια.

Γεώργιος Σολδάτος
Γεώργιος Γκιτσιάλιτης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

~ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

| | |
|---|----|
| 1.1 Εισαγωγή | 10 |
| 1.2 Ταξινόμηση Μ Ε Κ | 13 |
| 1.3 Ατμοστρόβιλος | 14 |
| 1.4 Ατμομηχανή | 15 |
| 1.5 Βενζινοκινητήρας | 19 |
| 1.5.1 Τετράχρονος κύκλος | 20 |
| 1.5.2 Δίχρονος κύκλος | 21 |
| 1.5.3 Μηχανή diesel | 23 |
| 1.5.3.1 Συστήματα ευθείας έγχυσης | 24 |
| 1.5.3.2 Συστήματα μη ευθείας έγχυσης | 25 |
| 1.5.4 Περιστροφικός κινητήρας Βανκελ | 26 |
| 1.5.5 Τριδύναμος περιστροφικός κινητήρας | 27 |
| 1.6 Αεριοστρόβιλος | 28 |
| 1.7 Κινητήρας jet | 29 |
| 1.8 Αεροστρόβιλος | 30 |
| 1.9 Θερμική μηχανή | 31 |
| 1.9.1 Ενδεικτικές εφαρμογές Θερμική μηχανή | 32 |
| 1.10 κινητήρας ελεύθερου εμβόλου | 33 |
| 1.11 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ | 33 |
| 1.11.1 Βιοκαύσιμα | 34 |
| 1.11.2 Υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα | 34 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

| | |
|----------------------------------|----|
| 2.1 Κιβώτια ταχυτήτων | 36 |
| 2.1.1 Χειροκίνητο κιβώτιο | 36 |
| 2.1.1.1 Κομπλερ | 37 |
| 2.1.2 Ημιαυτόματα κιβώτια | 38 |
| 2.1.3 D S G | 39 |
| 2.1.4 Αυτόματα κιβώτια | 41 |
| 2.1.5 κιβώτια C V T | 43 |
| 2.1.5.1 3 είδη C V T | 44 |
| 2.2 Μετάδοση – Διαφορικά | 46 |
| 2.2.1 Μετάδοση | 46 |
| 2.2.2 Ελεύθερο διαφορικό | 48 |
| 2.2.3 Μπλόκε διαφορικό | 49 |
| 2.2.4 L S D | 50 |
| 2.2.5 Torsen | 51 |
| 2.2.6 Haldex | 51 |
| 2.3 Τετρακίνητη μετάδοση | 53 |
| 2.3.1 Audi Quattro | 54 |
| 2.3.2 Porsche P S K | 54 |
| 2.3.3 Nissan ATTESA-E-TS | 55 |
| 2.3.4 Honda SH-AWD | 56 |
| 2.4 Δεσμοδρομική κίνηση βαλβίδων | 57 |
| 2.5 Συστήματα ψύξης | 57 |
| 2.5.1 Τύποι ψύξης κινητήρων | 58 |
| 2.5.2 Ψύξη με νερό | 60 |
| 2.6 Συστήματα λίπανσης | 61 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1 Καταστάσεις λίπανσης | 62 |
| 2.6.2 Συντομογραφίες λιπαντικών | 63 |
| 2.6.3 Κύκλωμα λίπανσης | 64 |
| 2.6.4 Πίεση και θερμοκρασία | 65 |
| 2.6.5 Λίπανση δίχρονου κινητήρα | 66 |
| 2.7 Καρμπιρατέρ και συστήματα ψεκασμού | 66 |
| 2.7.1 Αναλογία | 67 |
| 2.7.2 Καρμπιρατέρ | 68 |
| 2.7.3 Συστήματα ψεκασμού | 69 |
| 2.8 Ανάφλεξη και καύση | 71 |
| 2.8.1 Μπουζί | 72 |
| 2.8.2 Διαμόρφωση και λειτουργία | 73 |
| 2.8.3 Τύποι μπουζί | 73 |
| 2.8.4 Θερμική αγωγιμότητα | 74 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | |
| 3.1 Η δομή του κινητήρα | 76 |
| 3.1.1 Τεχνικοί όροι | 77 |
| 3.1.1.1 Διάμετρος | 77 |
| 3.1.1.2 Κυβισμός | 77 |
| 3.1.1.3 Χωρητικότητα κυλίνδρου | 77 |
| 3.1.1.4 Διαδρομή | 77 |
| 3.1.1.5 Κ Ν Σ | 77 |
| 3.1.1.6 Α Ν Σ | 78 |
| 3.1.1.7 Λόγος συμπίεσης | 78 |
| 3.1.2 Επιδόσεις και απόδοση | 78 |
| 3.1.2.1 Αριθμός κυλίνδρου | 78 |

| | | |
|----------------|---|-----|
| 3.1.2.2 | Ειδική ισχύς | 78 |
| 3.1.2.3 | Λόγος διαδρομής / διαμέτρου | 78 |
| 3.1.2.4 | Μέση ταχύτητα εμβόλου | 79 |
| 3.1.2.5 | Αυτανάφλεξη | 79 |
| 3.2 | <i>Εξαρτήματα του κινητήρα</i> | 79 |
| 3.2.1 | Κεφάλι | 80 |
| 3.2.2 | Βαλβίδες | 82 |
| 3.2.2.1 | Οδηγοί , έδρες και ελατήρια βαλβίδων | 83 |
| 3.2.3 | Εκκεντροφόρος άξονας , κοκοράκια | 85 |
| 3.2.4 | Κύλινδρος | 86 |
| 3.2.4.1 | Κύλινδροι ενσωματωμένοι και αφαιρούμενοι | 88 |
| 3.2.4.2 | Υγρά και ξερά χιτώνια | 89 |
| 3.2.5 | Έμβολο | 90 |
| 3.2.5.1 | Έμβολο δίχρονου κινητήρα | 93 |
| 3.2.5.2 | Ελατήρια εμβόλου | 93 |
| 3.2.6 | Διωστήρας | 94 |
| 3.2.6.1 | Διωστήρας με η χωρίς καβαλέτο | 96 |
| 3.2.7 | Στροφαλοφόρος άξονας | 98 |
| 3.2.7.1 | Διαιρούμενοι στροφαλοφόροι | 99 |
| 3.2.7.2 | Μονοκόμματοι στροφαλοφόροι | 100 |
| 3.2.8 | Κάρτερ | 101 |
| 3.2.9 | Κατασκευαστικές λύσεις | 101 |
| 3.2.10 | Ρουλεμάν | 102 |
| 3.2.11 | Φλάντζες και τσιμούχες | 103 |
| 3.3 | <i>Τεχνολογία και υλικά</i> | 105 |
| 3.3.1 | Τα φυσικά χαρακτηριστικά | 105 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 3.3.2 Τα μηχανικά χαρακτηριστικά | 105 |
| 3.3.3 Τα μεταλλικά υλικά | 107 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

| | |
|--|-----|
| <i>4.1 Μονοκύλινδρος κινητήρας</i> | 110 |
| <i>4.2 Δίχρονος μονοκύλινδρος κινητήρας</i> | 111 |
| 4.2.1 Πλεονεκτήματα δίχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα | 112 |
| 4.2.2 Μειονεκτήματα δίχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα | 112 |
| <i>4.3 Τετράχρονος μονοκύλινδρος κινητήρας</i> | 112 |
| 4.3.1 Πλεονεκτήματα τετράχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα | 113 |
| 4.3.2 Μειονεκτήματα τετράχρονου μονοκύλινδρου κινητήρα | 113 |
| <i>4.4 Οχήματα σταθμός</i> | 114 |
| <i>4.5 Το μέλλον του μονοκύλινδρο κινητήρα</i> | 116 |
| <i>4.6 Διαδικασία κατασκευής του πειραματικού κινητήρα</i> | 116 |
| <i>4.7 Φωτογραφίες από την διαδικασία κατασκευής</i> | 117 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

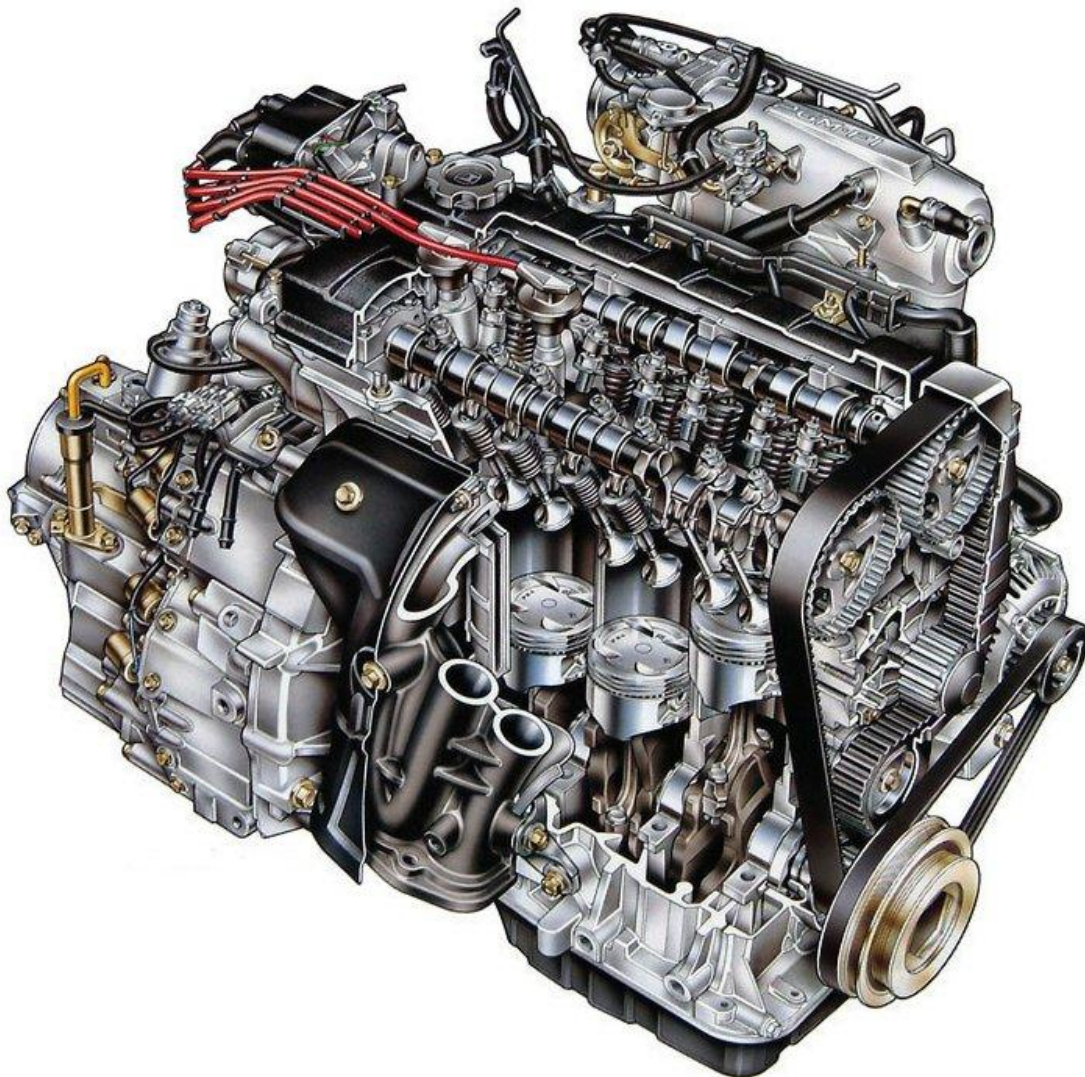
| | |
|---|-----|
| <i>5.1 Μετρήσεις – Αποτελέσματα</i> | 121 |
| 5.1.1 Εργοστασιακές μετρήσεις | 121 |
| <i>5.2 Αποτελέσματα</i> | 122 |
| 5.2.1 Χαρακτηριστικά κιβωτίου ταχυτήτων | 125 |
| 5.2.1.1 Ανάλυση πρώτης ταχύτητας | 125 |
| 5.2.1.2 Ανάλυση δεύτερης ταχύτητας | 128 |
| 5.2.1.3 Ανάλυση τρίτης ταχύτητας | 130 |
| <i>5.3 Πειραματικά αποτελέσματα</i> | 133 |
| <i>5.4 Συμπεράσματα</i> | 136 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 137 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

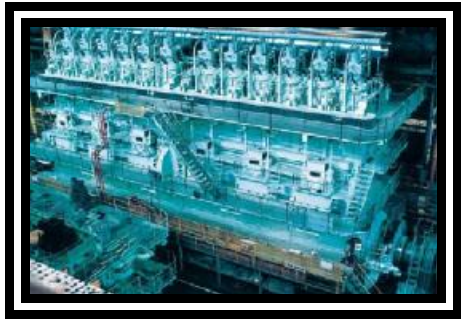
**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ
ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ Μ.Ε.Κ**

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ Μ.Ε.Κ



Εικόνα 1: κινητήρας

Η Μηχανή Εσωτερικής Καύσης είναι μια από τις περισσότερο ενδιαφέρουσες μηχανολογικές συσκευές για τον άνθρωπο, εξαιτίας της έντονης ανταγωνιστικής φύσης της αγοράς του αυτοκινήτου (στο οποίο χρησιμοποιείται η πλειοψηφία των ΜΕΚ) και της εμφάνισης με την πάροδο του χρόνου νέων σημαντικών προβλημάτων. Αρχικά, οι πρώτες προσπάθειες για την εξέλιξη των ΜΕΚ αφορούσαν την αύξηση του χρόνου ζωής τους μεταξύ δυο γενικών επισκευών. Κατόπιν, εντάθηκαν τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μέχρι σήμερα οι κατασκευαστές καταβάλλουν έντονες προσπάθειες για τη βελτίωση των μηχανών στον τομέα αυτόν. Επίσης, το πρόβλημα της μείωσης του θορύβου είναι υπαρκτό, περισσότερο σοβαρό για τον πετρελαιοκινητήρα. Η μεγάλη αύξηση του κόστους των καυσίμων οδήγησε τελευταία την προσοχή των αυτοκινητοβιομηχανιών στη βελτίωση της οικονομίας των καυσίμων και στην αλλαγή του παραδοσιακού σχεδιασμού του κινητήρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι κάτω από την πίεση της μείωσης του κόστους των καυσίμων



Εικόνα 1.1: ναυτική πετρελαιομηχανή

προσπάθειες διατήρησης της απόδοσης με τη χρήση πτωχής ποιότητας καυσίμων.

Για έναν αιώνα περίπου, δυο σπουδαία ονόματα-αυτά των Otto και Diesel διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στη ραγδαία εξέλιξη των



Εικόνα 1.3 : Diesel

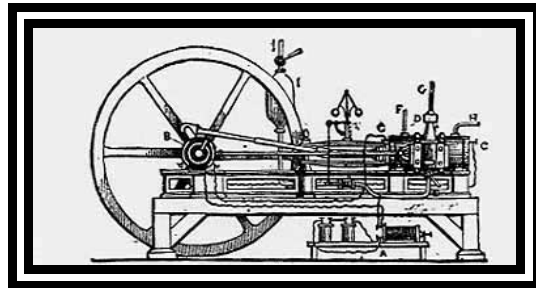
1891) εργάστηκε αρχικά πάνω στη βελτίωση της μηχανής του Lenoir και κατασκεύασε μια μηχανή φωταερίου, η οποία λειτούργησε σε ατμοσφαιρικές συνθήκες. Ο Otto σε συνεργασία με τον μηχανικό Eugen Langen (1833-1895) μείωσαν το θόρυβο από τα κτυπήματα της καύσης και επίσης μείωσαν κατά πολύ την κατανάλωση φωταερίου σε σχέση με τη μηχανή του Lenoir. Η ισχύς των πρώτων ατμοσφαιρικών μηχανών φωταερίου ήταν περίπου 0.7 kW και το ύψος κατασκευής έφθανε τα 2m. Μηχανές μεγαλύτερης ισχύος είχαν πολύ μεγάλο ύψος κατασκευής και παρουσίαζαν πολλά

η θερμική απόδοση των μεγάλων ναυτικών πετρελαιομηχανών μπορεί σήμερα να υπερβεί το 50%. Επίσης, η προσπάθεια επικεντρώνεται στην ανάπτυξη της λεγόμενης 'διαβατικής μηχανής' με χρήση κεραμικών μερών και λειτουργία σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με σκοπό την όλο και μεγαλύτερη αύξηση της θερμικής απόδοσης.

Η τάση χειροτέρευσης των διαθέσιμων καυσίμων οδηγεί επίσης σε συνεχείς

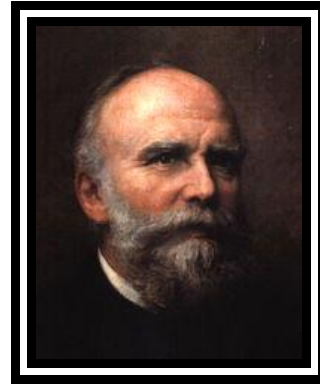
Μηχανών Εσωτερικής Καύσης. Πιο παλιά η εμβολοφόρος ατμομηχανή ήταν η μόνη μέχρι τότε θερμική μηχανή που μπορούσε να αποδώσει μηχανικό έργο στον άνθρωπο, αλλά ήταν δύσχρηστη λόγω των παρελκομένων (θερμαντήρας, λέβητας) και της απαίτησης ειδικευμένων τεχνιτών. Ο Lenoir (1822-1900) κατασκεύασε το 1860 μια μηχανή φωταερίου, η οποία στηριζόταν στον τρόπο κατασκευής της εμβολοφόρου ατμομηχανής και είχε ομοιότητες με μια δίχρονη μηχανή διπλής ενέργειας. Το εμβολο απορροφούσε το καύσιμο μίγμα (φωταέριο-αέρας), κατά τη διάρκεια της μισής διαδρομής του. Στη συνέχεια, το μίγμα αναφλεγόταν ηλεκτρικά και τα θερμά καυσαέρια ωθούσαν το εμβολο έως το τέλος της διαδρομής του.

Στην επιστροφή του το έμβολο εξωθούσε τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη πλευρά του ξεκινούσε ένας νέος κύκλος λειτουργίας. Η μηχανή του Lenoir ήταν υδρόψυκτη, είχε υψηλή κατανάλωση ρεύματος, απέδιδε ισχύ περίπου 0,4-2,2kW, και είχε κατανάλωση φωταερίου 4 m³/kWh. Ο θόρυβος λειτουργίας της ήταν μεγάλος και τραχύς, αλλά ήταν ευκολότερη στο στήσιμο και στη λειτουργία της από την ατμομηχανή και για το λόγο αυτόν έγινε ένας περιζήτητος κινητήρας. Ο Nikolaus August Otto (1832-



Εικόνα 1.4 : μηχανή του Lenoir

προβλήματα εγκατάστασης χώρου. Η ζήτηση για μηχανές μεγαλύτερης ισχύος ώθησε τον Otto στη σχεδίαση μιας μηχανής νέου τύπου, με άμεση σύνδεση εμβόλου στροφαλοφόρου άξονα και εφαρμογή για πρώτη φορά της διαδικασίας λειτουργίας των τεσσάρων χρόνων: α)Αναρρόφηση μίγματος φωταερίου αέρα, β)Συμπίεση μίγματος, γ)Καύση εκτόνωση αερίου μίγματος, δ)Εξαγωγή καυσαερίων. Το επαναστατικό σημείο της καινούργιας μηχανής ήταν ο τετράχρονος κύκλος λειτουργίας και η για πρώτη φορά κατασκευή μηχανής στην οποία πριν από την καύση έχουμε συμπίεση του μίγματος.



Εικόνα 1.5 : Eugen Langen

Ο πρώτος 4-χρονος κινητήρας κατασκευάστηκε το 1876 και απέδιδε 2,2 kW στις 180 στροφές/min. Η μηχανή αυτή αποτελεί τη βάση όλων των σημερινών 4-χρονων κινητήρων. Μερικά χρόνια αργότερα, κατασκευάστηκε μια νέα μηχανή, η μηχανή Diesel από το Rudolf Diesel (1858-1913). Η λειτουργία μηχανών με ατμό υψηλής θερμοκρασίας του έδωσε την ιδέα να κατασκευάσει μια μηχανή που θα λειτουργούσε με υπερσυμπιεσμένο αέρα υψηλής θερμοκρασίας. Ύστερα από επίπονες προσπάθειες και βελτιώσεις, το 1897 ο Diesel μπόρεσε να παρουσιάσει τη μηχανή του σε τελική μορφή, που απέδιδε 13,1 kW στις 154 στροφές/min. Η κατανάλωση καυσίμου ανερχόταν στα 324gr/kWh. Μ' αυτή τη μικρή κατανάλωση, ο νηζελοκινητήρας ξεπέρασε από άποψη οικονομίας όλες τις μέχρι τότε γνωστές θερμοδυναμικές μηχανές, πλεονέκτημα που διατηρεί ακόμη.

Σήμερα έχει επικρατήσει να χαρακτηρίζονται οι MEK με εξωτερική ανάφλεξη ως μηχανές Otto και οι μηχανές με αυτανάφλεξη ως μηχανές Diesel. Οι θερμικές μηχανές λοιπόν, μπορούν να ταξινομηθούν σε μηχανές εξωτερικής καύσης και μηχανές εσωτερικής καύσης. Στις πρώτες, το λειτουργούν ρευστό είναι εσωτερικά διαχωρισμένο από το μίγμα καυσίμου-αέρα και η θερμότητα καύσης μεταφέρεται από τα τοιχώματα του περιέχοντος δοχείου ή καζανιού.

Στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, το περιεχόμενο ρευστό συνίσταται από τα παράγωγα της καύσης του ίδιου μίγματος καυσίμου-αέρα. Οι σημαντικότεροι τύποι θερμικών μηχανών, καθώς και τα πεδία εφαρμογής τους είναι τα εξής:

A) Θερμικές Μηχανές Εξωτερικής Καύσης

Ατμομηχανή (παλινδρομική)
 Ατμοστρόβιλος (στρόβιλος)
 Μηχανή θερμού αέρα (παλινδρομική)
 Αεριοστρόβιλος κλειστού κύκλου (στρόβιλος)

B) Θερμικές Μηχανές Εσωτερικής Καύσης

Βενζινομηχανές (παλινδρομική)
 Μηχανές Diesel (παλινδρομική)
 Αεριομηχανές (παλινδρομική)
 Αεριοστρόβιλοι (στρόβιλος)
 Μηχανές JET(στρόβιλος)

Σήμερα οι παλινδρομικές Μηχανές Εσωτερικής Καύσης και οι ατμοστρόβιλοι είναι ως επί το πλείστον οι πιο κοινά χρησιμοποιούμενες θερμικές μηχανές, με τον αεριοστρόβιλο σε ευρεία χρήση στην προώθηση αεροσκαφών υψηλής ταχύτητας.

Ένα θεμελιώδες πλεονέκτημα των παλινδρομικών Μηχανών Εσωτερικής Καύσης σε σχέση με άλλους τύπους μηχανών είναι η απουσία των θερμικών μηχανών εναλλακτών στη ροή του λειτουργούντος ρευστού, όπως λέβητες και συμπυκνωτές στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με ατμό. Η απουσία αυτών των στοιχείων δεν οδηγεί μόνο σε μηχανική απλοποίηση αλλά επίσης απαλείφει τις υπάρχουσες απώλειες στη διαδικασία της μεταφοράς θερμότητας στους εναλλάκτες. Η παλινδρομική MEK κατέχει άλλο ένα σημαντικό και θεμελιώδες πλεονέκτημα συγκριτικά με τον αεριοστρόβιλο: ότι όλα τα τμήματα της μπορούν να λειτουργούν σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες της μέγιστης θερμοκρασίας του κύκλου. Αυτό επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες του κύκλου και έτσι να είναι δυνατές υψηλές αποδόσεις κύκλων. Στο σχεδιασμό αυτές οι βασικές διαφορές δίδουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα στις παλινδρομικές MEK, ως προς την παραγωγή ισχύος, αν συγκριθούν με τους ατμοστρόβιλους:

- 1)Υψηλότερη μέγιστη απόδοση
- 2)Χαμηλότερο λόγο βάρους κατασκευής ως προς το αποδιδόμενο έργο (εκτός ίσως της περίπτωσης μονάδων άνω των 10.000hp)
- 3)Μηχανική απλότητα
- 4)Το σύστημα ψύξεως σε μια MEK αντιμετωπίζει ένα μικρότερο ποσό θερμότητας από έναν συμπυκνωτή ατμοστρόβιλου ίδιας ιπποδύναμης και λειτουργεί κανονικά σε υψηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες. Το μικρότερο μέγεθος του εναλλάκτη θερμότητας αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα σε μεταφορικά οχήματα και σε άλλες εφαρμογές, στις οποίες η ψύξη πρέπει να συμπληρώνεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι εν μέρει εμφανή στις μικρές μονάδες. Αντίθετα, πρακτικά πλεονεκτήματα των στροβιλοκινητήρων έναντι αυτών των παλινδρομικών MEK είναι:

- 1)Οι στροβιλοκινητήρες μπορούν να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερη ποικιλία καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων και των στερεών καυσίμων
- 2)Μικρότερο πρόβλημα κραδασμών
- 3)Οι ατμοστρόβιλοι είναι πρακτικοί για μονάδες πολύ μεγάλης ισχύος (πάνω από 200.000hp).

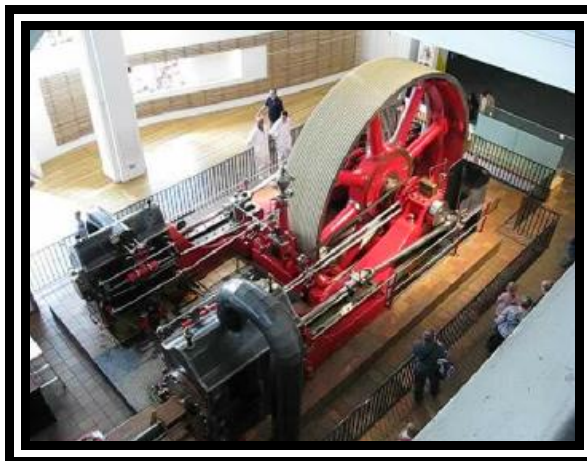
Τα πλεονεκτήματα των παλινδρομικών MEK θεωρούνται μεγάλης σπουδαιότητας στο πεδίο των χερσαίων μεταφορών, όπου μικρά βάρη, μικρός όγκος μηχανής και μικρή ποσότητα καυσίμων είναι συνήθως ουσιώδεις παράγοντες. Στη σημερινή εποχή, ο αριθμός των μονάδων και η συνολική ισχύς των MEK σε χρήση είναι πολύ μεγαλύτερες από όλα τα άλλα μέσα μεταφοράς. Επίσης, ο στροβιλοκινητήρας εσωτερικής καύσης δεν έχει καθιερωθεί πλήρως ως ανταγωνιστική μηχανή στον χώρο της παραγωγής ενέργειας εκτός από των αεροπλάνων. Η μηχανική απλότητα αυτής της μηχανής την καθιστά πολύ ενδιαφέρουσα και η απουσία παλινδρομικών εξαρτημάτων απαλείφει τους κραδασμούς σε αναλογία με τον ατμοστρόβιλο.

1.2 Ταξινόμηση

Οι διάφοροι τύποι MEK μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τις μεταξύ τους ομοιότητες. Οι σπουδαιότερες ταξινομήσεις αναφέρονται στην τελική εφαρμογή, στο είδος του καυσίμου και στον τρόπο εισαγωγής του, στην ανάφλεξη, στη χρήση εμβόλων ή περιστροφέα, στη διάταξη των κυλίνδρων, στους χρόνους λειτουργίας, στο σύστημα ψύξης και τέλος στον τύπο και στη θέση των βαλβίδων. Οι

ταξινομήσεις αυτές εξετάζονται αναλυτικότερα στην περιγραφή των διαφόρων τύπων κινητήρων.

1.3 Ατμοστρόβιλος



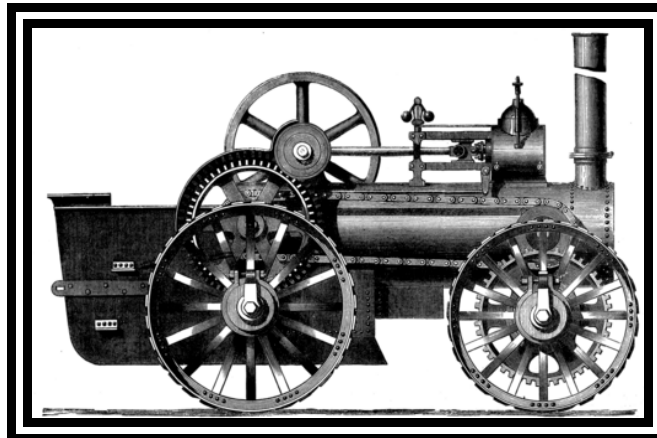
Εικόνα 1.6 : Ατμοστρόβιλος

Είδος κινητήριας θερμικής μηχανής, που χρησιμοποιεί την ενέργεια του ατμού για παραγωγή έργου. Ονομάζεται και ατμοτουρμπίνα. Αποτελείται από έναν τροχό, που η περιφέρειά του είναι εφοδιασμένη με πτερύγια και ο οποίος περιστρέφεται γύρω από έναν κεντρικό άξονα. Οι ατμοστρόβιλοι διακρίνονται σε ατμοστρόβιλους δράσης και αντίδρασης.

Ατμοστρόβιλοι δράσης: Η εκτόνωση του ατμού και η παραγωγή ταχύτητας γίνεται μόνο μέσα στα σταθερά τμήματα. Ο ατμός προσκρούει στα πτερύγια και αναγκάζεται ν' αλλάξει διεύθυνση κινούμενος αντίθετα της αρχικής. Μ' αυτόν τον τρόπο δημιουργείται στα πτερύγια μια ώθηση που στρέφει τον τροχό. Για να υπάρχει μεταφορά όλης της κινητικής ενέργειας στον τροχό θα πρέπει η ταχύτητα των πτερυγίων να είναι περίπου η μισή της ταχύτητας του ατμού. Λόγω όμως της μεγάλης αυτής ταχύτητας, υπάρχει πρόβλημα καταπόνησης και αντοχής των υλικών. Γι' αυτό οι τροχοί είναι κατασκευασμένοι κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να περιστρέφονται πιο αργά. Οι υδρατμοί που παράγονται στους λέβητες σε θερμοκρασία 250-300°C και υψηλή πίεση διοχετεύονται πάνω στα πτερύγια του τροχού, όπου η θερμική τους ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική. Ακολούθως οι υδρατμοί περνούν διαδοχικά από δεύτερο και τρίτο ατμοστρόβιλο που αρχίζουν και αυτοί να περιστρέφονται. Οι ατμοστρόβιλοι αυτοί είναι εφαρμοσμένοι στον ίδιο κεντρικό άξονα έτσι που η περιστροφική τους κίνηση προστίθεται σ' αυτόν.

Στους ατμοστρόβιλους αντίδρασης: ο ατμός μετά τη δράση του στον πρώτο τροχό μεταβιβάζεται μέσω ακινητών πτερυγίων που λειτουργούν σαν ακροφύσια. Έτσι ο ατμός αποκτά μεγαλύτερη ταχύτητα και κατά την έξοδό του από αυτά εκτονώνεται σε νέο σύστημα κινητών πτερυγίων. Οι ατμοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται στους μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και στα πλοία.

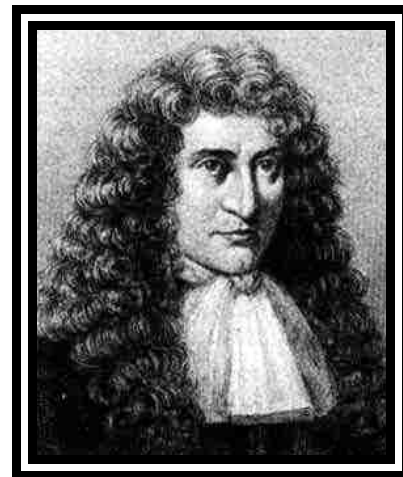
1.4 Η ατμομηχανή



Εικόνα 1.7 : ατμομηχανή

Ήδη από την ελληνιστική εποχή ήταν γνωστή η δυνατότητα αξιοποίησης του ατμού για εξάσκηση δυνάμεων. Πρωτοπόρος σ' αυτή την προσπάθεια ήταν ο αλεξανδρινός Ήρων, ο οποίος είχε κατασκευάσει ατμοκίνητους μηχανισμούς για εντυπωσιασμό, διασκέδαση και προβληματισμό.

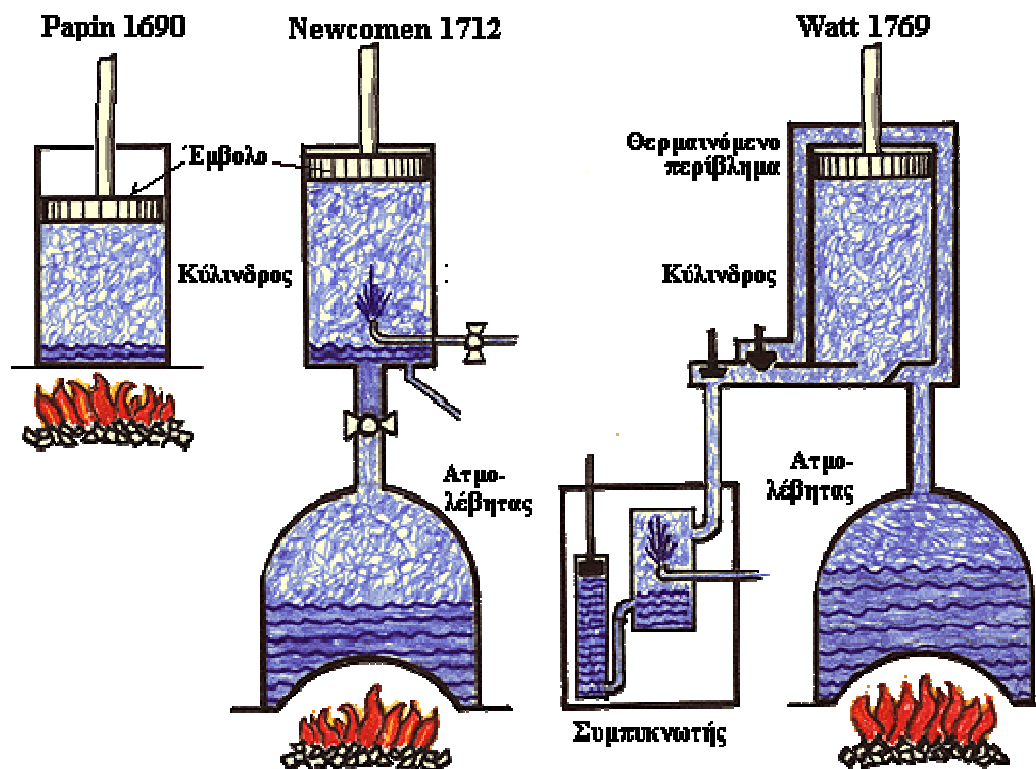
Η ανάγκη για χρήση του ατμού σε παραγωγικές διαδικασίες δεν φαίνεται όμως να απασχολούσε τους ερευνητές, αφενός γιατί η συστηματική παραγωγή αφορούσε περιορισμένο αριθμό προϊόντων, αφετέρου γιατί το σχεδόν μηδενικό κόστος τη εργασίας που προσέφεραν οι δούλοι, αποτελούσε αντικίνητρο για αναζήτηση άλλων λύσεων. Στους επόμενους αιώνες έμειναν οι ιδέες του Ήωνα και των άλλων ερευνητών της ελληνιστικής εποχής αναξιοποίητες, τόσο λόγω του αντιεπιστημονικού πνεύματος που επικρατούσε σε Ανατολή και Δύση, όσο και λόγω της συνεχιζόμενης έλλειψης οικονομικών κινήτρων για κατασκευή μηχανών, με τις οποίες θα γινόταν υποκατάσταση της απαιτούμενης δύναμης του νερού, του αέρα, των ανθρώπων και των ζώων στις παραγωγικές διαδικασίες. Η πρώτη αλλαγή ήρθε στο τέλος του 17ου



Εικόνα 1.8 : Denis Papin



Εικόνα 1.9: Denis Papin car



Εικόνα 1.10 : Ατμομηχανή

αιώνα, συγκεκριμένα το 1690, οπότε κατασκεύασε ο Denis Papin (Παπέν, 1647-1713) μία ατμομηχανή, η οποία ονομάστηκε αργότερα ατμοσφαιρική. Ισχυρό κίνητρο για την κατασκευή αυτής της μηχανής ήταν οι ανάγκες για κινητήρια δύναμη με στόχο την άντληση των υπόγειων υδάτων από τις στοές των ορυχείων. Η λειτουργία της μηχανής του Παπέν είναι για τις σημερινές αντιλήψεις απλοϊκή: Σε ένα κύλινδρο που περιορίζεται από ένα έμβολο υπάρχει νερό, το οποίο θερμαίνεται μέχρι να εξατμιστεί. Η πίεση του ατμού ωθεί το έμβολο και έτσι εκδιώκεται ο ατμοσφαιρικός αέρας. Τότε ψύχεται ο κύλινδρος εξωτερικά με κρύο νερό, οπότε ο ατμός συμπυκνώνεται σε νερό και μειώνεται ο όγκος του κατά περίπου 1.000 φορές! Στο χώρο αυτό προκύπτει έτσι ένα κενό, το οποίο καλύπτει ο ατμοσφαιρικός αέρας, πιέζοντας το έμβολο προς την άλλη κατεύθυνση. Τελικά, σ' αυτή τη διαδικασία δεν αξιοποιείται η πίεση του ατμού για την παραγωγή έργου, αλλά αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα, γι' αυτό και ο χαρακτηρισμός της μηχανής του Παπέν ως ατμοσφαιρικής. Αυτή η ατμομηχανή είχε ένα σημαντικό μειονέκτημα: Έπρεπε ο ατμός που είχε θερμανθεί ήδη σε υψηλές θερμοκρασίες να ψυχθεί και συμπυκνωθεί για να δημιουργηθεί κενό, πράγμα που σημαίνει σημαντικές ενεργειακές απώλειες. Αν μελετήσει κανείς συστηματικά το ισοζύγιο ενεργειών σε κάθε φάση λειτουργίας αυτής της ατμομηχανής, κάτι που δεν επέτρεπαν ακόμα οι επιστημονικές γνώσεις των αρχών του 18ου αιώνα, θα διαπιστώσει ότι η μηχανή του Παπέν έχει ασήμαντο βαθμός αποδόσεως, άρα είναι περίπου άχρηστη ως μηχανισμός παραγωγής έργου.

Ο Παπέν είχε μια περίεργη ερευνητική σταδιοδρομία και προσωπική μοίρα που είναι χρήσιμο να αναφερθεί σ' αυτό το σημείο! Είχε σπουδάσει Ιατρική και συνεργαζόταν με τον Χούχενς στο Παρίσι. Εκεί γνώρισε και τον Λάιμπνιτς, με τον οποίο έγινε φίλος και αργότερα αλληλογραφούσε τακτικά. Το 1675 πήγε ο Παπέν στο Λονδίνο και συνεργάστηκε με τους Μπούλ και Χουκ, αφού είχε αποκτήσει τη φήμη ικανότατου πειραματιστή. Αυτός ο σπουδαίος ερευνητής, προτεστάντης στο θρήσκευμα, δεν κατάφερε να επιστρέψει ποτέ πια στη Γαλλία, γιατί από το 1685

άρχισαν πάλι διώξεις των Ουγενότων, μετά την ανάκληση από τον Λουδοβίκο XIV του *έδικτου ανεκτικότητας* της Nantes για ελεύθερη επιλογή του θρησκευτικού δόγματος. Ως μέλος της Royal Society στο Λονδίνο παρουσίασε ο Παπέν τις πρώτες υλοποιήσεις της ατμομηχανής του, μία από τις οποίες όμως εξερράγη, λόγω της υπερπίεσης στον κλειστό κύλινδρο, ευτυχώς χωρίς ανθρώπινα θύματα. Για μια δεύτερη επίδειξη της ίδιας μηχανής, δεν έβρισκε ο εφευρέτης πλέον ακροατήριο, παρ' ότι είχε τοποθετήσει στη μηχανή του μία βαλβίδα ασφαλείας.

Στη δεκαετία του 1780 εγκαταστάθηκε ο Παπέν στη Γερμανία, όπου προσπαθούσε να παρακινήσει διάφορους ηγεμόνες να χρηματοδοτήσουν την κατασκευή κανονιού με ατμοκίνηση. Όμως κανείς δεν ενθουσιάστηκε από τις πρωτοπόρες ιδέες του, όπως και για την ιδέα ενός υποβρυχίου, το οποίο παρ' ελπίδα καταστράφηκε κατά την πανηγυρική επίδειξη που έγινε με επίσημους καλεσμένους.

Αποτέλεσμα αυτών και διαφόρων άλλων ιδεών του ήταν η κατασκευή της τελικής μορφής της *ατμοσφαιρικής ατμομηχανής*, για την οποία όμως επίσης δεν έδειξε ενδιαφέρον κάποιος χρηματοδότης. Έτσι το έτος 1707 πήγε αυτός ο σημαντικός ερευνητής και πάλι στο Λονδίνο για να παρουσιάσει την ατμομηχανή του, αλλά διαπίστωσε ότι ένας Εγγλέζος μηχανικός, ο Thomas Savery (Σέιβερν, ~1650 -1715), είχε κατασκευάσει μια όμοια μηχανή με τη δική του και είχε πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ήδη από το ευρωπαϊκής επιστήμης, τον Νεύτωνα, αποδείχθηκαν μάταιες, δεδομένου ότι παρουσίασε στον μνησικάκο Νεύτωνα μια συστατική επιστολή του Λάιμπνιτς, τον οποίο ο Νεύτων θεωρούσε αντιγραφέα της ιδέας του για τον Απειροστικό Λογισμό. Έκτοτε χάθηκαν τα ίχνη του Παπέν, ο οποίος πρέπει να έζησε μέχρι το 1712-13 φτωχικά στο Λονδίνο. Είναι άγνωστο πότε ακριβώς πέθανε!

Ο Εγγλέζος μηχανικός Thomas Newcomen (Νιούκομεν, 1663-1729) βελτίωσε τις ατμομηχανές των Παπέν και Σέιβερν, διαχωρίζοντας την παραγωγή ατμού από τον κύλινδρο εργασίας και τροποποιώντας την συμπύκνωση του ατμού με άμεσο καταιονισμό με νερό. Το έμβολο της ατμομηχανής συνδεόταν μέσω ισορροπημένου ζυγού (balancier) με το έμβολο της αντλίας· το αντίβαρο του ζυγού βοηθούσε στην άνοδο του εμβόλου της ατμομηχανής, την ίδια στιγμή που άνοιγε στον πυθμένα του κυλίνδρου μία βαλβίδα, η οποία επέτρεπε την είσοδο ατμού χαμηλής πίεσης από το λέβητα. Μόλις το έμβολο έφτανε στο ανώτατο σημείο, έκλεινε αυτή η βαλβίδα και άρχιζε ο καταιονισμός με κρύο νερό. Κάτω από τον κύλινδρο προέκυπτε λοιπόν υποπίεση και ο ατμοσφαιρικός αέρας από πάνω ασκούσε δύναμη για κάθοδο του εμβόλου. Για την άνοδο του εμβόλου έπρεπε να αποχετευτεί το νερό συμπυκνώσεως και να εισέλθει ατμός υψηλής πίεσης. Έτσι άρχιζε ο νέος κύκλος της λειτουργίας. Ο ζυγός στην ατμομηχανή του Νιούκομεν έκανε ταλαντεύσεις περί τις 12 φορές ανά λεπτό και με κάθε παλινδρόμηση ανέβαζε περίπου 50 λίτρα νερό σε ύψος επίσης 50 μέτρων.

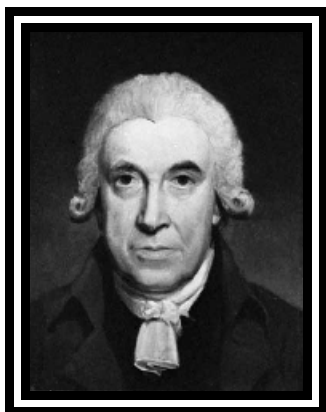
Η ατμομηχανή του Σέιβερν χρησιμοποιήθηκε επίσης για την άντληση υδάτων σε ορυχεία, αλλά κυρίως για μικρές υψομετρικές διαφορές. Κύριο μειονέκτημά της ήταν ότι λειτουργούσε με πιέσεις 6-10 ατμοσφαιρών, πράγμα που ξεπερνούσε τις αντοχές των υλικών εκείνης της εποχής. Επειδή δε ο λέβητας της ατμομηχανής του Σέιβερν έπρεπε να βρίσκεται κάτω στο ορυχείο, ενώ στην περίπτωση του Νιούκομεν ο λέβητας βρισκόταν στην επιφάνεια του εδάφους, γίνεται αντιληπτό ότι οι εκρήξεις



Εικόνα 1.11: Thomas Newcomen

που συνέβησαν σε λέβητες του Σείβερν, είχαν τραγικά αποτελέσματα στο ανθρώπινο δυναμικό!

Η *ατμοσφαιρική ατμομηχανή* χρησιμοποιήθηκε για περίπου έναν αιώνα σε ορυχεία όλης της Ευρώπης για την άντληση υπόγειων υδάτων που πλημμύριζαν τις στοές, παρ' ότι ο βαθμός αποδόσεώς της παρέμενε ακόμα πολύ χαμηλός, περί το 1%! Κατά το έτος 1733 λειτουργούσαν στην Αγγλία πάνω από 100 ατμοσφαιρικές ατμομηχανές, ενώ στη δεκαετία του 1760 πρέπει να λειτουργούσαν στην ηπειρωτική Ευρώπη περί τις 400. Κύριος λόγος των υψηλών απωλειών ενέργειας (99%) ήταν η συνεχής εναλλαγή θέρμανσης και ψύξης του κυλίνδρου, διαδικασία που απαιτούσε μεγάλη ποσότητα καυσίμου. Η μηχανή του Νιούκομεν αποτελεί παρ' όλες τις ατέλειές της, την πρώτη ατμομηχανή και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι με αυτή τη μηχανή έχουν τεθεί τα θεμέλια της εκμηχανισμένης παραγωγής.



Εικόνα 1.12: James Watt

Ο Σκωτσέζος μηχανικός James Watt (Βατ, 1736-1819), ο οποίος εργαζόταν στη σχεδίαση και κατασκευή ανεμόμυλων, ανέλαβε το 1763 να επιδιορθώσει μία ατμοσφαιρική ατμομηχανή. Έτσι είχε την ευκαιρία να μελετήσει τη λειτουργία της και να επιφέρει σ' αυτή διάφορες βελτιώσεις. Καταρχήν διαχώρισε από τον κύλινδρο, πέρα από την παραγωγή ατμού που έκανε ήδη ο Νιούκομεν, και την συμπύκνωση του ατμού. Ήδη με αυτή την επιλογή μειωνόταν η κατανάλωση καυσίμου στο ένα τρίτο του αρχικού. Ο κύλινδρος μπορούσε έτσι να διατηρηθεί με ένα θερμαινόμενο (με ατμό) κάλυμα σε υψηλή θερμοκρασία. Η σημαντικότερη βελτίωση προέκυψε όμως με την εγκατάλειψη από τον Βατ της

ατμοσφαιρικής πίεσης και αξιοποίησης της υψηλότερης πίεσης του ατμού. Το 1776 παρουσίασε ο εφευρέτης την πρώτη βελτιωμένη ατμομηχανή του χαμηλής πίεσης και το 1782 την πρώτη μηχανή με διπλή δράση του ατμού στην κίνηση του εμβόλου. Αυτή η διπλή δράση προέκυπτε με τη σύνδεση, μέσω βαλβίδων, εναλλάξ του πάνω και κάτω τμήματος του κυλίνδρου με τον συμπυκνωτή.

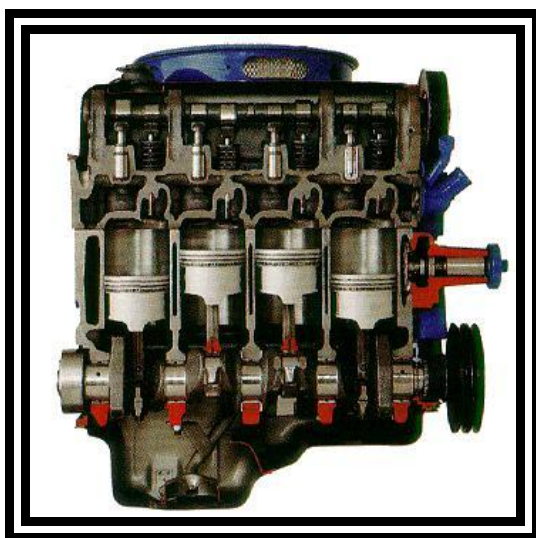
Ο Βατ συνεργάστηκε με τον οικονομικά ισχυρό βιομήχανο Matthew Bulton και πειραματιζόταν από το 1774 στο εργοστάσιο του δεύτερου, στο Soho του Birmingham. Η πρώτη μηχανή του Βατ προοριζόταν και χρησιμοποιήθηκε επίσης για άντληση υδάτων από ορυχεία, οπότε η λειτουργία της συσχετιζόταν πάλι με την ύπαρξη του ζυγού και τα έμβολα της αντλίας, όπως κι εκείνη του Νιούκομεν. Για χρήση της ατμομηχανής σε παραγωγικές διαδικασίες ήταν απαραίτητη όμως η μετατροπή της παλινδρομικής κίνησης σε περιστροφική ενός άξονα, για την οποία απαιτείτο η χρήση ενός στρόφαλου. Αλλά αυτό το εξάρτημα ήταν προστατευμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (!) και για απόκτηση των δικαιωμάτων χρήσης του σε ατμομηχανή θα απαιτείτο η καταβολή υψηλών χρηματικών ποσών. Μέχρι το έτος 1794 που έληξε η ισχύς αυτού του δικαιώματος εισήγαγε ο Βατ διάφορες βελτιώσεις στη μηχανή του, αξιοποιώντας και τον φυγοκεντρικό ρυθμιστή, με τη λειτουργία του οποίου παρέμενε περίπου σταθερός ο αριθμός στροφών της μηχανής.

Έτσι, ήδη από το έτος 1787, δύο χρόνια πριν ξεσπάσει η γαλλική επανάσταση, ήταν διαθέσιμη μια κινητήρια μηχανή γενικής χρήσης, ανεξάρτητη από άπνοια και υδατοπτώσεις, ανεξάρτητη από κόπωση ανθρώπων και ζώων, μια μηχανή με υψηλές και σταθερές ισχύεις κι ένα αξιόλογο για την εποχή βαθμό αποδόσεως. Η ατμομηχανή του Βατ, αν και είχε ακόμα πολύ χαμηλό βαθμό αποδόσεως, περί το 7%, άνοιξε το δρόμο για τη μαζική παραγωγή προϊόντων και τη δημιουργία μεγάλων μονάδων παραγωγής, τα *εργοστάσια*. Με αυτή τη μηχανή δημιουργήθηκαν επίσης οι

προϋποθέσεις για την εγκατάσταση δικτύου σιδηροδρομικών και ατμοπλοϊκών μεταφορών και, μαζί με τις ηλεκτρογεννήτριες που εφευρέθηκαν μετά από αρκετές δεκαετίες, αποτέλεσαν τα πρώτα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, με τα οποία τροφοδοτήθηκαν με ηλεκτρική ενέργεια οι πόλεις και οι βιομηχανίες. Όλες αυτές οι καινοτομίες και άλλες δευτερεύουσες στον περίγυρο της ατμομηχανής άλλαξαν την οικονομία και την κοινωνία καταρχήν της Ευρώπης και στη συνέχεια του υπόλοιπου κόσμου και θεμελίωσαν κατά τις επόμενες δεκαετίες τη *βιομηχανική κοινωνία*.

Ένα άλλο, αφανές μεν αλλά εξ ίσου σημαντικό όφελος από την εφεύρεση της ατμομηχανής ήταν η μελέτη των επί μέρους φάσεων της λειτουργίας της, με αποτέλεσμα να προκύψει ο επιστημονικός τομέας της *Θερμοδυναμικής* (N.L. Carnot). Το 19^ο αιώνα διατυπώθηκαν τα θερμοδυναμικά αξιώματα και οι νόμοι αυτού του σημαντικού τομέα της Φυσικής και της Τεχνικής. Αυτά τα αξιώματα επέφεραν και φιλοσοφικές αλλαγές στην αντίληψη, όσον αφορά την εξέλιξη των γεγονότων στο χρόνο. Ενώ με την κλασική μηχανιστική αντίληψη όλα τα γεγονότα είναι αντιστρεπτά και έτσι θα μπορούσε ο χρόνος να εξελιχθεί «ανάποδα», με τη θερμοδυναμική αντίληψη διαπιστώνουμε ότι ο χρόνος εξελίσσεται πάντα θετικά! Δηλαδή, τα φυσικά φαινόμενα δεν είναι δυνατόν να εξελιχθούν στην αντίθετη κατεύθυνση, γιατί σχετίζονται πάντα με *μη αντιστρεπτές* θερμικές διεργασίες.

1.5 Βενζινοκινητήρες



Εικόνα 1.13:Βενζινοκινητήρας

ποικίλλουν από λιγότερο από έναν ίππο για χρήση σε μικρές φορητές συσκευές, μέχρι 35.000 ίππους για αεροπλάνα. Μολονότι οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα, αντιπροσωπεύουν λιγότερο από το μισό του συνολικού αριθμού που είναι σε χρήση, σε παγκόσμια κλίμακα

Τύποι κινητήρων

Η πιο σημαντική τεχνική για την παραγωγή ισχύος από καύση ήταν αυτή του τετράχρονου κύκλου.

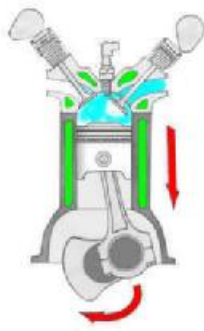
Ο βενζινοκινητήρας είναι μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) στην οποία η ισχύς παράγεται με την καύση του μίγματος βενζίνης και αέρα.

Οι περισσότεροι βενζινοκινητήρες ανήκουν στην κατηγορία των παλινδρομικών μηχανών, οι πρόσφατες όμως τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο τύπος στρεφόμενου εμβόλου ή ο τύπος στροβίλου υπερέχουν λειτουργικά από ορισμένη άποψη.

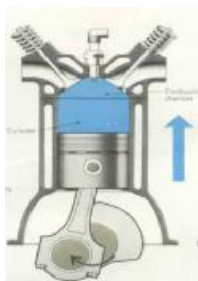
Οι βενζινοκινητήρες είναι οι πιο διαδεδομένες μηχανές εσωτερικής καύσης. Το μέγεθος και η ισχύς τους

1.5.1 Τετράχρονος κύκλος

Στον τετράχρονο κύκλο η λειτουργία του κινητήρα αποτελείται από 4 στάδια.



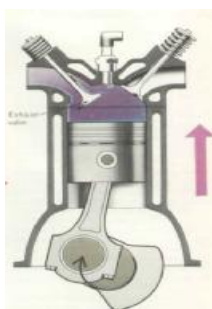
1. Με ανοιχτή την βαλβίδα εισόδου το έμβολο κατέρχεται, κατά τον χρόνο εισαγωγής. Το κενό που δημιουργείται προκαλεί αναρρόφηση μίγματος ατμών βενζίνης και αέρα.



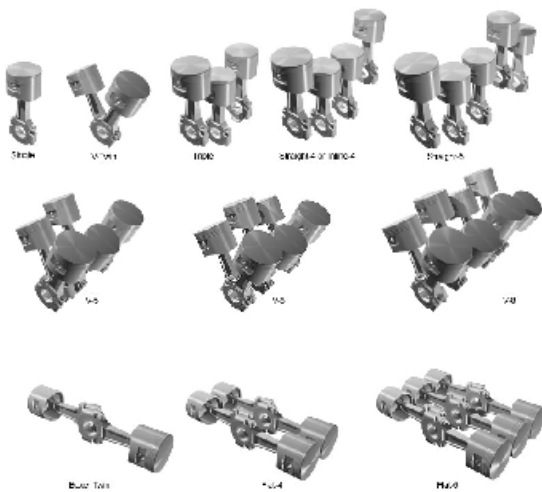
2. Το μίγμα συμπιέζεται καθώς το έμβολο ανέρχεται κατά τον χρόνο συμπίεσης με κλειστές βαλβίδες. Με το τέλος του χρόνου αυτού, το μίγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.



3. Κατά τον χρόνο ισχύος οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές ενώ η πίεση από την καύση πιέζει την κεφαλή του εμβόλου.



4. Κατά τον χρόνο εξαγωγής, το ανερχόμενο έμβολο αναγκάζει τα προϊόντα της καύσης να εξέλθουν από την ανοιχτή βαλβίδα εξόδου.



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.

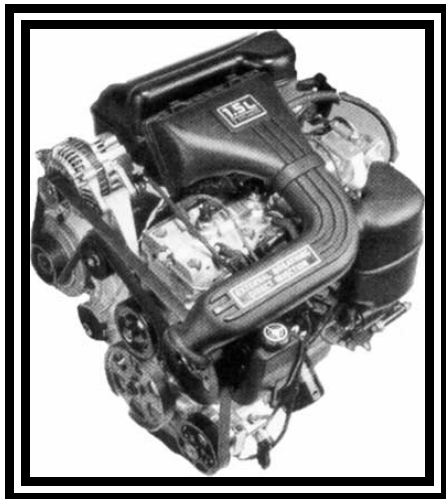
Ο κινητήρας τύπου V έχει δύο σειρές κυλίνδρων, οι άξονες των οποίων σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60 ή 90 μοιρών.

Οι κινητήρες V-8 (οκτώ κύλινδροι) είναι συνήθως 90 μοιρών. Ορισμένοι μικροί εξακύλινδροι κινητήρες

αεροπλάνων, τέλος, έχουν οριζόντιους και αντίθετα τοποθετημένους κυλίνδρους.

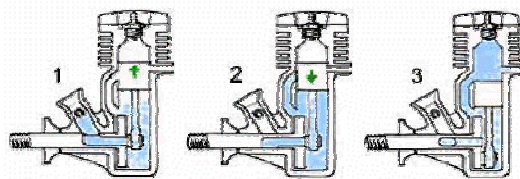
Σε χώρο κατά μήκος του σώματος των κυλίνδρων βρίσκεται ο εκκεντροφόρος άξονας, που ενεργοποιεί τις βαλβίδες. Κατάλληλη διάταξη συνδέει τον εκκεντροφόρο με τον στροφαλοφόρο άξονα. Το κωνοειδές κέλυφος που περικλείει τον σφόνδυλο και στον οποίο προσαρμόζεται το κιβώτιο ταχυτήτων σχηματίζεται στο πίσω άκρο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

1.5.2 Δίχρονος κύκλος

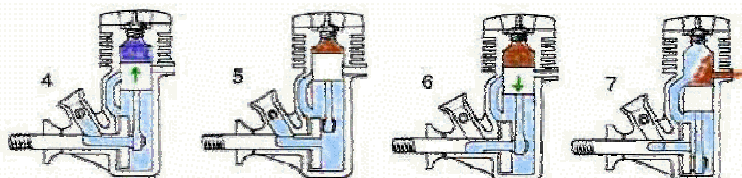


Εικόνα 1.14: δίχρονος κινητήρας

Αναπτύχθηκε το 1878. Σ' αυτόν οι χρόνοι εισαγωγής, συμπίεσης, ισχύος και εξαγωγής συντελούνται μόνο σε μία περιστροφή του στροφαλοφόρου. Στον δίχρονο κινητήρα το μίγμα οδηγείται στον κύλινδρο μέσα από περιμετρικές θυρίδες με τη βοήθεια περιστροφικού φουσητήρα. Τα καυσαέρια περνούν μέσα από μυκητοειδείς βαλβίδες που βρίσκονται πάνω στην κεφαλή του κυλίνδρου. Το 1891 παρουσιάστηκε μια απλουστευμένη παραλλαγή του δίχρονου κινητήρα, με προσυμπίεση στον στροφαλοθάλαμο για την προώθηση του νωπού μίγματος στον κύλινδρο.



1. Ο κινητήρας γυρίζει με εξωτερική βοήθεια και το έμβολο ανεβαίνει. Η πίεση στην βάση πέφτει και αναρροφάται μίγμα από την ανοικτή βαλβίδα.
2. Το έμβολο αρχίζει να κατεβαίνει. Η βαλβίδα εισαγωγής έχει κλείσει. Το μίγμα στην βάση συμπιέζεται.
3. Το έμβολο έχει φθάσει στο κατώτατο σημείο (με εξωτερική βοήθεια) και έχει αποκαλύψει (έχουν δηλαδή ανοίξει) τις δύο πόρτες της bypass και εξαγωγής (εξάτμιση). Λόγω της διαφοράς πίεσης, το μίγμα ανεβαίνει από τον πλάγιο διάδρομο μεταφοράς και εισχωρεί στον ελεύθερο χώρο του κυλίνδρου, επάνω από το έμβολο. Επειδή είναι ανοικτή η πόρτα εξαγωγής, μικρό μέρος του μίγματος αρχίζει να εξέρχεται.



4. Ο στρόφαλος συνεχίζει την αδρανή περιστροφή του και το έμβολο ανεβαίνει κλείνοντας την πόρτα μεταφοράς και την πόρτα εξαγωγής και στο υπόλοιπο της διαδρομής του συμπιέζει το μίγμα. (Επαναλαμβάνεται ταυτόχρονα η φάση 1).
5. Πλησιάζοντας το ανώτατο σημείο της διαδρομής το μίγμα αναφλέγεται.
6. Τα αέρια εκτονώνονται και σπρώχνουν το έμβολο προς τα κάτω. Από το σημείο αυτό ο κινητήρας έχει εκκινήσει και μπορεί να επαναλάβει μόνος του τον επόμενο κύκλο με την προϋπόθεση φυσικά ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι σωστά ρυθμισμένοι (Επαναλαμβάνεται ταυτόχρονα η φάση 2).
7. Καθώς το έμβολο κατέρχεται σε κάποιο σημείο ανοίγει η πόρτα εξαγωγής και τα καυσαέρια αρχίζουν να εξέρχονται. Η μεγάλη πίεση που εξασκούσαν στο έμβολο μειώνεται. Σε ελάχιστο χρόνο αργότερα ανοίγει η πόρτα μεταφοράς, και επαναλαμβάνεται η φάση 3, αλλά τώρα το φρέσκο μίγμα θα καταλάβει μόνο τον χώρο που ελευθερώνουν τα καυσαέρια, και θα αναμιχθεί με την ποσότητα των καυσαερίων που μένει στον κύλινδρο.

1.5.3 Μηχανή Ντίζελ



Εικόνα 1.15: Μηχανή Ντίζελ

Οι μηχανές αυτές διακρίνονται σε δίχρονες και τετράχρονες, αναφορικά με την παραγωγή έργου κατά τη διαδρομή του εμβόλου. Μία τετράχρονη μηχανή Ντίζελ αποτελείται από τον κύλινδρο, μέσα στο οποίο κινείται παλινδρομικά το έμβολο. Η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μεταδίδεται με τη βοήθεια του διωστήρα (της μπιέλας) και μετατρέπεται σε περιστροφική στο στρόφαλο. Γενικά τα μέρη της μηχανής είναι: 1) ο κύλινδρος, 2) το έμβολο, 3) ο διωστήρας (μπιέλα), 4) ο άξονας του στρόφαλου, όπου η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική, 5) η βαλβίδα εξαγωγής των καυσαερίων, 6) η βαλβίδα απορρόφησης αέρα, 7) η βαλβίδα εισαγωγής του καυσίμου (πετρελαίου), 8)

η βαλβίδα για την εισαγωγή πεπιεσμένου αέρα για την αρχική εκκίνηση, 9) ο αεροσυμπιεστής.

Λειτουργία της μηχανής:

1ος χρόνος: Απορρόφηση - Το έμβολο Ε κατέρχεται. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής του απορροφάται ατμοσφαιρικός αέρας.

2ος χρόνος: Συμπύεση - Οι βαλβίδες είναι κλειστές. Το έμβολο ανέρχεται και ο αέρας συμπιέζεται αδιαβατικά, μέχρι πίεσης 30-35 χλγ. ανά τετραγωνικό εκατοστό. Η θερμοκρασία στο τέλος της διαδρομής του εμβόλου έχει φτάσει στους 600° Κελσίου περίπου.

3ος χρόνος: Καύση - Εκτόνωση. Στο θάλαμο καύσης ψεκάζεται πετρέλαιο από τη βαλβίδα β. Επειδή το πετρέλαιο βρίσκεται σε περιβάλλον θερμοκρασίας περίπου 600 βαθμούς C, δηλ. θερμοκρασία πολύ υψηλότερη από το βαθμό ανάφλεξης του πετρελαίου, που είναι 70 βαθμοί C μέχρι 130 βαθμοί C αναφλέγεται αυτόματα. Το πετρέλαιο καίγεται όσο χρόνο εξακολουθεί η εισροή του στον κύλινδρο. Ο χρόνος αυτός είναι ίσος περίπου με το χρόνο που απαιτείται για να καλύψει το έμβολο το 1/10 της διαδρομής του. Η παροχή του πετρελαίου ρυθμίζεται κατά τρόπο, ώστε να ανάφλεξη να γίνεται -κατά μεγάλη προσέγγιση- υπό σταθερή πίεση. Είναι λοιπόν φανερό ότι, για να παραμείνει σταθερή η πίεση, το έμβολο κινείται προς τα κάτω κατά το στάδιο αυτό, εξαιτίας της εκτόνωσης των καυσαερίων.

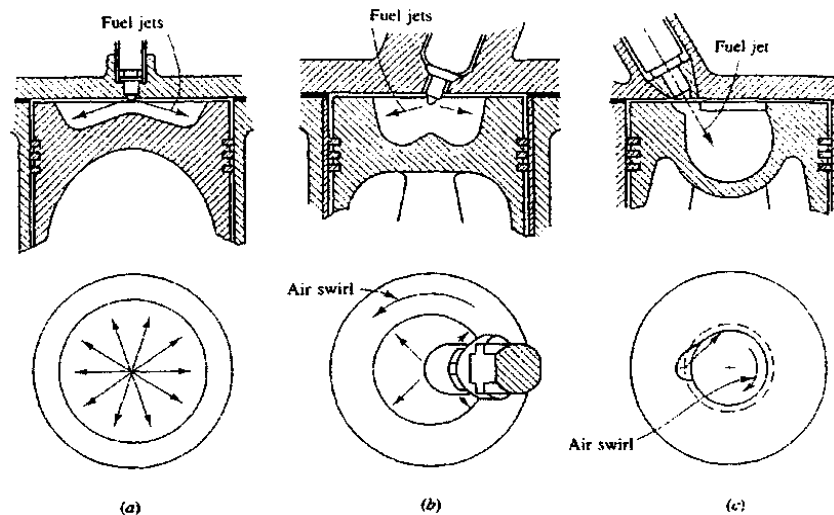
4ος χρόνος: Εξαγωγή. Η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοιχτή και το έμβολο καθώς ανέρχεται διώχνει τα καυσαέρια.

Αν παραλειφθούν οι απώλειες μηχανικού έργου και θερμότητας, μπορεί να σχεδιαστεί σ' ένα σύστημα ορθογώνιων συντεταγμένων (οριζόντιος άξονας ο όγκος V, κατακόρυφος άξονας η πίεση P) το διάγραμμα του ιδανικού κύκλου λειτουργίας της μηχανής Diesel. Στη μηχανή Diesel για την εκτέλεση του κύκλου απαιτούνται τέσσερις διαδρομές του εμβόλου. Το έργο όμως παράγεται μόνο κατά το χρόνο της εκτόνωσης. Αν αποφύγουμε την κίνηση του εμβόλου κατά τα στάδια της αναρρόφησης και της εξαγωγής, περιορίζονται οι χρόνοι του κύκλου σε δύο. Ο κινητήρας (η μηχανή) είναι τότε δίχρονη. Στο δίχρονο κινητήρα Diesel το έργο παράγεται σε κάθε δεύτερη διαδρομή του εμβόλου, με αποτέλεσμα το διπλασιασμό της ισχύος. Η αρχή λειτουργίας του δίχρονου κινητήρα Diesel είναι η εξής: Στο τέλος του χρόνου εκτόνωσης, όταν ακόμα ο κύλινδρος είναι γεμάτος από καυσαέρια, ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και εξέρχονται καυσαέρια μέχρις ότου η πίεση εξισωθεί με την ατμοσφαιρική. Κατόπι, αντί να χρησιμοποιηθεί το έμβολο, για την πλήρη εκδίωξη των καυσαερίων, εισάγεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα αέρα στον κύλινδρο και έτσι ταυτόχρονα γεμίζει και ο κύλινδρος αέρα χωρίς αναρρόφηση.

Οι πετρελαιοκινητήρες διαιρούνται σε δυο βασικές κατηγορίες ανάλογα με το σχεδιασμό του θαλάμου καύσης τους: (1) *μηχανές ευθείας έγχυσης (EE)*, οι οποίες έχουν έναν απλό ανοιχτό θάλαμο καύσης στον οποίο το καύσιμο ψεκάζεται απ'ευθείας (2) *μηχανές μη ευθείας έγχυσης (MEE)*, όταν ο θάλαμος καύσης διαιρείται σε δυο περιοχές και το καύσιμο ψεκάζεται στον «προθάλαμο» ο οποίος συνδέεται με τον κύριο θάλαμο (που είναι τοποθετημένος πάνω από την κορώνα του εμβόλου) μέσω ενός ακροφυσίου, ή ενός ή περισσοτέρων στομιών. Οι σχεδιασμοί μηχανών MEE χρησιμοποιούνται μόνο στα μικρότερα μεγέθη μηχανών. Σε κάθε κατηγορία υπάρχουν αρκετές διαφορετικές γεωμετρίες θαλάμων, ροές αέρα, και διευθετήσεις του ψεκασμού καυσίμου.

1.5.3.1 Συστήματα Ευθείας Έγχυσης

Στις μηχανές μεγαλύτερου μεγέθους, όπου οι απαιτήσεις ρυθμού ανάμιξης είναι λιγότερο αυστηρές, χρησιμοποιούνται τα αδρανή συστήματα ευθείας έγχυσης του τύπου που δείχνεται στην εικόνα 7-18. Η ορμή και η ενέργεια των ψεκαζόμενων πιδάκων του καυσίμου είναι επαρκής να επιτύχει επαρκή κατανομή του καυσίμου και ρυθμούς ανάμιξης με τον αέρα. Δεν απαιτείται επιπρόσθετη οργανωμένη κίνηση του αέρα. Το σχήμα του θαλάμου καύσης είναι συνήθως ένα ρηχό ημισφαιρικό κύπελλο στην κορώνα του εμβόλου, και χρησιμοποιείται ένας κεντρικός ψεκαστήρας πολλαπλών οπών.



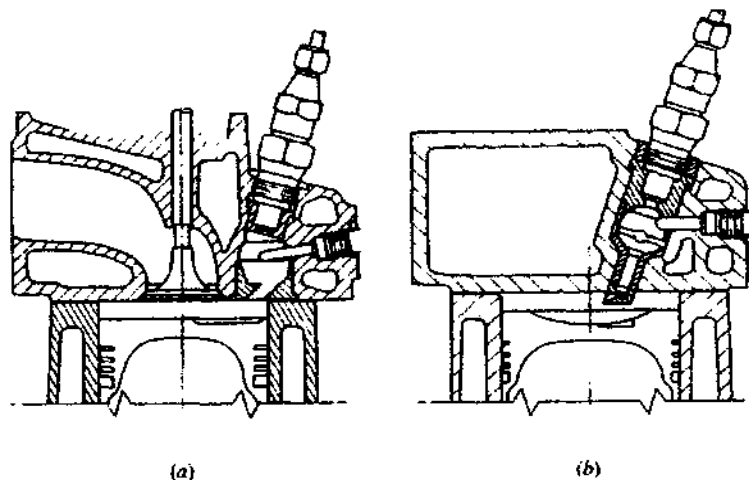
Εικόνα 1.16: Συστήματα Ευθείας Έγχυσης

Καθώς μειώνεται το μέγεθος της μηχανής, αυξανόμενες ποσότητες στροβιλισμών του αέρα χρησιμοποιούνται για να επιτευχθούν ταχύτεροι ρυθμοί ανάμιξης καυσίμου-αέρα. Ο στροβιλισμός του αέρα δημιουργείται από την κατάλληλη σχεδίαση του ανοίγματος εισαγωγής της έδρας της βαλβίδας. Ο ρυθμός στροβιλισμού μπορεί να αυξηθεί καθώς το έμβολο πλησιάζει το TC εξαναγκάζοντας τον αέρα να κινηθεί προς τον άξονα του κυλίνδρου, μέσα σε έναν τύπο θαλάμου καύσης με έμβολο με ημισφαιρικό βαθούλωμα. Η εικόνα b και c δείχνει τους δυο τύπους πετρελαιοκινητήρα με στροβιλισμό που χρησιμοποιούνται κατά κόρον. Το b δείχνει έναν πετρελαιοκινητήρα με στροβιλισμό, με ένα ακροφύσιο ψεκαστήρα πολλαπλών οπών κεντρικά τοποθετημένο. Εδώ ο στόχος σχεδιασμού είναι να διατηρηθεί η ποσότητα που εισβάλλει στα τοιχώματα του κυπέλλου του εμβόλου σε ένα ελάχιστο. Το c δείχνει το «σύστημα M» της M. A.N. με το ακροφύσιο ψεκαστήρα καυσίμου μονής οπής, προσανατολισμένο έτσι ώστε το περισσότερο καύσιμο εναποτίθεται στα τοιχώματα του ημισφαιρίου του εμβόλου. Αυτοί οι δυο τύποι σχεδιασμών χρησιμοποιούνται σε πετρελαιοκινητήρες μεσαίου μεγέθους (διαμέτρηση 10 με 15 cm) και με αυξημένο στροβιλισμό σε πετρελαιοκινητήρες μικρού μεγέθους (διαμέτρηση 8 με 10 cm).

1.5.3.2 Συστήματα μη Ευθείας Έγχυσης

Ο στροβιλισμός του αέρα που παράγεται κατά την εισαγωγή, παρά την ενίσχυση στο κύπελλο του εμβόλου, δεν προμηθεύει επαρκώς υψηλούς ρυθμούς ανάμιξης καυσίμου-αέρα για μικρούς πετρελαιοκινητήρες υψηλής ταχύτητας όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα. Στη θέση τους χρησιμοποιούνται τα συστήματα μη ευθείας έγχυσης ή διαιρεμένου θαλάμου, όπου η ζωνρή κίνηση του εισερχόμενου μίγματος που απαιτείται κατά τον ψεκασμό του καυσίμου παράγεται κατά τη φάση της συμπίεσης. Δυο ευρείες κατηγορίες συστημάτων MEE μπορούν να οριστούν: (1) συστήματα στροβιλισμού θαλάμου και (2) συστήματα προθαλάμου, όπως απεικονίζονται στην εικόνα 7-19a και b, αντίστοιχα.

Κατά τη συμπίεση, ο αέρας οδηγείται από τον κύριο θάλαμο πάνω από το έμβολο σε έναν βοηθητικό θάλαμο μέσω του ακροφυσίου ή της οπής (ή του συνόλου των οπών). Συνεπώς, προς το τέλος της συμπίεσης, μια ζωνή ροή εμφανίζεται στον βοηθητικό θάλαμο. Σε συστήματα στροβιλισμού θαλάμου το συνδέων πέρασμα και ο θάλαμος διαμορφώνονται έτσι ώστε αυτή η ροή μέσα στον βοηθητικό θάλαμο περιστρέφεται γοργά.



Εικόνα 1.17: Συστήματα μη Ευθείας Έγχυσης

Το καύσιμο συνήθως ψεκάζεται στο βοηθητικό θάλαμο σε πίεση συστήματος ψεκασμού χαμηλότερη από την τυπική των συστημάτων ΕΕ μέσω ενός ακροφυσίου πείρου στήριξης άξονα ως μονός πίδακας σταγονιδίων. Η καύση ξεκινά στον βοηθητικό θάλαμο. Η αύξηση της πίεσης που συσχετίζεται με την καύση αναγκάζει το υγρό να κινηθεί πίσω στον κύριο θάλαμο όπου ο πίδακας που εξέρχεται από το ακροφύσιο παρασύρεται και αναμιγνύεται με τον αέρα του κύριου θαλάμου καύσης. Τα μπουζί πυράκτωσης που φαίνονται στα δεξιά του προθαλάμου, είναι ένα βοήθημα κρύας εκκίνησης. Το μπουζί θερμαίνεται πριν το ξεκίνημα της μηχανής για να σιγουρέψει την ανάφλεξη του καυσίμου στην αρχή της διαδικασίας κίνησης του στροφάλου της μηχανής.

1.5.4 Περιστροφικός κινητήρας Βάνκελ



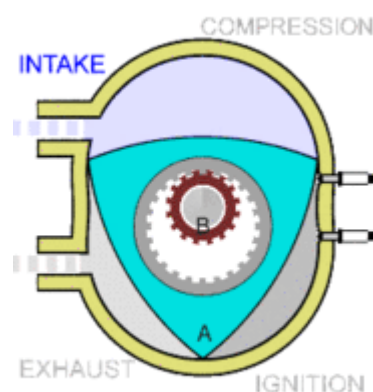
Εικόνα 1.18: κινητήρας Βάνκελ

Ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης με περιστροφικό έμβολο που αναπτύχθηκε στη Γερμανία είναι διαφορετικός σε δομή από τους συμβατικούς κινητήρες με παλινδρομικά έμβολα. Ο κινητήρας επινοήθηκε από τον Φέλιξ Βάνκελ και η κατασκευή του άρχισε το 1956.

Αντί για έμβολο ο κινητήρας Βάνκελ έχει έναν τροχιακό ρότορα, ισόπλευρο και περίπου τριγωνικό, που στρέφεται μέσα σ' έναν κλειστό θάλαμο, ενώ οι τρεις κορυφές του εφάπτονται συνεχώς πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του κελύφους. Μεταξύ του ρότορα και του

κελύφους σχηματίζονται τρεις ημισεληνοειδείς θάλαμοι, ο όγκος των οποίων μεταβάλλεται με την κίνηση του ρότορα. Ο όγκος αυτός μεγιστοποιείται όταν η πλευρά του ρότορα που σχηματίζει τον θάλαμο είναι παράλληλη προς τη δευτερεύουσα διάμετρο του κελύφους, ενώ ελαχιστοποιείται όταν η ίδια πλευρά του ρότορα καθορίζουν το σχήμα των θαλάμων καύσης και τον λόγο συμπίεσης.

Το καύσιμο μίγμα, προερχόμενο από έναν εξαεριωτήρα, εισέρχεται στους θαλάμους καύσης από μια θυρίδα εισαγωγής σε μία από τις ακραίες πλάκες του κελύφους. Σε μία από τις ακραίες πλάκες του κελύφους. Σε μία από τις επίπεδες πλευρές του κελύφους σχηματίζεται μια θυρίδα εξαγωγής. Ο σπινθηριστής βρίσκεται σε εσοχή που επικοινωνεί με τους θαλάμους μέσα από ένα στένωμα, στην απέναντι πλευρά του κελύφους. Βασικό πρόβλημα στο σχεδιασμό είναι η στεγανοποίηση στις κορυφές και τις παρειές του ρότορα.



Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του κινητήρα Βάνκελ είναι ο μικρός χώρος και το μικρό βάρος ανά μονάδα ισχύος, η στρωτή, χωρίς κραδασμούς αθόρυβη λειτουργία του καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής του, αποτέλεσμα της μηχανικής του απλότητας. Η απουσία αδρανειακών δυνάμεων από τα μέρη που παλινδρομούν και η κατάργηση των μυκητοειδών βαλβίδων επιτρέπουν λειτουργία σε πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες από ότι στους παλινδρομικούς κινητήρες. Η εισαγωγή νωπού μίγματος καυσίμων και η εξαγωγή των καυσαερίων είναι αποτελεσματικότερες, γιατί οι θυρίδες του ανοιγοκλείνουν ταχύτερα από ότι με μυκητοειδείς βαλβίδες, ενώ η ροή μέσα από αυτές είναι σχεδόν συνεχής.

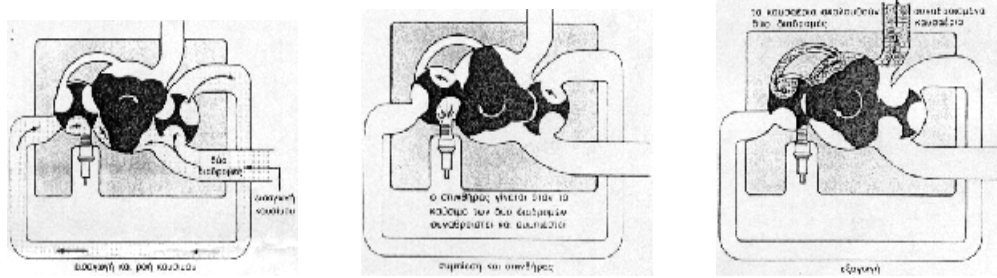
Η οικονομία σε καύσιμο είναι εφάμιλλη με εκείνη στις συμβατικές μηχανές, επιτρέποντας αθόρυβη καύση και μεγαλύτερη ποικιλία καυσίμων. Η μικρότερη μάζα και η χαμηλότερη θέση του κέντρου βάρους καθιστούν τον κινητήρα αυτόν ασφαλέστερο για αυτοκίνητα. Τα κινούμενα μέρη ενός κινητήρα Βάνκελ ανέρχονται στο ένα τρίτο περίπου από ότι σε τυπικό εξακύλινδρο κινητήρα.

1.5.5 Τριδύναμος (Tri-Dyne) περιστροφικός κινητήρας

Ο κινητήρας αυτός, βρετανικής επινοήσης αποτελείται από τρεις ρότορες, έναν για ισχύ, έναν για την καύση και έναν που λειτουργεί ως βαλβίδα φραγής. Ο πρώτος στρέφεται αντίστροφα από τον ρότορα της καύσης και τη βαλβίδα φραγής. Έχει τρεις λοβούς που εφαρμόζουν στους δύο άλλους ρότορες και συγκεκριμένα αντίστοιχα κοιλώματα της περιφέρειάς τους.

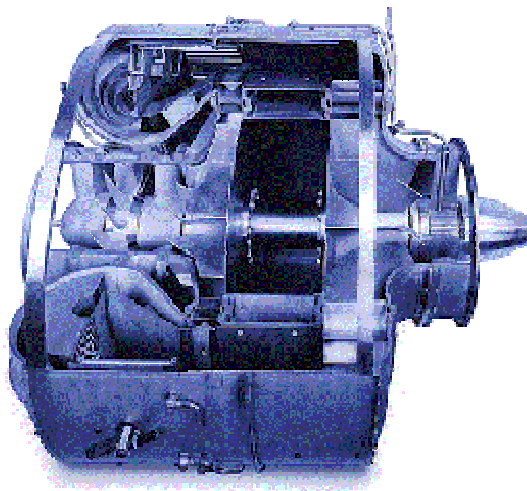
Τα κοιλώματα του ρότορα ισχύος σχηματίζουν τους θαλάμους καύσης. Οι ρότορες δεν αγγίζουν ο ένας τον άλλο, αλλά αλληλεπιδρούν έτσι ώστε να συνδέουν διαδοχικά τα κοιλώματα αυτά με τους σωλήνες εισαγωγής και εξαγωγής και να τα απομονώνουν κατά τη καύση. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας λειτουργίας δεν απαιτείται απόλυτη στεγανοποίηση των κοιλωμάτων. Δύο σπινθηριστές είναι προσαρμοσμένοι πάνω στο κελύφος σε τέτοια θέση ώστε να επικοινωνούν με τα κοιλώματα του ρότορα καύσης τη στιγμή του σπινθήρα. Το πλεονέκτημα του κινητήρα αυτού σε σχέση με τον κινητήρα Βάνκελ έγκειται στο ότι δεν χρειάζεται τη

στεγανοποίηση που απαιτεί ο τελευταίος και η οποία περιορίζει την ταχύτητα λειτουργίας και δυσχεραίνει τη λίπανση.



Εικόνα 1.19: Τριδύναμος περιστροφικός κινητήρας

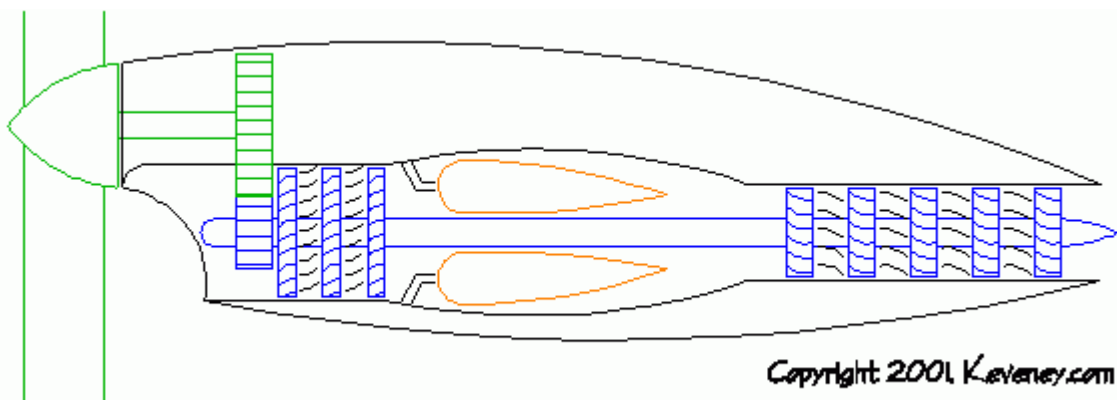
1.6 Ο αεριοστροβίλος



Πολλές από τις ατέλειες του παλινδρομικού κινητήρα οφείλονται στην ασυνεχή κίνηση και την περιοδική καύση.

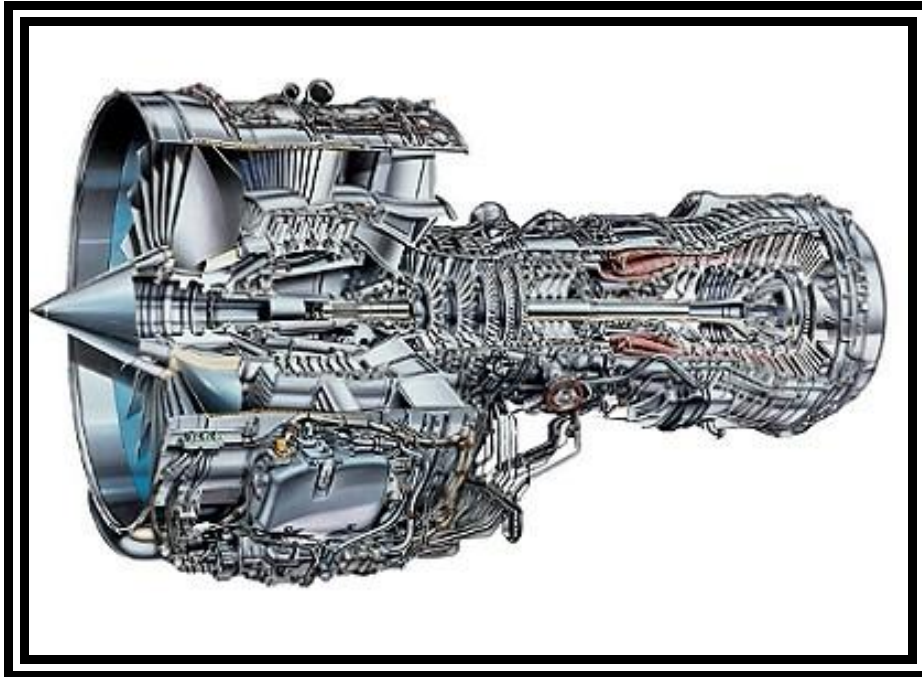
Η βασική αρχή του αεριοστροβίλου ήταν γνωστή από πολύ παλιά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το παιχνιδίστροβίλος του Ήρωνα του Αλεξανδρέα, περίπου στους χρόνους του Χριστού. Ουσιαστική όμως εξέλιξη του αεριοστροβίλου έγινε μόλις τον 20ό αιώνα.

Ο αεριοστροβίλος είναι μια απλή μονάδα παραγωγής ισχύος. Ένας συμπιεστής τροφοδοτεί συνεχώς με αέρα-σε πίεση τριπλάσια και εξαπλάσια περίπου της ατμοσφαιρικής-έναν θάλαμο καύσης μέσα στον οποίο ψεκάζεται καύσιμο. Τα καυσαέρια εκτονώνονται, στη συνέχεια κινώντας τον κατάλληλο στρόβιλο. Οι ρότορες του συμπιεστή και του στρόβιλου μπορεί να βρίσκονται πάνω στον ίδιο άξονα. Η ισχύς που αναπτύσσεται πέρα από εκείνη για την κίνησή του συμπιεστή είναι ωφέλιμη ισχύς του κινητήρα.



Copyright 2001, Keeney.com

1.7 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ Jet



Εικόνα 1.21: κινητήρας jet

Η τεχνολογία των κινητήρων φυγοκεντρικής ροής jet εφευρέθηκε κατά την διάρκεια του β/παγκόσμιου, και εξελίχθηκε μετέπειτα αντικαθιστώντας τα εμβολοφόρα μοτέρ των αεροσκαφών.

Όπως οι κινητήρες εσωτερικής καύσης βασίζονται στην λειτουργία **ΕΙΣΑΓΩΓΗ -ΣΥΜΠΙΕΣΗ -ΕΚΤΩΝΟΣΗ -ΕΞΑΓΩΓΗ** έτσι και οι κινητήρες φυγοκεντρικής ροής παράγουν την ενέργεια με **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΑΕΡΑ -ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΕΡΑ -ΚΑΥΣΗ -ΕΞΑΓΩΓΗ**.

Οι κινητήρες αυτού του τύπου κατασκευάζονται τα τελευταία χρόνια και υπό κλίμακα , και βασίζονται στην ίδια θεωρία των πραγματικών.

Ο τρόπος λειτουργίας των jet έχει ως εξής :

Την στιγμή που ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στην εισαγωγή του κινητήρα ,ο συμπιεστής επιτρέπει τον αέρα να περάσει μόνο προς το κέντρο του χωρίς μεγάλη ταχύτητα. Στην συνέχεια με την βοήθεια των πτερυγίων ο αέρας κινείται στην εξωτερική διάμετρο του συμπιεστή παράγοντας φυγοκεντρικές δυνάμεις περιστροφής αυξάνοντας την ταχύτητα του. Μετέπειτα ο αέρας περνάει στους διάχυτες που είναι ο μόνος δρόμος διαφυγής του .Η ενεργειακή ταχύτητα του αέρα μετατρέπεται σε ενέργεια πίεσης . Σε αυτή την φάση έχει ανέβει η θερμοκρασία του αέρα που συντελεί στο καλύτερο αποτέλεσμα κατά την διάρκεια της καύσης του . Ο ζεστός πλέον αέρας περνάει στον θάλαμο καύσης , ο οποίος αποτελείται από δυο θύλακες [δοχεία η αλλιώς καζανάκια] τα οποία είναι το ένα μέσα στο άλλο . Στο πρώτο κινείται ο ζεστός αέρας , και ανάμεσα του πρώτου και του δεύτερου υπάρχει η σωλήνωση του καυσίμου . Στην άκρη κάθε σωλήνωσης βρίσκονται μικρές

οπές από όπου διοχετεύεται το καύσιμο ,και στο σημείο αυτό υπάρχει το [μπουζί] με το οποίο δημιουργείται η έκρηξη .

Τα καυσαέρια που παράγονται από την έκρηξη αυξάνουν ταχύτητα και διαφεύγουν από το δεύτερο θύλακα ,οδηγούμενα από τα σταθερά πτερύγια που βρίσκονται μπροστά από την τουρπίνα .

Η ενεργεία έχει παραχθεί και τα καυσαέρια περνάνε στην ατμόσφαιρα από τον κώνο εξαγωγής όπου βρίσκονται τρία η τέσσερα σταθερά πτερύγια για την ομαλή έξοδο των καυσαερίων.

Αυτή ήταν μια απλή εξήγηση για την λειτουργία των κινητήρων jet, για να μπορέσει να κατανοήσει απλά ο κάθε αναγνώστης ,και να πάρει μια πρώτη εικόνα .

1.8 Αεροστρόβιλος



Εικόνα 1.22 : Αεροστρόβιλος

Στα συστήματα κλειστού κύκλου το εργαζόμενο μέσο (συνήθως ήλιο ή αέρας) κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Αυτό θερμαίνεται μέχρι την κατάλληλη θερμοκρασία σε εναλλάκτη θερμότητας, πριν από την είσοδό του στον αεροστρόβιλο, και ψύχεται μετά την έξοδο του. Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα ότι το ρευστό διατηρείται καθαρό, καθώς δε συμμετέχει στην καύση, και επομένως αποφεύγεται η μηχανική και χημική διάβρωση του αεροστροβίλου από τα προϊόντα της καύσεως. Η εξωτερική καύση επιτρέπει τη χρήση οποιοδήποτε καυσίμου όπως άνθρακα, απόβλητα βιομηχανιών ή πόλεων, βιομάζας, υγρών ή αέριων καυσίμων παραγόμενων από βιομάζα, κ.λ.π.

Άλλα πλεονεκτήματα των συστημάτων αεροστρόβιλου κλειστού κύκλου είναι η τουλάχιστον ίση αξιοπιστία με εκείνη των συστημάτων ανοικτού κύκλου, καθώς και η υψηλότερη διαθεσιμότητα τους χάρη στις μικρότερες απαιτήσεις συντηρήσεως, λόγω της καθαρότητας του εργαζόμενου ρευστού. Ακόμη, ενώ ο ολικός βαθμός (η) απόδοσης και ο λόγος ηλεκτρισμού προς θερμότητα (PHE) βρίσκονται περίπου στα ίδια επίπεδα, με εκείνους των συστημάτων ανοικτού κύκλου, πλεονεκτούν στο ότι ο

ηλεκτρικός βαθμός (n_e) απόδοσης όχι μόνον δε μειώνεται αλλά ενδεχομένως μπορεί και να αυξηθεί με την ύπαρξη αναγεννητικής προθερμάνσεως του εργαζόμενου μέσου. Ο ολικός βαθμός (n) απόδοσης σε μερικό φορτίο εξαρτάται κυρίως από το βαθμό απόδοσης της πηγής της θερμότητας.

1.9 Η θερμική μηχανή

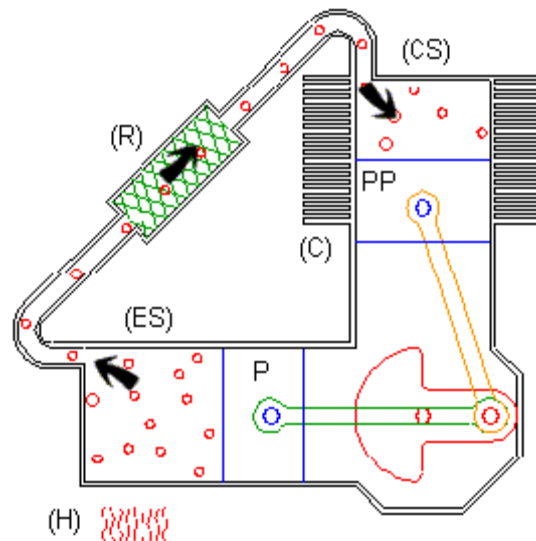
Η δικύλινδρη Stirling ανήκει στον Α τύπο διαμόρφωσης και είναι η απλούστερη από τις άλλες διαμορφώσεις. Αποτελείται από δύο κυλίνδρους. Ο ένας κύλινδρος αποτελεί το χώρο εκτόνωσης και ο άλλος τον χώρο συμπίεσης. Ο χώρος εκτόνωσης διατηρείται ζεστός με τη βοήθεια του θερμαντήρα (Heater) ενώ στο ίδιο χρονικό διάστημα ο χώρος συμπίεσης (συμπιεστής) διατηρείται κρύος με τη βοήθεια του ψύκτη (Cooler). Στον συμπιεστή υπάρχει το έμβολο ισχύος (Piston Power - PP) ενώ στον χώρο εκτόνωσης το έμβολο P που κινεί το εγκλωβισμένο εργαζόμενο αέριο (π.χ. Αέρας, Ήλιο, Υδρογόνο, Άζωτο) μεταξύ του θερμού και κρύου άκρου της μηχανής. Στη διαμόρφωση Β και Γ το έμβολο P αντικαθίσταται από τον εκτοπιστή (Displacer Piston - DP). Ο θερμαντήρας μπορεί να λειτουργεί με καιγόμενο καύσιμο (στερεό, υγρό ή αέριο), ηλεκτρική ενέργεια, πυρηνική ενέργεια καθώς επίσης και με ήπιες ή ανανεώσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. ηλιακή). Ο ψύκτης στην απλούστερη μορφή του μπορεί να έχει πετρώγια μπορεί όμως να χρησιμοποιεί και νερό σαν ψυκτικό υγρό όπως ακριβώς οι γνωστές μας μηχανές των αυτοκινήτων.

Μεταξύ του θερμαντήρα και του ψύκτη υπάρχει το σημαντικότερο τμήμα της μηχανής που είναι ο αναγεννητής (Regenerator). Ποια είναι όμως η μορφή του αναγεννητή και ποια είναι η λειτουργία του. Στην απλούστερη μορφή του είναι ένας μεταλλικός κύλινδρος ο οποίος στο εσωτερικό του περιέχει ένα θερμοαγώγιμο υλικό σε μορφή επάλληλων διάτρητων φύλλων ή σφαιριδίων ή νημάτων (όπως το σύρμα για τις κατσαρόλες). Τα υλικά αυτά που αποτελούν τη μήτρα του αναγεννητή (regenerator matrix) απορροφά και στη συνέχεια αποδίδει θερμότητα. Πράγματι:

- Όταν το θερμό αέριο μεταφέρεται από το θερμό χώρο (ES) στον ψυχρό (CS), ένα μέρος της εσωτερικής του ενέργειας κατακρατείται από τη μήτρα του αναγεννητή (R) και αποθηκεύεται σ' αυτήν.
- Όταν το κρύο αέριο επιστρέφει πίσω από τον ψυχρό χώρο (CS) στο θερμό χώρο (ES) με τη βοήθεια του εμβόλου P (ή του DP στις διαμορφώσεις Β και Γ), το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που είχε ήδη αποθηκευθεί στη μήτρα του αναγεννητή αποδίδεται στο αέριο. Έτσι ο αναγεννητής προψύχει και προθερμαίνει το εργαζόμενο αέριο, βελτιώνοντας θεαματικά την απόδοση της μηχανής.

Τα κύρια λοιπόν μέρη της μηχανής κατά σειρά είναι:

- i) Χώρος Συμπίεσης (CS), ii) Ψύκτης (C), iii) Αναγεννητής (R), iv) Θερμαντήρας (H), v) Χώρος Εκτόνωσης (ES).**



Εικόνα_1.23: θερμική μηχανή Stirling

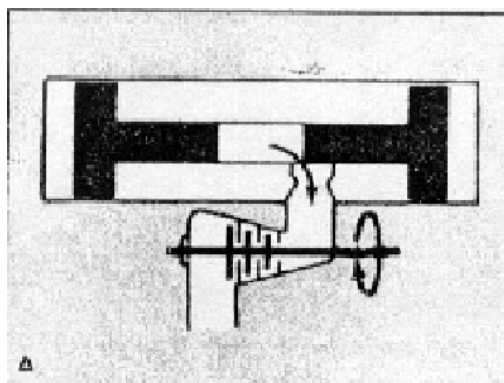
Πώς μπορούμε όμως να πραγματοποιήσουμε αυτόν το θερμοδυναμικό κύκλο; Όταν ένα αέριο είναι κλεισμένο σε έναν κύλινδρο και μετακινείται στο θερμό μέρος του κυλίνδρου, αυξάνεται η πίεσή του και επιδιώκει να διασταλεί. Έτσι μπορεί να παράγει ενέργεια μέσω έργου. Αντίθετα, όταν το αέριο αναγκάζεται να πάει στο κρύο μέρος του κυλίνδρου, ψύχεται και συστέλλεται, καταναλώνοντας ενέργεια.. Το αέριο παράγει περισσότερη ενέργεια μέσω έργου κατά την εκτόνωση σε σχέση με αυτή που χρειάζεται κατά την συμπίεσή του. Το αλγεβρικό άθροισμα των δύο αυτών ενεργειών κατά την διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας είναι η καθαρή παραγόμενη ενέργεια ανά κύκλο από τη μηχανή (σε J/κύκλο) την οποία αν στη συνέχεια πολλαπλασιάσουμε με τη συχνότητα λειτουργίας της μηχανής (σε κύκλους/s) υπολογίζουμε την ισχύ της (σε W).

1.9.1 Ενδεικτικές εφαρμογές των θερμικών μηχανών Stirling

Μηχανές Stirling έχουν τοποθετηθεί πειραματικά, σε μικρά σκάφη αναψυχής, σε φορτηγά αυτοκίνητα, σε λεωφορεία και σε μικρά επιβατικά. Μεγάλες εταιρίες (GENERAL MOTORS, FORD, PHILIPS, MAN, UNITED STIRLING, FIAT) έχουν συνεργαστεί επιτυχώς για το σκοπό αυτό. Ωστόσο δεν είναι δυνατόν, τουλάχιστον προς το παρόν, να εκτοπίσουν τις MEK (βενζινομηχανές και πετρελαιομηχανές) λόγω της μακροχρόνιας εξέλιξής των. Σήμερα οι μηχανές Stirling έχουν εφαρμογές ευρέως φάσματος από παροχή ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση βιομάζας σε μικρές αγροτικές μονάδες έως το να κινούν υποβρύχια ή να παρέχουν επικουρικό ή ακόμα και κύριο ενεργειακό έργο σε διαστημικά οχήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1.10 Ο κινητήρας ελεύθερου εμβόλου

Στον κινητήρα αυτόν τα έμβολα δε συνδέονται στη ίδια άτρακτο, όπως σε ένα συμβατικό κινητήρα. Αντίθετα, τα καυσαέρια μεταδίδουν την ισχύ τους σε έναν στρόβιλο. Κατασκευασμένος αρχικά ως αεροσυμπιεστής, ο κινητήρας αυτός χρησιμοποιήθηκε συστηματικά για πρώτη φορά από τους Γερμανούς κατά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο για την εκτόξευση τορπιλών. Το προς καύση μίγμα αναφλέγεται από τη θερμότητα της συμπίεσης και όχι από σπινθηριστή.



Εικόνα 1.24: κινητήρας ελεύθερου εμβόλου

1.11 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ

Τα πλεονεκτήματά του κινητήρα εσωτερικής καύσης του έδωσαν τη δυνατότητα να εκτοπίσει τους άλλους τύπους κινητήρων (εξωτερικής καύσης, ηλεκτροκινητήρες) και να αποτελεί εδώ και έναν αιώνα τον κυρίαρχο τύπο κινητήρα αυτοκινήτων, βρίσκοντας παράλληλα και μια σειρά άλλες εφαρμογές

Οι κλασικοί τετράχρονοι εμβολοφόροι κινητήρες εσωτερικής καύσης δεν έπαψαν ποτέ να εξελίσσονται. Αρχικά στόχος των μηχανικών ήταν η αύξηση της ισχύος και της αξιοπιστίας των κινητήρων, σήμερα όμως που είναι γνωστοί πάρα πολλοί τρόποι αύξησης της ισχύος και πρόβλημα αξιοπιστίας πλέον δεν τίθεται, οι προσπάθειες των μηχανικών είναι προσανατολισμένες στη μείωση της κατανάλωσης και στον περιορισμό των εκπομπών βλαβερών ουσιών, στην ατμόσφαιρα.

1.11.1 Βιοκαύσιμα

Το επόμενο βήμα, είναι η παραγωγή καυσίμων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ένα τέτοιο είναι και το SunFuel, το οποίο παράγεται από βιομάζα και κυτταρική αιθανόλη και χαρακτηρίζεται ως δεύτερης γενιάς βιοκαύσιμο. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στο περιβάλλον κατά την καύση του είναι αντίστοιχη με την ποσότητα που απορροφάται από τα φυτά από τα οποία παράγεται η βιομάζα.

Αυτή με τη σειρά της αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή του SunFuel. Αυτό μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί και σε συμβατικούς παλαιότερους πετρελαιοκινητήρες χωρίς καμία τροποποίηση, πετυχαίνοντας μείωση εκπεμπόμενων σωματιδίων κατά 30%, ενώ με κάποιες ρυθμίσεις του injection μειώνονται και τα παραγόμενα οξείδια του αζώτου κατά 30%. Το επόμενο βήμα στον τομέα των βιοκαυσίμων είναι η ανάπτυξη ειδικών κινητήρων εσωτερικής καύσης CCS (Combined Combustion System) για βιοκαύσιμα, συνδυάζοντας την οικονομία των σημερινών πετρελαιοκινητήρων με την ποιότητα καυσαερίων των κινητήρων βενζίνης.

1.11.2 Υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα

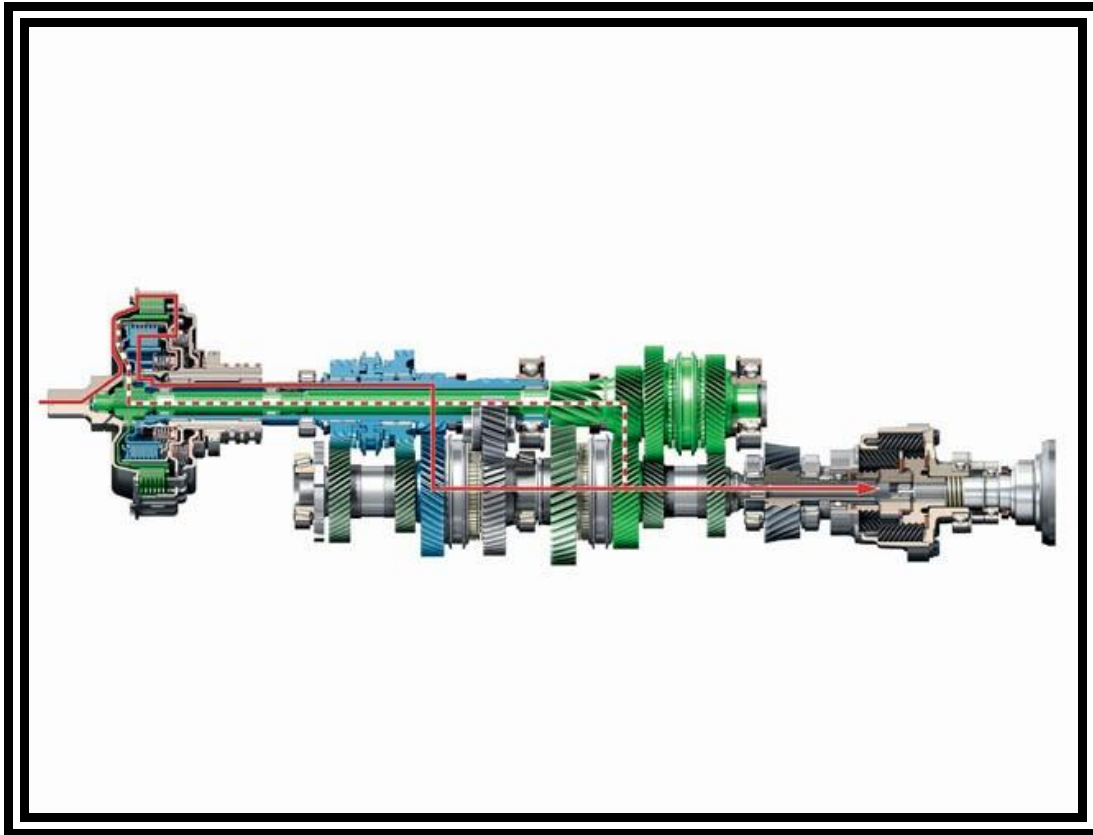
Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες στην αυτοκίνηση και έχει δοθεί, σημαντική προτεραιότητα στην εύρεση εναλλακτικών τρόπων μετακίνησης, με την κατασκευή και εξέλιξη υβριδικών ή ηλεκτρικών οχημάτων. Υβριδικά οχήματα ήδη κυκλοφορούν στους δρόμους, αφού υπάρχουν μοντέλα ευρείας παραγωγής, όπως το Honda Insight και το Toyota Prius. Ωστόσο, ακόμα και αυτά τα αυτοκίνητα καταναλώνουν βενζίνη και φυσικά εκπέμπουν ρύπους, έστω και αν αυτοί είναι μειωμένοι.

Από την άλλη, τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα χαρακτηρίζονται μεν "οχήματα μηδενικών ρύπων", εντούτοις οι κατασκευαστές τους δεν είναι ακόμη σε θέση να αντιμετωπίσουν τα μειονεκτήματα της περιορισμένης αυτονομίας τους, του μεγάλου βάρους των μπαταριών και του χρόνου που απαιτείται για τη φόρτισή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

**ΜΕΤΑΔΟΣΗ-ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

2.1 ΜΕΤΑΔΟΣΗ-ΚΙΒΩΤΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ



Εικόνα 2.1: κιβώτιο ταχυτήτων

ΕΙΔΗ ΚΙΒΩΤΙΩΝ

2.1.1 Το κλασικό χειροκίνητο

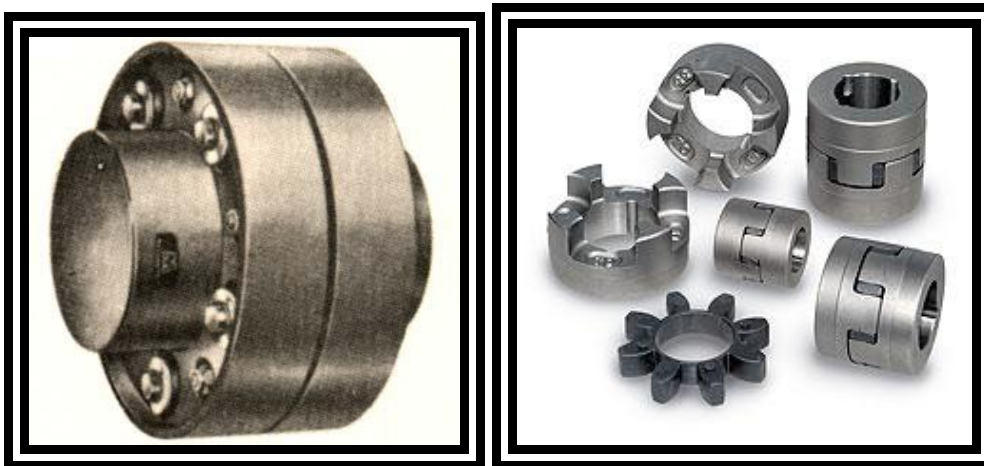
Τα βασικά στοιχεία ενός κιβωτίου είναι οι άξονες και τα γρανάζια, οπότε ας δούμε κατά σειρά πώς είναι τοποθετημένα και πώς τελικά επιλέγεται η κάθε σχέση σε ένα τυπικό κιβώτιο.

Αφού η ισχύς περάσει από το στροφαλοφόρο άξονα στο συμπλέκτη (ή τέλος πάντων όση ισχύς περάσει ανάλογα με τη σύμλεξη/αποσύμλεξη και το πατινάρισμα του δίσκου), στη συνέχεια εισέρχεται στο κιβώτιο μέσω του 'κινητήριου πρωτεύοντα άξονα', οποίος στην άκρη του διαθέτει πακτωμένο το 'γρανάζι εισόδου'. Μετά η κίνηση μεταδίδεται μέσω ενός επίσης πακτωμένου γραναζιού σε έναν άξονα παράλληλο με τον πρωτεύοντα, ο οποίος ονομάζεται 'δευτερεύων'. Η εμπλοκή των δυο αξόνων είναι μόνιμη, δηλαδή όταν περιστρέφεται ο κινητήρας και ο συμπλέκτης δεν είναι πατημένος, περιστρέφεται και ο δευτερεύων άξονας. Εκτός από το ακριανό γρανάζι εισόδου του, ο δευτερεύων άξονας διαθέτει κατά μήκος του τα γρανάζια

υποπολλαπλασιασμού των στροφών του κινητήρα. Τα γρανάζια αυτά εμπλέκονται με τα αντίστοιχα γρανάζια του δεύτερου ‘μισού’ του πρωτεύοντα, του ‘κινούμενου πρωτεύοντα άξονα’.

Ο κινούμενος και ο κινητήρας πρωτεύων αποτελούν τα δυο μέρη του ίδιου άξονα, τα οποία ωστόσο είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους ως προς την περιστροφή. Σε κάθε γρανάζι υποπολλαπλασιασμού του δευτερεύοντος αντιστοιχεί ένα γρανάζι του κινούμενου πρωτεύοντα, με κάθε ζευγάρι να αποτελεί και μια σχέση μετάδοσης :το ζεύγος γραναζιών της 1ης, της 2ας κ.ο.κ. Τα γρανάζια του κινούμενου πρωτεύοντα είναι τα μονά που δεν είναι πακτωμένα πάνω στην άτρακτο του άξονα, αλλά μπορούν να περιστρέφονται ‘τρελά’ (‘στον αέρα’).

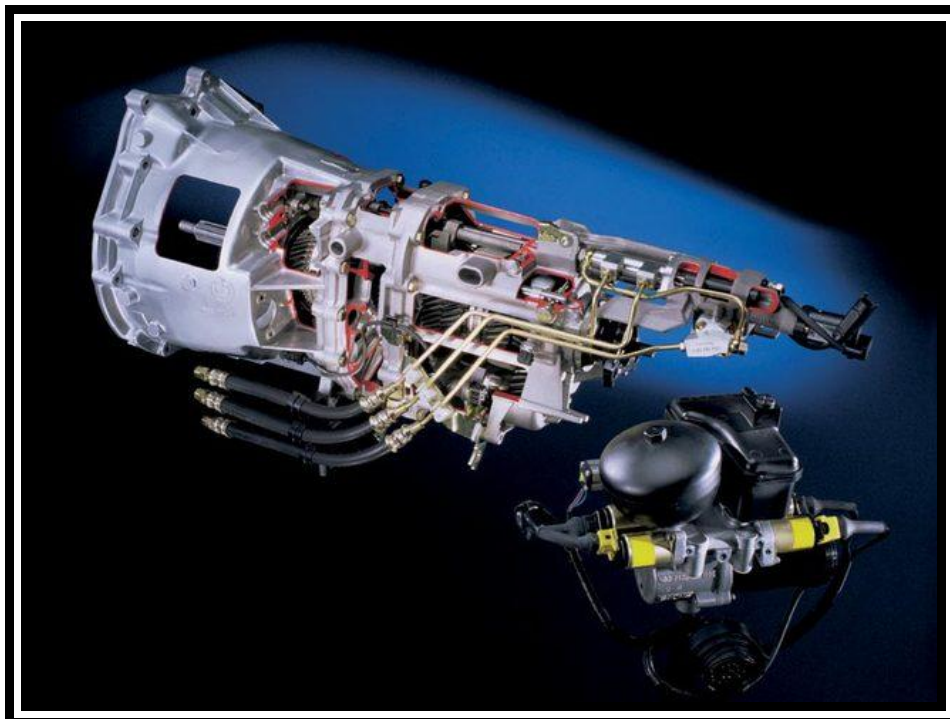
2.1.1.1 Κόμπλερ



Εικόνα 2.2: Κόμπλερ

Το κόμπλερ βρίσκεται ανάμεσα στα γρανάζια του κινούμενου πρωτεύοντα και διαθέτει πολύσφηνο στο κέντρο του άξονα του (‘αφαλός’), μέσω του οποίου περιστρέφεται μαζί με αυτόν και παράλληλα όμως μπορεί να κινείται κατά μήκος του. Οι πλευρικές επιφάνειες του κάθε κόμπλερ έχουν οδόντωση η οποία εμπλέκεται με την αντίστοιχη δευτερεύουσα οδόντωση του ανάλογου γραναζιού εξόδου του κινούμενου πρωτεύοντα. Κινούμενο δηλαδή κατά μήκος του πρωτεύοντα, το κόμπλερ ‘κολλάει’ πάνω στο γρανάζι της εκάστοτε σχέσης (προσωρινό συσσωμάτωμα) το οποίο τώρα πλέον μπορεί να μεταφέρει ισχύ από το δευτερεύοντα προς το διαφορικό αφού δεν είναι πλέον ‘στον αέρα’. Έτσι, αυτό που κινεί ο γνώριμος επιλογέας στην κεντρική κονσόλα είναι τα κόμπλερ, δεδομένου ότι αυτά είναι υπεύθυνα για την εμπλοκή της σχέσης που εμείς επιλέγουμε. Η σύνδεση επιλογέα-κόμπλερ φυσικά δεν είναι άμεση αφού μεσολαβεί κάποια απόσταση μεταξύ τους, αλλά γίνεται μέσω των λεγόμενων ‘φουρκετών’. Κάθε φουρκέτα είναι πακτωμένη πάνω σε ένα αξονάκι, που κινείται εμπρός – πίσω με βάση τις προσταγές του λεβιέ ταχυτήτων. Τα αξονάκια λοιπόν κουμαντάρει ο δευτερεύων μηχανισμός του επιλογέα, ο οποίος ενσωματωμένος στο σασμάν, και αυτός με τη σειρά του κινείται από τον πρωτεύοντα μηχανισμό του επιλογέα, που δεν είναι άλλος από το λεβιέ ταχυτήτων δίπλα από τον οδηγό. Το λεβιέ συνδέεται με τον υπόλοιπο επιλογέα είτε με ράβδους (ντίτζες) είτε με συρματόσχοινα.

2.1.2 Ημιαυτόματα



Εικόνα 2.3: s m g

Η βασική ιδέα πίσω από αυτά τα κιβώτια είναι η εξής: μέσω ηλεκτροϋδραυλικών ή/ και μηχανοτρονικών διατάξεων, απαλλάσσουμε τον οδηγό από το χειρισμό του συμπλέκτη και του επιλογέα.

Αυτό που χρειαζόμαστε είναι μια διάταξη αισθητήρων (sensors, μετατροπής μηχανικών σημάτων σε ηλεκτρικά), επενεργητών (actuators, μετατροπής ηλεκτρικών σημάτων σε μηχανικά), υδραυλικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα και μια μικρή ECU για να κουμαντάρει τα παραπάνω. Οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία ημιαυτόματων κιβωτίων αφορούσαν την αντικατάσταση του συμπλέκτη από υδραυλικό μετατροπέα ροπής (ίδιο με αυτόν των κλασικών αυτομάτων κιβωτίων), την παράλληλη συμβίωση συμπλέκτη τριβής και μετατροπέα ροπής ή, ακόμα και τη χρήση φυγοκεντρικού συμπλέκτη (και μάλιστα με αρκετή επιτυχία σε δεκάδες χιλιάδες Citroen 2CV). Οι πρώτες τέτοιες εφαρμογές λανσαρίστηκαν τη δεκαετία του '50 από αμερικανούς κατασκευαστές, ενώ στην Ευρώπη τέτοια ημιαυτόματα κιβώτια έκαναν την εμφάνιση τους τη δεκαετία του '60. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών επετράπη ο έλεγχος των πολύπλοκων διατάξεων: αρχικά αυτοματοποιήθηκε με μηχανοτρονικά μέσα μόνο η λειτουργία του συμπλέκτη και η μηχανική σύνδεση του επιλογέα με το κιβώτιο εξακολουθούσε να υπάρχει.



Εικόνα 2.4: Citroen 2CV



Εικόνα 2.5: A-Class

Μια από τις πρώτες και γνωστότερες εφαρμογές ήταν το σύστημα Sensonic της Sachs που τοποθετήθηκε στο Saab 900 του 1995, ενώ ακολούθησε το Renault Twingo Easy του 1996 και η πρώτη γενιά A-Class. Το πρώτο χειροκίνητο κιβώτιο με πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία σε αυτοκίνητο παραγωγής ήταν το SMG (Sequenziellen M Getriebe ή αλλιώς Sequential M Gearbox), που η BMW τοποθέτησε στην M3 E36 το 1996.

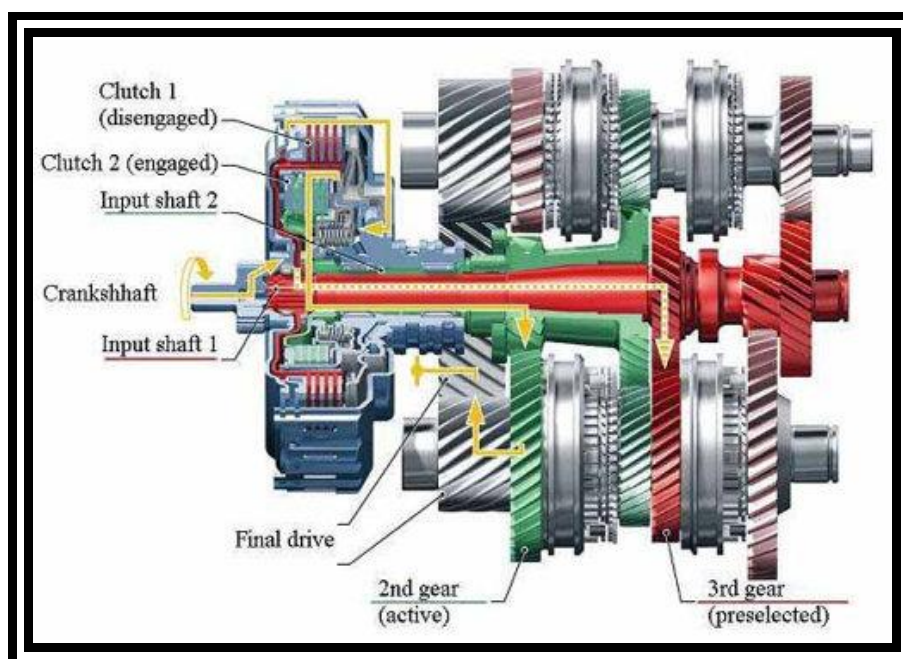


Εικόνα 2.6: Saab 900

Εικόνα 2.7:
Renault Twingo Easy

Εικόνα 2.8: M3 E36

2.1.3 Κιβώτιο DSG



Εικόνα 2.9: Κιβώτιο DSG

Πρόκειται για κατηγορία ‘ημιαυτόματων’ κιβωτίων που διαθέτουν τη βασική φιλοσοφία των μηχανικών αλλά οι συμπλέκτες είναι δυο αντί για ένας. Βασικός στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο νεκρός χρόνος της αλλαγής όπου η ισχύς προς τους τροχούς διακόπτεται, χαρακτηριστικό που διαθέτουν όλα τα μηχανικά κιβώτια έστω και σε ελάχιστη κλίμακα. Η ιδέα είναι ο ένας συμπλέκτης να αναλάβει τις μισές σχέσεις και ο άλλος τις υπόλοιπες, έτσι ώστε όταν έχει επιλεγεί μια x σχέση, η $x+1$ να



Εικόνα 2.10: Porsche 956

αρχικά στα TT, A3 και Golf με τον 3.2 V6 κινητήρα, ενώ πρόσφατα προωθήθηκε και σε άλλα μοντέλα του Group. 150.000.000 ευρώ επενδύθηκαν στην εξέλιξη του κιβωτίου, ενώ η παραγωγική δυναμικότητα του εργοστασίου της VW στο Kassel έφτανε τα 1.000 κιβώτια την ημέρα.

Ως βάση για το DSG (αρχιτεκτονική, γρανάζια, συγχρονιζέ) χρησιμοποιήθηκε το εξατάχτο MQ 350/02M350 του Group το οποίο έχει έναν παραπάνω άξονα από το συμβατικό: διαθέτει έναν πρωτεύοντα αλλά δυο δευτερεύοντες! Το απλό χειροκίνητο κιβώτιο ζυγίζει συνολικά 60kg, ενώ με την προσθήκη των εξαρτημάτων του DSG το βάρος του έφτασε τα 90kg. Ο πρωτεύοντας άξονας αποτελείται από δυο ομόκεντρα κομμάτια, με το ένα να βρίσκεται μέσα στο άλλο. Το πρώτο, εξωτερικό κομμάτι διαθέτει τα γρανάζια της 2ας και το κοινό της 4^{ης}-6^{ης}. Μέσα από το 'κούφιο' κομμάτι περνάει το δεύτερο κομμάτι του πρωτεύοντα όπου διαθέτει τα γρανάζια της 1^{ης}, της 3^{ης}, της 5^{ης} και την όπισθεν. Στο άκρο της εισόδου καθενός κομματιού του πρωτεύοντα συνδέεται ένας ξεχωριστός πολύδισκος υγρός συμπλέκτης, με άλλα λόγια υπάρχει ένας συμπλέκτης για τις μονές σχέσεις και ένας για τις ζυγές. Οι δυο συμπλέκτες είναι εμβαπτισμένοι σε λάδι για καλύτερη απαγωγή θερμότητας, ενώ ανάλογα με τη θερμοκρασία τους που ελέγχεται από αισθητήρα στο κέλυφος του κιβωτίου, η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου καθορίζει την παροχή της αντλίας λαδιού του κιβωτίου. Η μέγιστη παροχή της αντλίας ανέρχεται στα 20lt/min και επιτρέπει θερμικές απώλειες μέχρι 70KW (95,2PS!) στους δυο συμπλέκτες χωρίς να περάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας τους στο λάδι, το οποίο είναι κοινό για τους συμπλέκτες και για το υδραυλικό σύστημα αλλαγής σχέσεων.

είναι και αυτή εμπλεγμένη και ετοιμοπόλεμη. Η σκέψη υπήρχε και πριν τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, όμως οι πρώτες πραγματικά επιτυχημένες εφαρμογές έγιναν τη δεκαετία του '80 σε αγωνιστικό επίπεδο με το κιβώτιο διπλού συμπλέκτη που διέθεταν οι Porsche 956.

Το DSG εξελίχτηκε από την BorgWarner και σε συνεργασία με το Volkswagen Group τοποθετήθηκε



Εικόνα 2.11: A3 3.2 V6

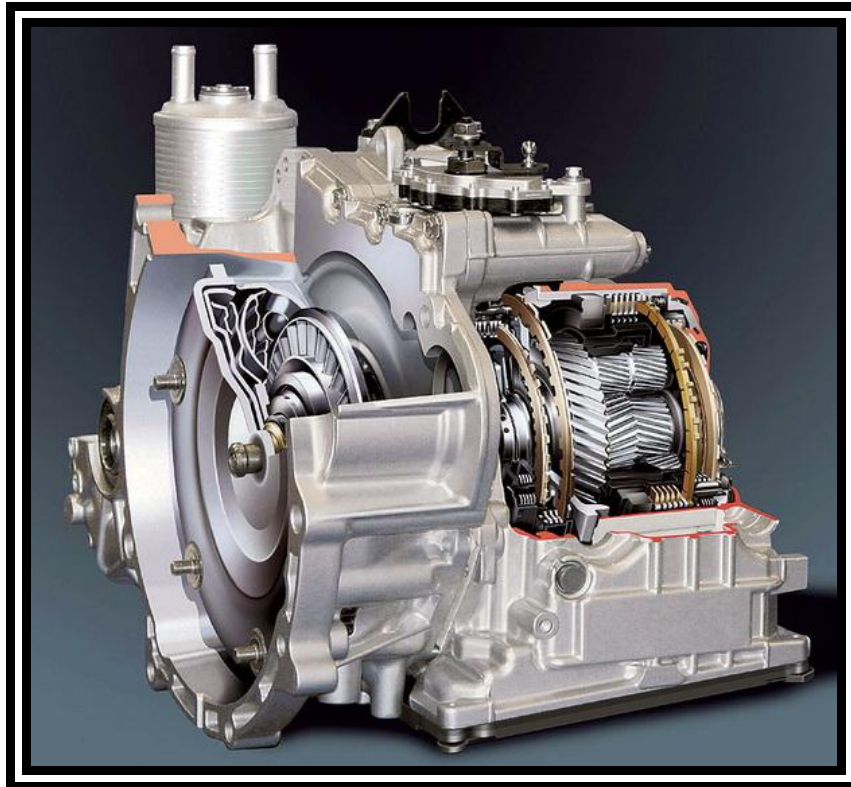


Εικόνα 2.12: TT 3.2 V6



Εικόνα 2.13: Golf 3.2 V6

2.1.4 Αυτόματα κιβώτια



Εικόνα 2.14: αυτόματο κιβώτιο

Τα πρώτα αυτοκίνητα παραγωγής με αυτόματο κιβώτιο παρουσιάστηκαν από την Oldsmobile, το 1940 (HydraMatic), ενώ παγκοσμίως μεγάλο ποσοστό των αγοραστών προτιμάει τα αυτόματα κιβώτια. Στις ΗΠΑ μάλιστα το ποσοστό των αυτοκινήτων που πωλούνται με αυτόματα κιβώτια υπερβαίνει το 50%.

Το αυτόματο κιβώτιο διαφέρει εντελώς από το μηχανικό: η πρώτη διαφορά αφορά στην έλλειψη συμπλέκτη τριβής επειδή απλά δεν χρειάζεται να υπάρχει σύστημα απομόνωσης της μετάδοσης από τον κινητήρα. Σε ένα μηχανικό σασμάν (χειροκίνητο ή αυτοματοποιημένο) η ροή ισχύος διακόπτεται έστω και στιγμιαία για να γίνει εναλλαγή των γραναζιών, δηλαδή δεν μπορεί να γίνει αλλαγή υπό φορτίο. Γι' αυτό το λόγο και χρειάζονται τη συνοδεία συμπλέκτη. Για λόγους που θα δούμε παρακάτω, στα αυτόματα σασμάν η ροή ισχύος δεν διακόπτεται και έτσι οι αλλαγές είναι ομαλότερες. Στη θέση του συμπλέκτη τριβής, τα αυτόματα κιβώτια έχουν το 'μετατροπέα ροπής' για την εξισορρόπηση της διαφοράς ταχύτητας κινητήρα και μετάδοσης. Ο μετατροπέας ροπής είναι ένα υδροδυναμικό σύστημα σύμπλεξης που αποτελείται ουσιαστικά από μια διάταξη τριών φτερωτών μέσα σε ένα κέλυφος



Εικόνα 2.15: Oldsmobile 1940 HydraMatic



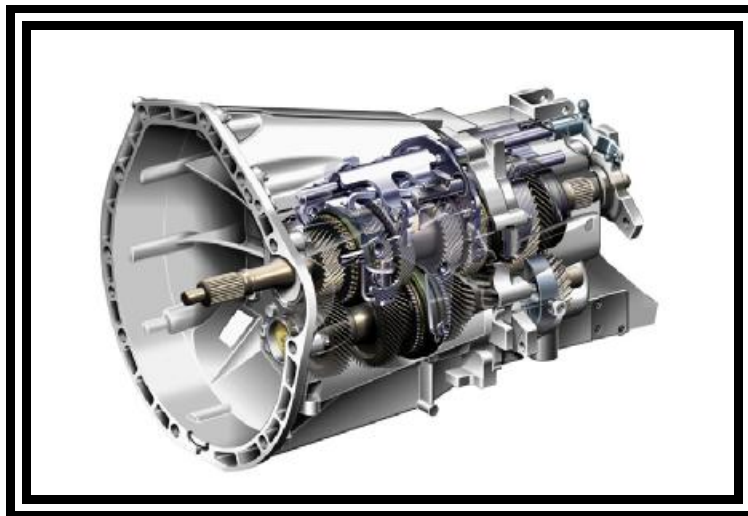
Εικόνα 2.15: Oldsmobile 1940 HydraMatic

γεμάτο ειδικό, σχετικά λεπτόρρευστο λάδι (ATF – Automatic Transmission Fluid).

Το κέλυφος του μετατροπέα είναι πακτωμένα στο βολάν του κινητήρα και έτσι γυρνάει στις ίδιες στροφές με αυτόν. Στην επιφάνεια του κελύφους είναι πακτωμένα πτερύγια τα οποία μαζί με το κέλυφος γυρνάνε και αυτά με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Το υδραυλικό κύκλωμα ενός αυτόματου κιβωτίου είναι τρομερά περίπλοκο και ο μεγάλος αριθμός των υποσυστημάτων του είναι ο βασικός λόγος ‘μεγάλου όγκου’ των κιβωτίων του είδους. Τα βασικά στοιχεία-υποσυστήματα ενός αυτόματου κιβωτίου μαζί με τις λειτουργίες τους είναι τα εξής:

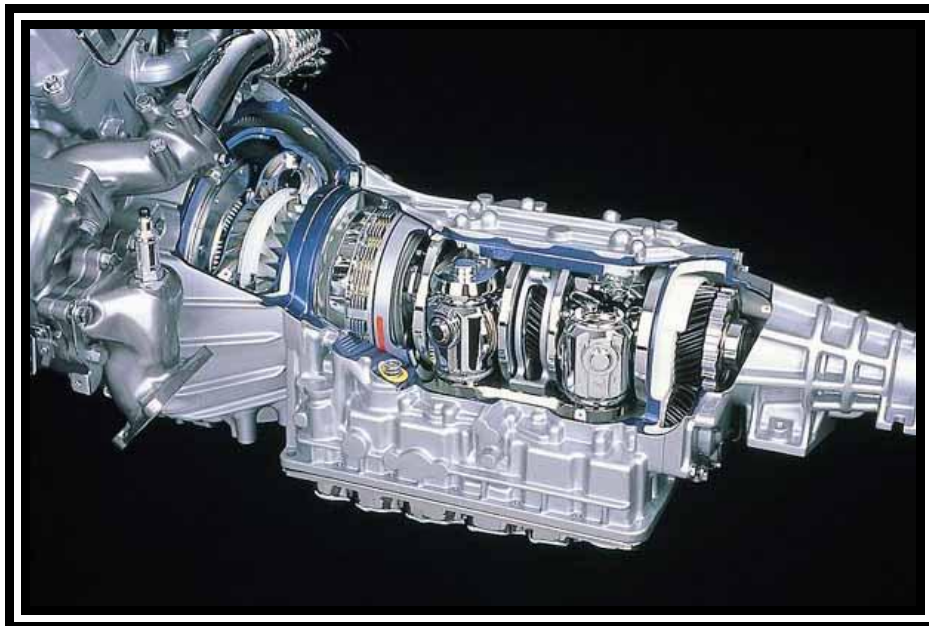
- 1) Η γραναζωτή αντλία λαδιού (gear pump), η οποία βρίσκεται στο κέλυφος του κιβωτίου, τραβάει λάδι από το ‘κάρτερ’ του κιβωτίου και το διοχετεύει στο υδραυλικό κύκλωμα, το ψυγείο του κιβωτίου και το μετατροπέα ροής.
- 2) Η βαλβίδα που ‘ενημερώνει’ το κιβώτιο για την ταχύτητα του οχήματος (governor). Είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του κιβωτίου και όσο γρηγορότερα γυρνάει η έξοδος τόσο περισσότερο λάδι αφήνει η βαλβίδα να περάσει.
- 3) Η βαλβίδα θέσης επιλογέα, η οποία ‘ανιχνεύει’ τη θέση που ο οδηγός έχει τοποθετήσει τον επιλογέα (τα γνωστά N, R, D, P για όσους έχουν έρθει σε επαφή με αυτόματο κιβώτιο).
- 4) Η βαλβίδα κενού (vacuum modulator), όπου μέσω της υποπίεσης στην εισαγωγή ‘καταλαβαίνει’ το άνοιγμα της πεταλούδας, δηλαδή το λεγόμενο ‘φορτίο’ του κινητήρα. Μαζί με τη βαλβίδα (2) πιο πάνω, καθορίζουν τα σημεία αλλαγής σχέσης.
- 5) Οι βαλβίδες αλλαγής σχέσεων που ασκούν υδραυλική πίεση στους συμπλέκτες και τους ιμάντες/τανιοπέδες και είναι υπεύθυνες για την κίνηση των μερών του πλανητικού συστήματος και επομένως της κατάλληλης σχέσης.
- 6) Η βαλβίδα του kickdown. Η λειτουργία ‘kickdown’ των αυτόματων κιβωτίων πρόκειται για το άμεσο κατέβασμα ταχύτητας όταν ο οδηγός βυθίζει το γκάζι στο πάτωμα. Η βαλβίδα του kickdown ανιχνεύει το απότομο πάτημα του δεξιού πεντάλ και δίνει εντολή για κατέβασμα σχέσης.



Εικόνα 2.16: αυτόματο κιβώτιο

Όπως συνέβη σε όλους τους τομείς του αυτοκινήτου, έτσι και στα αυτόματα κιβώτια η επέλαση των ηλεκτρονικών ήταν ραγδαία. Ενώ τα παλαιότερα αυτόματα κιβώτια ήταν καθαρά μηχανικά και τα σήματα προς και από τους αισθητήρες και τους επενεργητές καθαρά αναλογικά (υδραυλικές μετατοπίσεις), τα σύγχρονα αυτόματα κιβώτια έχουν ηλεκτρονικό έλεγχο των υποσυστημάτων τους. Μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχει τα ψηφιακά πλέον σήματα αισθητήρων και τους επενεργητές, ενώ μέσω αλγορίθμων ‘fuzzy logic’ (ασφαλής λογική) τα κιβώτια σήμερα μπορούν να ‘μαθαίνουν’ το οδηγικό στυλ του οδηγού.

2.1.5 Κιβώτιο CVT

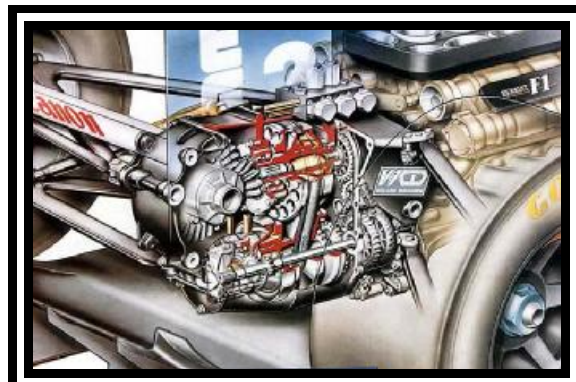


Εικόνα 2.17: torodial CVT

Τα πρώτα σχέδια CVT διατάξεων χρονολογούνται 500 χρόνια πριν, από τον Leonardo da Vinci!!! Εφαρμογές CVT κιβωτίων σε πειραματικό στάδιο έλαβαν χώρα τον 18^ο και 19^ο αιώνα, όμως η πρώτη ευρεία εμπορική εφαρμογή έγινε από την DAF, το 1958. Βασικό πρόβλημα των CVT στις πρώτες φάσεις εξέλιξης τους ήταν τα προβλήματα αξιοπιστίας σε εφαρμογές που απαιτούσαν το κιβώτιο να διαχειρισθεί σοβαρή ροπή. Σταδιακά κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 τα προβλήματα άρχισαν να βρίσκουν λύσεις και μάλιστα το 1993, η Williams δοκίμασε κιβώτιο CVT στην FW 15C σε δοκιμαστικό επίπεδο!

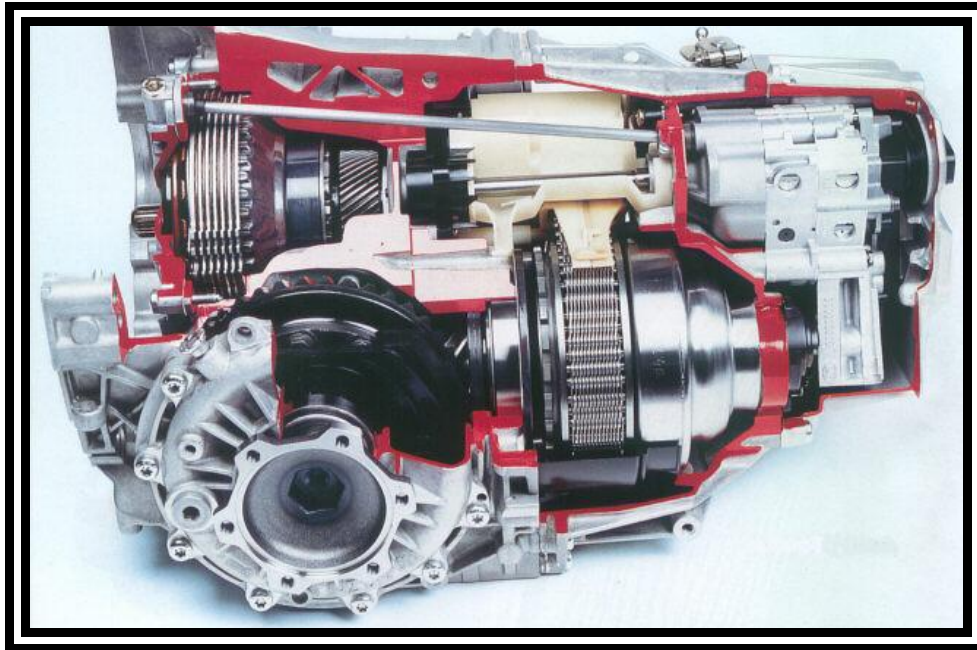


Εικόνα 2.18: Leonardo da Vinci



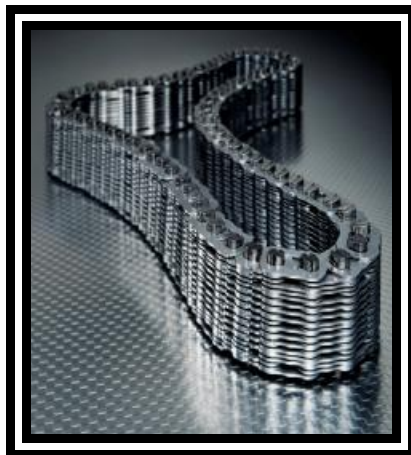
Εικόνα 2.19: Williams FW 15C

2.1.5.1 Τα 3 είδη CVT:



Εικόνα 2.20:Multitronic

Η συνηθέστερη διάταξη για κιβώτιο CVT είναι αυτή με μάντας. Ο μάντας έχει τραπεζοειδή διατομή και αποτελείται από ατσάλινα σύρματα που συγκρατούν μεταλλικά πλακίδια. Επιπλέον είναι περασμένος σε δυο διαιρούμενες τροχαλίες με κωνική εσωτερική διαμόρφωση. Η μια από αυτές συνδέεται με τον κινητήρα (αποτελεί δηλαδή την είσοδο του κιβωτίου) και η άλλη με την είσοδο του διαφορικού, δηλαδή την έξοδο του κιβωτίου. Καθεμία από τις δυο τροχαλίες μπορεί να 'ανοίγει' ή να 'κλείνει', καθώς τα δυο κινητά της μέρη απομακρύνονται ή πλησιάζουν αντίστοιχα μέσω υδραυλικού κυκλώματος. Καθώς αυτό συμβαίνει και χάρη στην κωνική διαμόρφωση των εσωτερικών τμημάτων, ο μάντας πατάει σε



Εικόνα 2.21:μεταλλικός μάντας

συνεχώς μεταβαλλόμενη διάμετρο τροχαλίας, και έτσι για άπειρες διαμέτρους παίρνουμε και άπειρες σχέσεις μετάδοσης! Για να βρίσκεται ο μάντας συνεχώς σε σταθερή τάση και να μην χαλαρώνει, η μια τροχαλία ανοίγει και η άλλη κλείνει κατά το ίδιο ποσοστό, κάτι που αυξάνει περαιτέρω το εύρος σχέσεων μετάδοσης που μπορούμε να πετύχουμε.

Το επόμενο βήμα στην εξέλιξη των CVT ήταν η παρουσίαση του επαναστατικού Multitronic από την Audi, το 2000. Ο μεταλλικός μάντας αντικαταστάθηκε από ειδική αλυσίδα που αποτελείται από 1.025 μεταλλικά πλακίδια και 75 πείρους.

Η πλέον 'έξυπνη' κατηγορία CVT κιβωτίων είναι τα τοροειδή κιβώτια CVT (torodial CVT). Πρωτεργάτης αυτών των κιβωτίων ήταν η Nissan που εφοδίασε με το κιβώτιο 'Extroid', τα Cedric και Gloria το 1999, αυτοκίνητα που δεν εισήχθησαν στην ελληνική αγορά. Σε ένα τέτοιο κιβώτιο αντί για τροχαλίες συναντάμε δυο κωνικούς δίσκους (ένας εισόδου και ένας εξόδου) όπου ανάμεσά τους έχουν

τοποθετηθεί κυλινδρικά κύλιστρα, τα οποία έρχονται σε επαφή με τους δίσκους και παίρνουν τη θέση των ιμάντων ενός κλασικού CVT. Η ισχύς μεταφέρεται από το δίσκο εισόδου στο δίσκο εξόδου μέσω των κύλιστρων: καθώς μεταβάλλουν την κλίση τους ως προς τους δίσκους, αλλάζουν και την ταχύτητα περιστροφής τους, επομένως μεταβάλλεται και η γωνιακή ταχύτητα του δίσκου εξόδου και κατ' επέκταση η σχέση μετάδοσης. Ανάμεσα στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή υπάρχει ειδικό συννεκτικό υγρό που εμποδίζει την ολίσθηση.

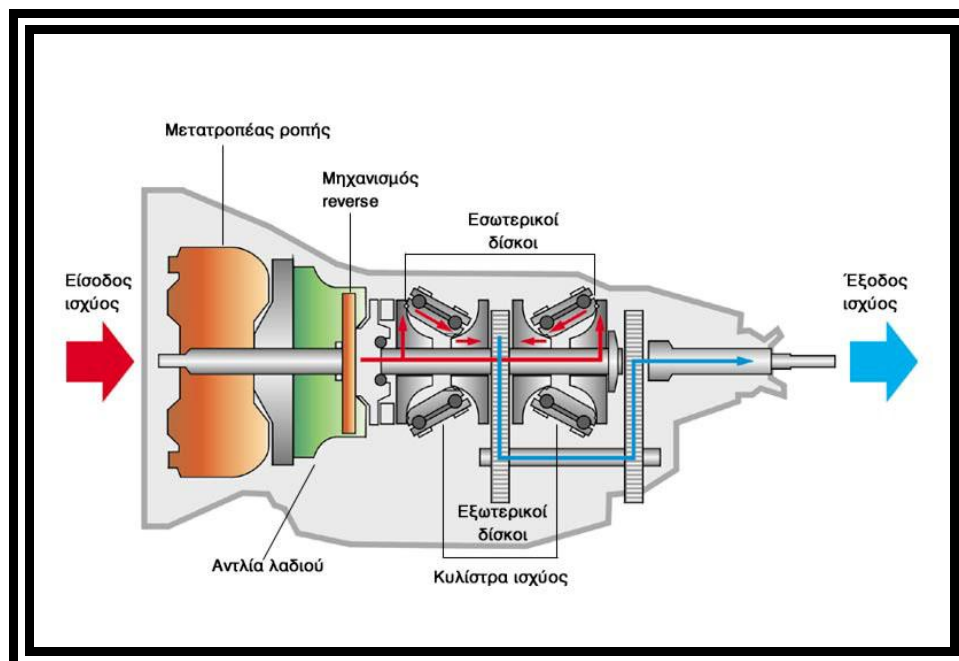


Εικόνα 2.22:Nissan Cedric



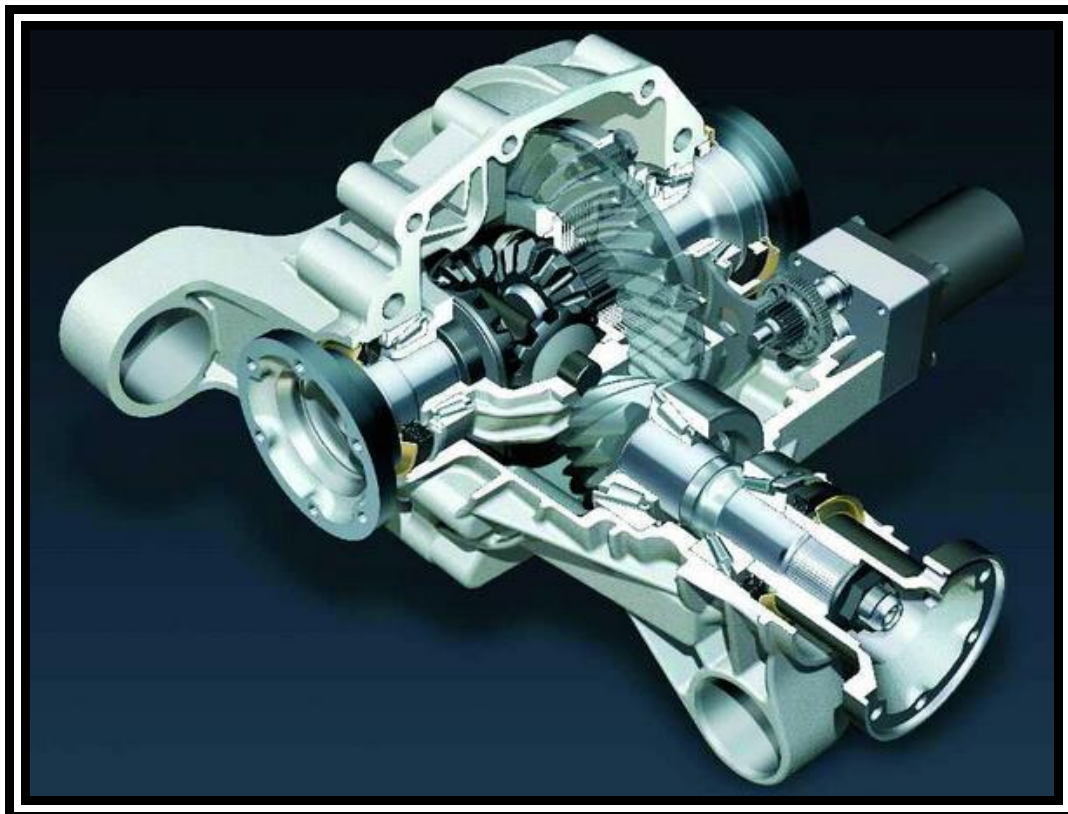
Εικόνα 2.23:Nissan Gloria

Βασικό μειονέκτημα των CVT είναι το 'rubber band effect' που αποτελεί το 'πατινάρισμα' των CVT: πατώντας τέρμα το γκάζι οι στροφές ανεβαίνουν, όμως το αυτοκίνητο δεν επιταχύνει αμέσως εξαιτίας της ολίσθησης των επιφανειών τριβής της διάταξης. Αυτό το φαινόμενο σε συνδυασμό με τη χρήση υδραυλικού μετατροπέα ως μέσω σύμπλεξης στα περισσότερα CVT σασμάν, ανεβάζει πολύ ψηλά τις απώλειες μετάδοσης, περισσότερο ακόμα και από τα επίπεδα ενός αυτόματου κιβωτίου.



Εικόνα 2.24: κιβώτιο 'Extroid'

2.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ-ΔΙΑΦΟΡΙΚΑ



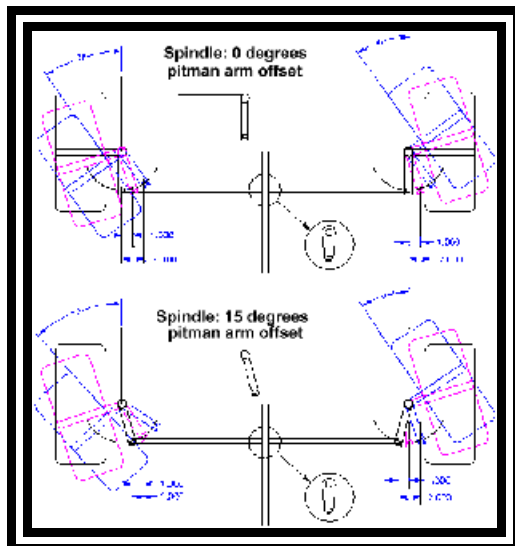
Εικόνα 2.25: διαφορικό

2.2.1 Μετάδοση

Από τη στιγμή που η ισχύς εγκαταλείπει είτε ένα χειροκίνητο μηχανικό κιβώτιο, είτε κάποιο από τα πιο πολύπλοκα αυτοματοποιημένα που είδαμε στα προηγούμενα, σε κάθε περίπτωση θα κατευθυνθεί προς τους κινητήριους τροχούς του οχήματος. Αλλά πριν καταλήξει εκεί, θα βρει μπροστά της άλλη μια διάταξη: το διαφορικό.

Το διαφορικό δεν παρεμβάλλεται αναίτια στη ροή ισχύος από τον κινητήρα προς τους τροχούς, αλλά έχει λόγους και σκοπούς ύπαρξης, ενώ αν υποθέταμε ότι δεν θα υπήρχε, η δυναμική συμπεριφορά του αυτοκινήτου θα άλλαζε άρδην. Η πιο προφανής αρμοδιότητα του διαφορικού είναι η 'οδήγηση' της κατεύθυνσης της ισχύος προς τον ή τους κινητήριους άξονες και τελικά στους τροχούς, όμως πέραν αυτού ένα διαφορικό αναλαμβάνει:

- 1) Να προσφέρει ένα δεύτερο (μετά το κιβώτιο) υποπολλαπλασιασμό στις στροφές της μετάδοσης, πολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα την προερχόμενη από τον κινητήρα ροπή.
- 2) Να κατανέμει κατάλληλα την ισχύ μεταξύ των κινητήριων τροχών.
- 3) Να επιτρέπει στους κινητήριους τροχούς να περιστρέφονται με ανεξάρτητη συχνότητα περιστροφής ο καθένας.



Εικόνα 2.26: γεωμετρία Ackerman απόσταση. Αυτό έχει να κάνει με τη 'γεωμετρία Ackerman' η οποία υπαγορεύει ότι και οι τέσσερις τροχοί του αυτοκινήτου θα πρέπει να διαγράφουν τροχιές με κοινό κέντρο περιστροφής τόσο μεταξύ τους όσο και ως προς ολόκληρο το όχημα.

Σε μια δεξιά στροφή ο αριστερός τροχός (εξωτερικός) διαγράφει τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας από τον δεξί (εσωτερικό).

Για να μπορέσει ο εξωτερικός τροχός να διανύσει κυλώντας και όχι ολισθαίνοντας το μεγαλύτερο τόξο που του αναλογεί στον ίδιο χρόνο με εκείνον που θα απαιτήσει ο εσωτερικός, θα πρέπει να περιστραφεί ανάλογα ταχύτερα. Με τον όρο 'ταχύτερα', για κοινή διάμετρο τροχών, εννοούμε ότι ο εξωτερικός θα έχει μεγαλύτερη 'γωνιακή ταχύτητα'.

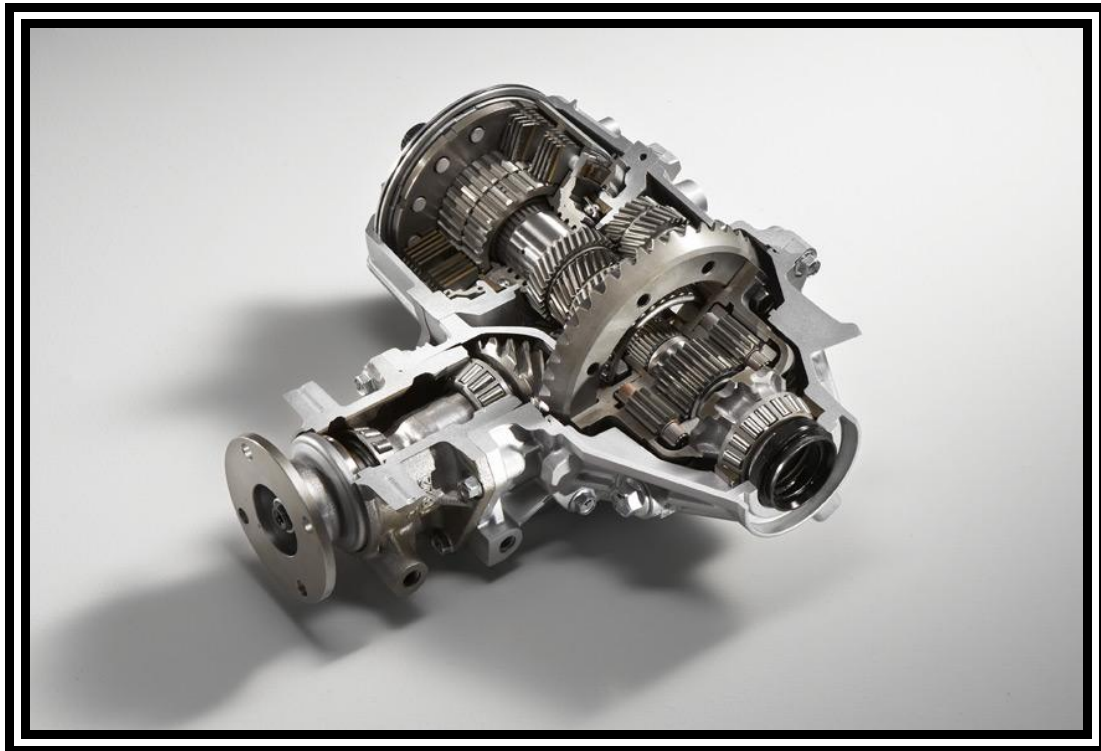
Στον μη κινητήριο άξονα (π.χ. τον πίσω για τα προσθιοκίνητα) η ύπαρξη διαφορετικής γωνιακής ταχύτητας στους δυο τροχούς δεν είναι πρόβλημα διότι δεν συνδέονται μεταξύ τους και ο καθένας περιστρέφεται ελεύθερα πάνω στα ρουλεμάν των άκρων. Αλλά στον κινητήριο άξονα, όπου η πηγή της ισχύος είναι μια και κοινή όπως αυτή έρχεται από το κιβώτιο, οι δυο τροχοί συνδέονται εμμέσως μεταξύ τους σε κάποια περιοχή του άξονα. Εκεί βρίσκεται το διαφορικό που θα 'προσφέρει' διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες σε κάθε τροχό, κατανέμοντας ταυτόχρονα μεταξύ τους και τη ροπή που παίρνει στην είσοδο του.

Αν στη θέση του διαφορικού υπήρχε ένας ενιαίος άξονας ο οποίος θα είχε στις δυο άκρες του σταθερά τοποθετημένους (πακτωμένους) τους δυο τροχούς, τότε λόγω της αδυναμίας του εξωτερικού να περιστραφεί με διαφορετική ταχύτητα από τον εσωτερικό, ο πρώτος θα αναγκαζόταν να ολισθήσει. Η διάταξη αυτή ονομάζεται 'στερεό διαφορικό', και τη χρησιμοποιούσαν τα πρώτα αυτοκίνητα.

Το θέμα του υποπολλαπλασιασμού έχει να κάνει με τις διαφορετικές διαμέτρους των γραναζιών που υπάρχουν μέσα σε ένα διαφορικό.

Η κατανομή ισχύος μεταξύ των κινητήριων τροχών σχετίζεται με τις δυνατότητες του κάθε διαφορικού ώστε να έχουμε την επιθυμητή κατανομή για τις εκάστοτε συνθήκες κίνησης, και 'εκφράζεται' διαφορετικά σε κάθε τύπο διαφορικού. Η ανεξάρτητη συχνότητα περιστροφής κάθε κινητήριου τροχού είναι η πιο σημαντική δουλειά του διαφορικού. Όταν το αυτοκίνητο στρίβει οι τροχοί του διανύουν διαφορετικά μήκη τόξων, δηλαδή καλύπτουν διαφορετική

2.2.2 Open differential (ελεύθερο)



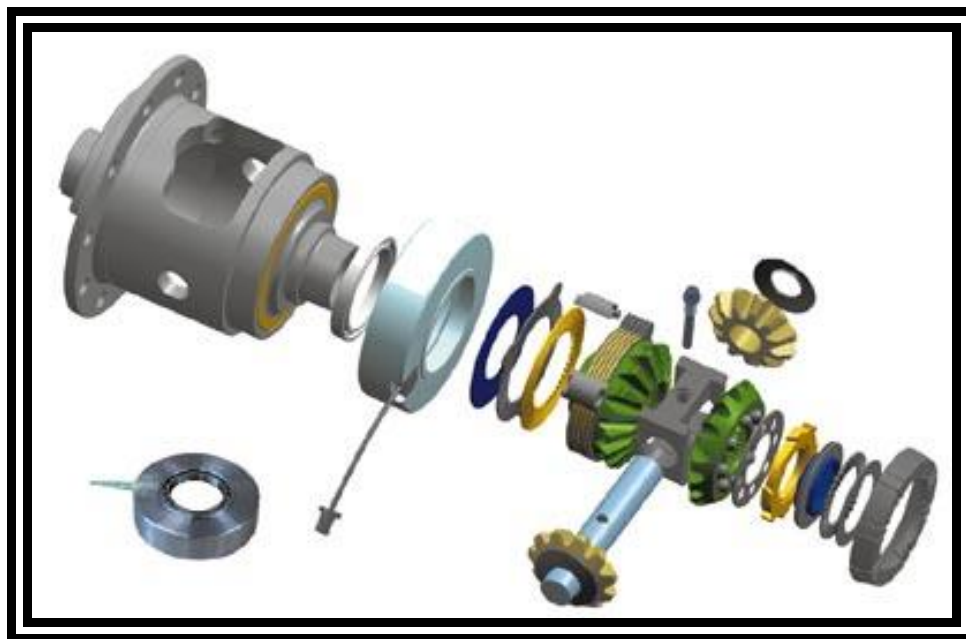
Εικόνα 2.27: Ελεύθερο διαφορικό

Το πιο συχνά απαντώμενο είδος διαφορικού σε ένα καθημερινό αυτοκίνητο είναι το ελεύθερο (open differential). Πρόκειται για μηχανισμό, δηλαδή διάταξη όπου η ισχύς δεν περνά από μια μόνο βαθμίδα (ζεύγος) γραναζιών αλλά διαχωρίζεται σε περισσότερα τμήματα. Ας δούμε αυτό το μηχανισμό παρατηρώντας τα συνοδευτικά σχήματα. Αφού η ισχύς με έναν από τους τρόπους που συζητάμε παρακάτω φύγει από το κιβώτιο, εισέρχεται στο συγκρότημα του διαφορικού μέσω του ζεύγους γραναζιών που αποτελείται από το πινιόν και την κορόνα. Το πινιόν (το μικρό γρανάζι του ζεύγους) βρίσκεται στον άξονα εισόδου του διαφορικού (στο άκρο του άξονα που έρχεται από το κιβώτιο) και δίνει κίνηση στην κορόνα (το μεγάλο γρανάζι του ζεύγους). Το λεγόμενο και 'κορονοπήνιο' είναι υπεύθυνο για τον υποπολλαπλασιασμό των στροφών και τον πολλαπλασιασμό της ροπής (μικρό γρανάζι δίνει κίνηση σε μεγαλύτερο). Η σχέση μετάδοσης κορόνας-πινιόν (ή διαφορικού) ονομάζεται και 'τελική σχέση μετάδοσης' (final drive ratio), ακριβώς επειδή είναι συνήθως το δεύτερο και τελευταίο στάδιο. Πάνω στην κορόνα είναι στερεωμένος ο πλανητικός φορέας, ένας μικρός άξονας στα άκρα του οποίου βρίσκονται δυο κωνικά γρανάζια που περιστρέφονται ελεύθερα γύρω από αυτόν και ονομάζονται 'πλανήτες'. Εκατέρωθεν του πλανητικού φορέα βρίσκονται δυο γρανάζια σε μόνιμη εμπλοκή με τους πλανήτες, οι 'ήλιοι'. Ο ένας ήλιος είναι πακτωμένος μέσω πολύσφηνου στο αριστερό ημιαξόνιο και ο άλλος στο δεξί. Βασικό χαρακτηριστικό του ελεύθερου διαφορικού (και συνάμα μεγάλο μειονέκτημα) είναι ότι ισοκατανέμει τη ροπή της εισόδου του στους δυο τροχούς

ανεξάρτητα από την ταχύτητα περιστροφής τους. Άρα, οι δυο τροχοί ενός αυτοκινήτου με ελεύθερο διαφορικό δέχονται το ίδιο ποσό ροπής.

Αυτά προκύπτουν και επιβεβαιώνονται μέσω της αρχής διατήρησης της ισχύος, η οποία (με τις απώλειες τριβών αμελητέες) επιτάσσει ότι η ισχύς στην κορόνα (στροφές κορόνας επί ροπή κορόνας) ισούται με το άθροισμα της ισχύος των δυο ημιαξονίων (ροπή επί στροφές αριστερού συν ροπή επί στροφές δεξιού).

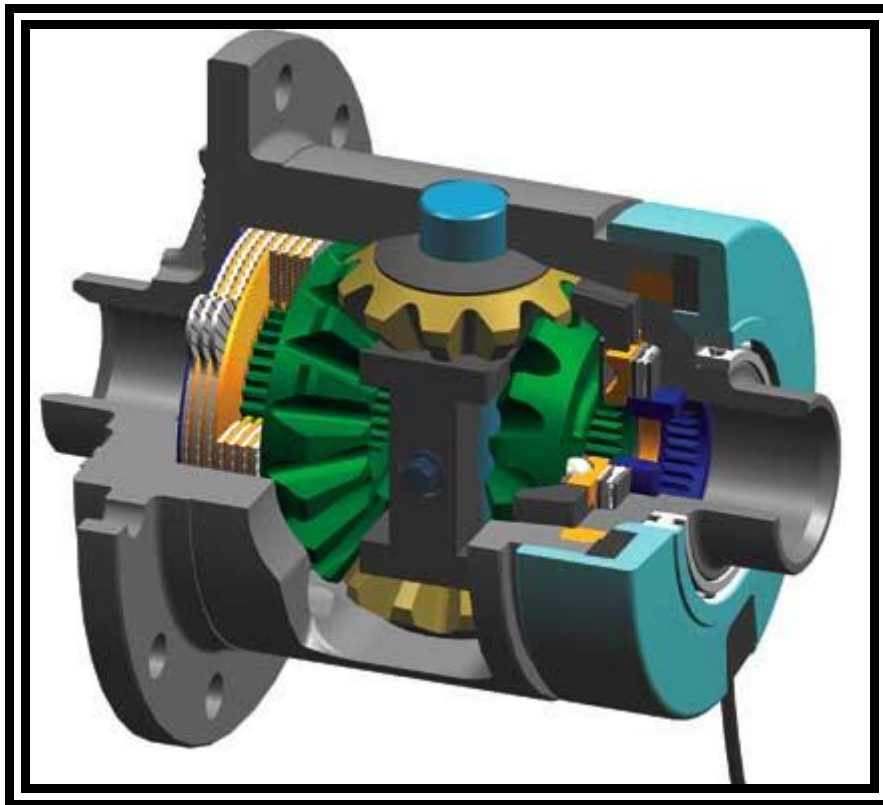
2.2.3 Μπλοκέ



Εικόνα 2.28: μπλοκέ διαφορικό

Όταν ένα μπλοκέ διαφορικό μετατραπεί από ελεύθερο σε στερεό λέμε ότι ‘κλειδώνει’. Τα ‘100% μπλοκέ’ διαφορικά συναντώνται σε οχήματα με off-road προσανατολισμούς. Η επιλογή μεταξύ της ‘ελεύθερης’ ή της ‘στερεάς’ κατάστασης γίνεται με ανάλογα χειριστήρια (μπουτόν) στην καμπίνα, ή ακόμα και αυτοματοποιημένα όταν ανιχνευτεί ανάγκη για ελευθερία ή μπλοκάρισμα (αυτασφαλιζόμενα). Για να επιτευχθεί το ‘κλείδωμα’ του διαφορικού στο μηχανισμό που περιγράψαμε είναι, να μπορέσει η κορόνα να περιστρέφεται μαζί με τα ημιαξόνια. Για να συμβεί αυτό αρκεί να πακτώσουμε το ένα από τα δυο ημιαξόνια στην κορόνα και, μέσω ενδιάμεσων σταθερών γραναζιών όπως οι πλανήτες, να υποχρεώσουμε και το άλλο ημιαξόνιο να περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα. Για να κλειδώσει η κορόνα με το ημιαξόνιο χρησιμοποιείται είτε διάταξη δίσκων συμπλέκτη όπου μέσω οδόντωσης κλειδώνουν τα δυο άκρα του (η μια πλευρά συνδεδεμένη στην κορόνα, η άλλη στο ημιαξόνιο), είτε υδραυλική διάταξη με πείρο που πακτώνει τα ημιαξόνια.

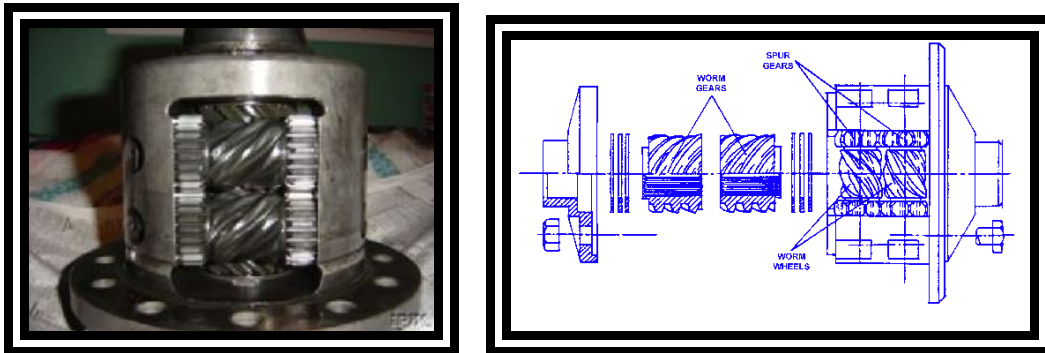
2.2.4 LSD



Εικόνα 2.29: διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης L S D

Ανάμεσα στις δυο ακραίες περιπτώσεις των ελεύθερων και των στερεών μπλοκέ διαφορικών, υπάρχουν τα ‘διαφορικά περιορισμένης ολίσθησης’ (LSD: Limited Slip Differential). Σκοπός τους είναι να συνδυάσουν λειτουργικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα και από τις δυο ακραίες κατηγορίες, δηλαδή να μπορούν να επιτρέπουν διαφορά στην ταχύτητα περιστροφής των δυο τροχών μέχρι ενός ορίου, το οποίο δεν πρέπει να ξεπεραστεί (για αυτό φροντίζει το διαφορικό). Το πόσο ‘περιορισμένη’ είναι η ολίσθηση σε ένα μπλοκέ ποσοτικοποιείται με δυο μεγέθη: το ‘λόγο κατανομής ροπής’ (TBR: Torque Bias Ratio), και το ‘ποσοστό εμπλοκής’ (locking percentage).

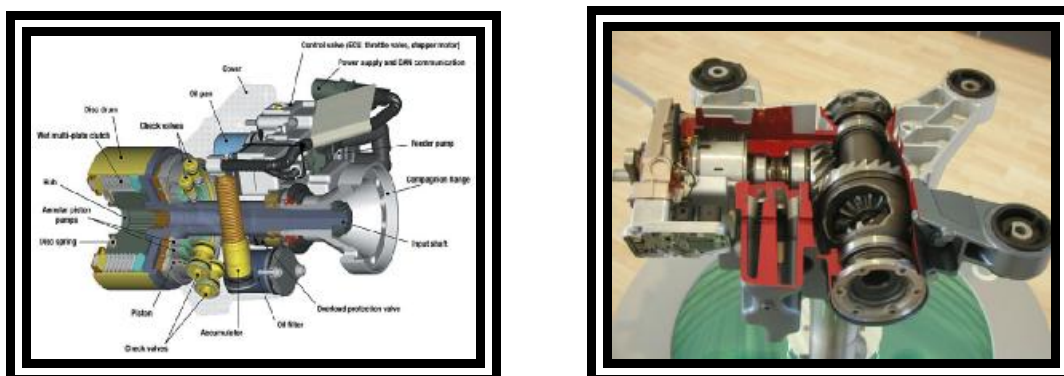
2.2.5 Torsen



Εικόνα 2.30: διαφορικό Torsen

Το διαφορικό Torsen είναι μια εφεύρεση του Αμερικανού Vernon Gleasman. Αρχικά αυτά τα διαφορικά κατασκευάζονταν από την Gleason Corporation και στη συνέχεια από τη Zexel, ένα κλάδο της Bosch. Το Torsen (TORque SENsitive) είναι ένα καθαρά μηχανικό διαφορικό, χωρίς δηλαδή τα ηλεκτρονικά, τα υδραυλικά ή τα συνεκτικά υποσυστήματα των διαφορικών. Υπό κανονικές συνθήκες όπου η ροπή ισοκατανέμεται στους δυο τροχούς, το Torsen λειτουργεί ακριβώς όπως και ένα ελεύθερο διαφορικό. Από τη στιγμή που ένας από τους δυο τροχούς χάνει πρόσφυση, ένα σύμπλεγμα γραναζιών αναλαμβάνει να 'περάσει' ποσοστό ροπής από τον ένα τροχό στον άλλο σύμφωνα με το λόγο κατανομής: ένα 4:1 Torsen μπορεί να κατανέμει έως και 4 φορές περισσότερη ροπή στον τροχό με την καλύτερη πρόσφυση.

2.2.6 Haldex



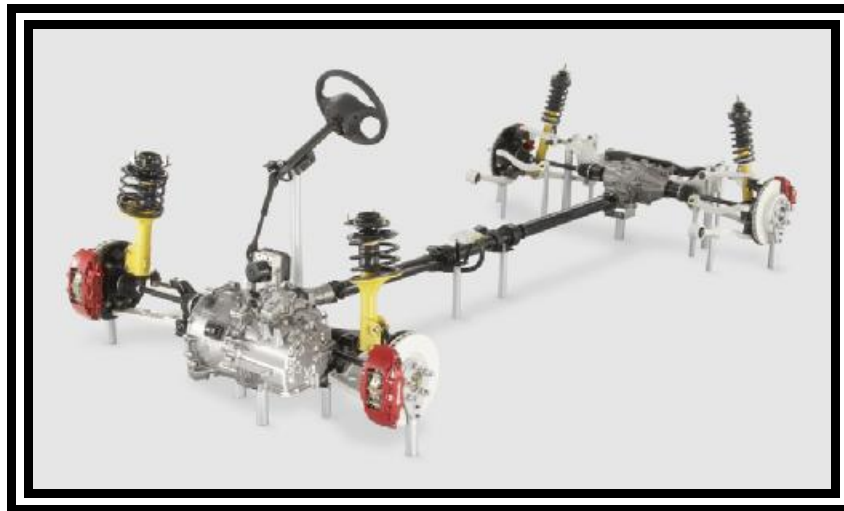
Εικόνα 2.31: διαφορικό Haldex LSC

Το Haldex δεν είναι ένας απλός συνεκτικός συμπλέκτης, αλλά μια πολύπλοκη διάταξη που ενσωματώνει διάφορα υδραυλικά, μηχανικά και ηλεκτρονικά υποσυστήματα. Το πλήρες όνομα του συστήματος κατά την ιδιοκτήτρια εταιρία (Haldex Group), είναι 'Haldex LSC' (Limited Slip Clutch), διαχωρίζοντάς το έτσι σαφώς από διάταξη και ονομασία LSD (Limited Slip Differential). Τα τρία βασικά μέρη του Haldex είναι μια παλινδρομική (εμβολοφόρος) αντλία που ενεργοποιείται από τη διαφορά των ταχυτήτων περιστροφής των δυο αξόνων που ελέγχει το Haldex, ο υγρός πολύδισκος συμπλέκτης και οι επιμέρους βαλβίδες του κυκλώματος παρέα με τα αντίστοιχα ηλεκτρονικά. Όσο οι δυο άξονες (ο άξονας εισόδου και ο άξονας εξόδου) περιστρέφονται με τον ίδιο ρυθμό δεν αντλείται υδραυλικό υγρό (ειδικό λάδι για Haldex), όμως από τη στιγμή που δημιουργηθεί διαφορά, αρχίζει η ροή του λαδιού. Το λάδι ρέει σε ένα έμβολο που πιέζει τους δίσκους του πολύδισκου συμπλέκτη, μειώνοντας έτσι τη διαφορά ταχύτητας περιστροφής.

Η επιστροφή του λαδιού στο συσσωρευτή του κυκλώματος γίνεται μέσω μιας ελεγχόμενης βαλβίδας η οποία ρυθμίζει την πίεση λαδιού του κυκλώματος και επομένως την πίεση που ασκεί το έμβολο στους δίσκους του συμπλέκτη. Πιο συγκεκριμένα, η αντλία του Haldex διαθέτει τρία υδραυλικά έμβολα άντλησης, από τα οποία τα δυο ενεργοποιούνται όταν υπάρξει διαφορά ταχύτητας περιστροφής εισόδου-εξόδου και τα οποία παρέχουν λάδι στο τρίτο κατά σειρά έμβολο που συμπιέζει τους δίσκους του συμπλέκτη. Η παροχή του λαδιού αυξάνεται ανάλογα με τη διαφορά ταχυτήτων μεταξύ των αξόνων. Καθώς αυτή αυξάνει, αυξάνεται και η δύναμη που συμπιέζει τα δισκάκια του συμπλέκτη μαζί, μέχρι αυτή να εξισορροπηθεί πλήρως. Το Haldex μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προσθιοκίνητα αυτοκίνητα με δυνατότητα μεταφοράς ποσοστού της ροπής πίσω, ή αντίστροφα.

Οι έως τώρα εφαρμογές του συστήματος αφορούν κυρίως την πρώτη περίπτωση, δηλαδή αυτοκίνητα που υπό κανονικές συνθήκες είναι προσθιοκίνητα, αλλά σε περίπτωση ολίσθησης των τροχών μπορούν να μεταφέρουν ροπή και πίσω (μέχρι 50%-50% κατανομή σε full-lock συνθήκες του συμπλέκτη). Τέτοια εφαρμογή του Haldex έχουν όλα τα τετρακίνητα αυτοκίνητα του Volkswagen Group που βασίζονται σε πάτωμα Golf.

2.3 Τετρακίνητα (4WD μεταδόσεις)



Εικόνα 2.32: τετρακίνηση

Η πρώτη εταιρία που χρησιμοποίησε τετρακίνηση σε αυτοκίνητο ήταν ο βρετανικός κατασκευαστής Jensen με το μοντέλο FF το 1966. Το αυτοκίνητο έμεινε στην παραγωγή για λίγα μόλις χρόνια και δεν προχώρησε αφού το κόστος του ήταν



Εικόνα 2.33: Jensen FF 1966



Εικόνα 2.34: Audi 80 Quattro

αρκετά μεγάλο για τα δεδομένα της εποχής. Στη δεκαετία του '80 η Audi έβαλε σε εμπορική εφαρμογή τετρακίνητα αυτοκίνητα με το σύστημα Quattro, όπου κυριάρχησε αρχικά στους αγώνες του Group B και στη συνέχεια πέρασε την τεχνολογία και στα πολιτικά μοντέλα.. Ανάμεσα στους τροχούς ενός άξονα χρειαζόμαστε διαφορεικό ώστε να μπορεί να υπάρχει μόνιμα ελευθερία μεταξύ των τροχών ταυτόχρονα με την δυνατότητα παροχής ισχύος προς αυτούς. Το ίδιο θέλουμε και μεταξύ των δυο αξόνων του αυτοκινήτου: σε ένα τετρακίνητο μετά το μοτέρ θέλουμε να μπορεί ο κάθε άξονας να περιστρέφεται ανεξάρτητα, όμως και οι δυο να μπορούν να δεχτούν ροπή. Όλα τα τετρακίνητα διαθέτουν εμπρός και πίσω διαφορεικό (τουλάχιστον δύο συνολικά), και χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: σε αυτά που διαθέτουν και τρίτο (κεντρικό) διαφορεικό και σε αυτά που αρκούνται σε δύο . Σε ένα δίκινητο από το μοτέρ μέχρι τους τροχούς χάνεται περίπου ένα 10-15% και σε ένα μόνιμο τετρακίνητο 20-25%.

Παρακάτω θα δούμε πιο αναλυτικά κάποιες περιπτώσεις τετρακίνητων αυτοκινήτων που καθεμιά τους έχει κάτι το 'ειδικό'. Πρόκειται για συστήματα όπου το καθένα για το δικό του λόγο έχει μία μικρή ιστορία στην εξέλιξη των τετρακίνητων μεταδόσεων.

2.3.1 Audi Quattro:

Το σύστημα Quattro ξεκίνησε από τους αγώνες, αλλά γρήγορα πέρασε στο δρόμο και αποτέλεσε την πρώτη τετρακίνηση. Η πρώτη πολιτική γενιά του Quattro (1981-1987: Audi Quattro turbo coupe, Audi 80 δεύτερης γενιάς) δεν διέθετε το βασικό χαρακτηριστικό όλων των επόμενων γενεών, δηλαδή το κεντρικό διαφορικό Torsen, αλλά είχε ελεύθερα και τα τρία διαφορικά. Το κεντρικό και το πίσω διαφορικό κλειδωσαν με μπουτόν στην κονσόλα. Το Quattro δεύτερης γενιάς (1988-1998: Audi S2/RS2, Audi



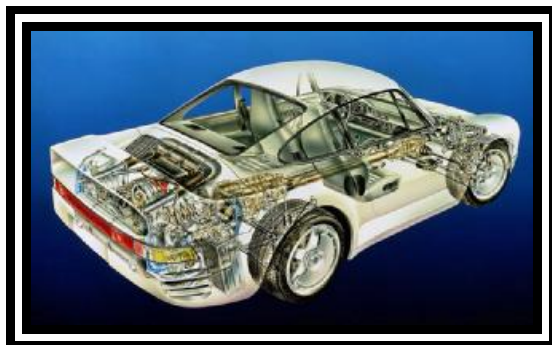
Εικόνα 2.35: Audi Quattro turbo Group B



Εικόνα 2.36: Audi Quattro turbo coupe

80 B3/B4, Audi 100, Audi A6/S6) είχε ελεύθερο διαφορικό εμπρός, ελεύθερο πίσω με δυνατότητα κλειδώματος και για πρώτη φορά Torsen κεντρικό. Το τελευταίο έδινε 50%-50% κατανομή υπό κανονικές συνθήκες αλλά μπορούσε να δώσει μέχρι και το 80% σε οποιονδήποτε από τους δύο άξονες. Το Quattro τρίτης γενιάς χρησιμοποιήθηκε στα Audi με V8 μοτέρ από το 1990 και μετά, κάνοντας δυο τα Torsen διαφορικά, αφού πλέον μόνο το εμπρός έμεινε ελεύθερο. Φτάνουμε στο 1996 και στην τέταρτη γενιά Quattro (A4/S4, A6/S6, A8/S8, Passat 4Motion) όπου μπορεί Torsen να είναι μόνο το κεντρικό διαφορικό, όμως τόσο το εμπρός όσο και το πίσω ελεύθερο διαφορικό αντί για manual κλείδωμα από την καμπίνα διαθέτουν EDL (Electronic Differential Lock).

2.3.2 Porsche PSK:



Εικόνα 2.37: Porsche 959



Εικόνα 2.38: Porsche Carrera GT

Η Porsche παρουσιάστηκε το 1986 και ήταν το μοναδικό πραγματικό supercar της Porsche μέχρι να βγει η Carrera GT το 2004. Είχε πάρα πολλές τεχνολογικές

καινοτομίες για την εποχή της. Το σύστημα τετρακίνησης της 959 ονομαζόταν PSK (Porsche-Steuer Kupplung) και είναι ένα από τα πιο πολύπλοκα, βαριά, ακριβά και αποτελεσματικά όλων των εποχών. Ακόμα και με σημερινά κριτήρια χαρακτηρίζεται 'κορυφαίο' αφού είχε μοναδικά χαρακτηριστικά: η κατανομή της ροπής σε αντίθεση με όλα τα άλλα συστήματα του είδους γίνεται συνεχώς, δηλαδή ακόμα και χωρίς να υπάρξει διαφορά (σπινάρισμα) στις ταχύτητες περιστροφής των δυο αξόνων. Υπό κανονικές συνθήκες η κατανομή της ροπής ήταν 40%-60% εμπρός πίσω, όση δηλαδή και η κατανομή βάρους. Κατά την επιτάχυνση όπου ο πίσω άξονας βυθίζεται η κατανομή της ροπής ακολουθεί αυτήν του βάρους και έτσι το PSK μπορεί να στείλει μέχρι και 80% της ροπής πίσω. Σε συνθήκες χαμηλής πρόσφυσης η κατανομή είναι 50%-50%.

2.3.3 Nissan ATTESA E-TS Pro:

Αυτό είναι το σύστημα μετάδοσης των Skyline GT-R. Το ATTESA E-TS Pro (Advanced Total Traction Engineering System for All-Electronic Torque Split) είναι ίσως η πιο εξελιγμένη 'πισωκίνητη' τετρακίνηση μετά από αυτήν της 959 και σίγουρα η πιο προχωρημένη των τελευταίων 10 ετών για τα σπορ αυτοκίνητα. Η έκδοση Pro παρουσιάστηκε με το Skyline R33 στο V-Spec, ενώ στη συνέχεια εξόπλιζε όλα τα R34. Η Pro είναι εξέλιξη της έκδοσης E-TS που με τη σειρά της ήταν εξέλιξη του απλού ATTESA. Στο ATTESA E-TS Pro η ισχύς μεταφέρεται από το κιβώτιο στον πίσω ηλεκτρονικά ελεγχόμενο LSD (υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της κατανομής εκτός από εμπρός-πίσω και αριστερά-δεξιά) και το αυτοκίνητο είναι 100% πισωκίνητο υπό κανονικές συνθήκες. Όταν όμως οι αισθητήρες του ABS σε συνδυασμό με τους αισθητήρες διαμήκους



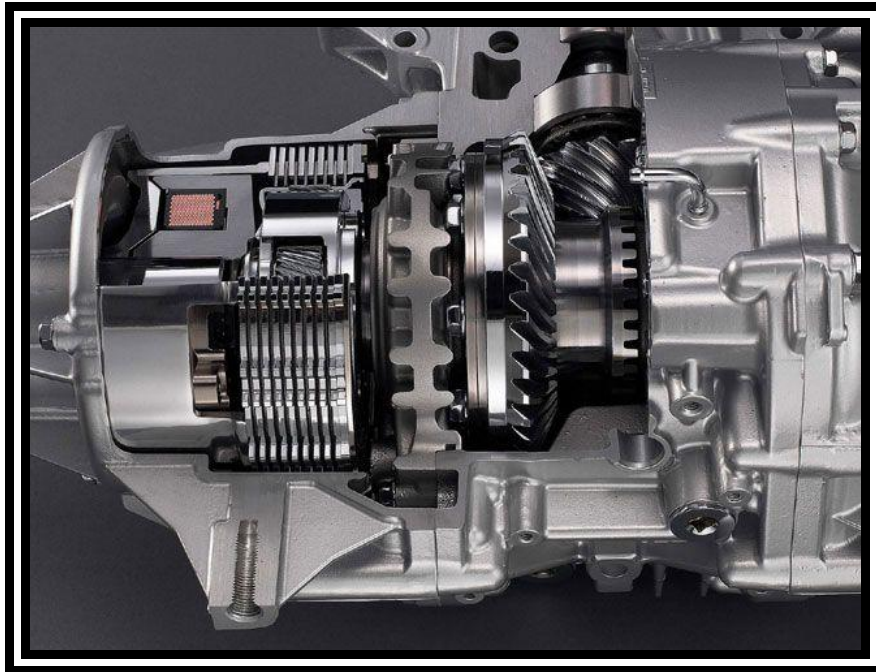
Εικόνα 2.39: Nissan Skyline R33



Εικόνα 2.40: Nissan GTR

και εγκάρσιας επιτάχυνσης δείξουν ότι απαιτείται ροπή και εμπρός, η ECU του συστήματος δίνει εντολή σε μια υδραυλική αντλία να κλειδώσει έναν πολύδισκο συμπλέκτη που βρίσκεται μπροστά και πίσω από το κιβώτιο. Ο συμπλέκτης αυτός βρίσκεται σε transfer box μαζί με ομάδα γραναζιών τα οποία παίρνουν ροπή από την έξοδο του κιβωτίου και τη μεταβιβάζουν σε έναν μικρό άξονα μετάδοσης που κινεί το εμπρός επίσης LSD διαφορετικό.

2.3.4 Honda SH-AWD:



Εικόνα 2.41: Honda SH-AWD

Το σύστημα μετάδοσης SH-AWD (Super Handling All-Wheel Drive) της Honda είναι το πιο εξελιγμένο τεχνολογικά είδος στα συστήματα μετάδοσης και τοποθετείται στα μοντέλα (Honda Legend, Acura RL). Το SH-AWD είναι μοναδικό διότι ενώ μπορεί να μεταβάλλει συνεχώς την ροπή εμπρός-πίσω και αριστερά-δεξιά στον πίσω άξονα, δεν διαθέτει ούτε κεντρικό διαφορικό ούτε πίσω διαφορικό. Το SH-AWD είναι δημιουργία του αρχιμηχανικού της Honda Yasuji Shibahata και βασίζει τη λειτουργία του σε δυο ηλεκτρομαγνητικούς πολύδισκους συμπλέκτες, καθένας υπεύθυνος για έναν πίσω τροχό. Όλα τα μέρη του συστήματος βρίσκονται συγκεντρωμένα στον πίσω άξονα, και αφού η ECU του αυτοκινήτου αναλύσει τα σήματα από τους αισθητήρες του συστήματος υπολογίζει πώς πρέπει να καταναμηθεί η ροπή στους τέσσερις τροχούς. Στην πίσω άκρη του κεντρικού άξονα μετάδοσης υπάρχει ένας 'επιταχυντής' ο οποίος μέσω πλανητικού συστήματος γραναζιών πολλαπλασιάζει τις στροφές εισόδου του στην έξοδο και στη συνέχεια οδηγεί τη ροπή στους δυο ηλεκτρομαγνητικούς συμπλέκτες.

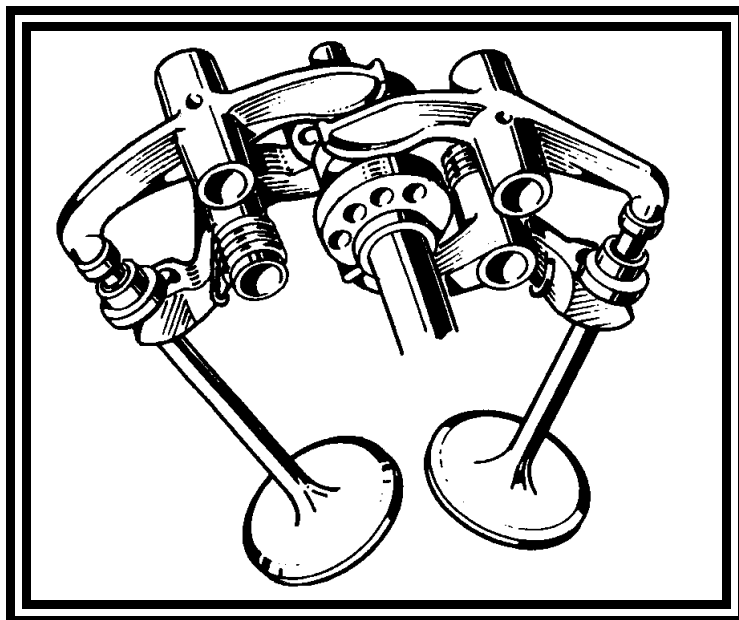


Εικόνα 2.42: Honda Legend



Εικόνα 2.43: Honda Acura RL

2.4 Δεσμοδρομική κίνηση βαλβίδων



Εικόνα 2.44: δεσμοδρομική κίνηση βαλβίδων

Μερικές φορές οι βαλβίδες δεν κινούνται από ελατήρια αλλά από ένα μηχανικό σύστημα (που δρα με τρόπο ανάλογο με εκείνο που καθορίζει το άνοιγμα, μα με αντίθετη φορά). Πρόκειται για την δεσμοδρομική κίνηση βαλβίδων που χρησιμοποιείται τόσο για αγωνιστικά μοντέλα, όσο και για παραγωγείς με μερικά σχήματα διαφορετικά (αλλά έχουν την ίδια βασική αρχή) από την Ducati.

Για κάθε βαλβίδα υπάρχουν δύο έκκεντρα έχοντας <<σύζυγες>> προφίλ, το ένα καθορίζει το άνοιγμα (δρώντας σε ένα κοκοράκι με συμβατικό σχήμα και διάταξη) και η άλλη το κλείσιμο. Το κοκοράκι του κλεισίματος έχει δύο βραχίονες (έχει ειδική μορφή) και είναι αναποδογυρισμένο σε σχέση με το άλλο. Το άκρο σε σχήμα πιρουνιού δρα πάνω στη βαλβίδα τραβώντας να κλείσει, αφού πρώτα αυτή έχει φτάσει στο μέγιστο άνοιγμα.

2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ



Εικόνα 2.45: Ψυγείο νερού

Ο κινητήρας είναι ένας μετατροπέας ενέργειας. Μετατρέπει ένα μέρος της θερμότητας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του κυλίνδρου του σε μηχανική ενέργεια, που μεταφέρεται στον κινητήριο τροχό δια μέσου του συμπλέκτη, του κιβωτίου ταχυτήτων, της πρωτεύουσας μετάδοσης και της τελικής μετάδοσης. Δυστυχώς η αποτελεσματικότητα του σαν <<μετατροπέας>> δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη αφού μόνο το 30%

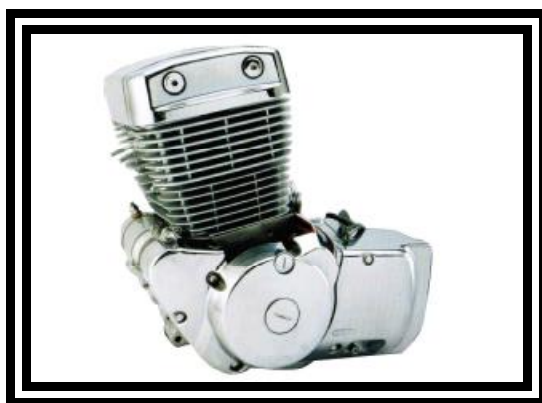
περίπου της αναπτυσσόμενης θερμότητας χρησιμοποιείται σε έναν τετράχρονο κινητήρα και ακόμα λιγότερο σε έναν δίχρονο κινητήρα. Τα υπόλοιπα 2/3 περίπου της θεωρητικά διαθέσιμης ενέργειας χάνονται. Ένα μέρος στην εξαγωγή και ένα μέρος σαν θερμότητα που απορροφάται από μεταλλικά μέρη.

Αυτά τα τελευταία μετά από ένα σύντομο χρονικό διάστημα φτάνουν σε πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες, εάν ο κινητήρας δεν είναι εφοδιασμένος με ένα κατάλληλο σύστημα ψύξης, με τέτοιο τρόπο ώστε να απορροφήσει κατάλληλα τη θερμότητα.

Τα αέρια, που κατά τη διάρκεια της καύσης φτάνουν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 2000 οC, εφάπτονται με τα εσωτερικά τοιχώματα της κεφαλής και του κυλίνδρου, μεταφέροντας σε αυτά μεγάλη ποσότητα θερμότητας κατά τη διάρκεια εκτόνωσης, της εξαγωγής και της συμπίεσης. Αυτή η θερμότητα διασχίζει τα τοιχώματα για να φτάσει με τη σειρά της στον αέρα που εφάπτεται με τις εξωτερικές επιφάνειες των παραπάνω οργάνων (ψύξη με αέρα) ή που μεταφέρεται μέσω ψυκτικού υγρού σε ειδικές διόδους που περιβάλλουν τον κύλινδρο(ψύξη με νερό). Είναι σημαντικό να μην ξεπεραστούν συγκεκριμένες θερμοκρασίες, γιατί σε αυτήν την περίπτωση τα μηχανικά χαρακτηριστικά των διάφορων υλικών θα υφίστατο μη αποδεκτή φθορά ή μεγάλη διαστολή που θα προξενούσε υπερβολική μείωση μερικών χώρων(διάκενα, τζόγοι) λειτουργίας και θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σημαντικές στρεβλώσεις των υλικών τους και τον σχηματισμό επικίνδυνων τάσεων στο εσωτερικό τους.

Επιπλέον το λάδι δεν θα ήταν σε θέση να πετύχει κατάλληλα το έργο του, εξ αιτίας μίας μεγάλης απώλειας του ιξώδους του, όπως και των λιπαντικών του χαρακτηριστικών.

2.5.1 Τύποι ψύξης κινητήρων



Εικόνα 2.46: αερόψυκτος κινητήρας



Εικόνα 2.47: υδρόψυκτος κινητήρας

Οι κινητήρες μπορούν να ψυχθούν με αέρα ή με νερό. Στην περίπτωση του νερού μερικοί προτιμούν να μιλάνε για ψύξη με υγρό, επειδή πράγματι το ρευστό που διατρέχει στο κύκλωμα είναι ένα μίγμα απεσταγμένου νερού και αντιψυκτικού με την προσθήκη αντιδιαβρωτικών.

Και με τα δύο συστήματα η <<απομάκρυνση>> της θερμότητας γίνεται σε τελική ανάλυση από τον αέρα, άμεσα ή έμμεσα (στην υγρόψυξη το νερό/υγρό χρειάζεται μόνο για να μεταφέρει τη θερμότητα από τον κινητήρα στο ψυγείο, όπου περνάει στον αέρα).

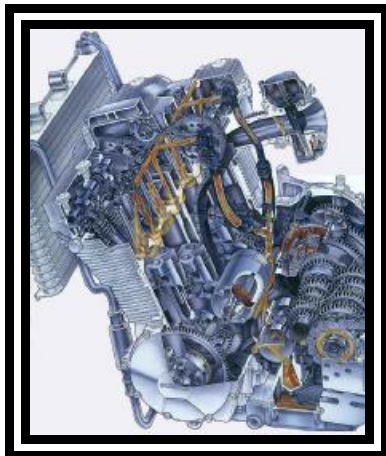


Εικόνα 2.48: Ψυγείο λαδιού

το οποίο χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της θερμότητας, από τα αέρια σε υψηλή θερμοκρασία, στα μεταλλικά τοιχώματα και άρα από εξωτερική πλευρά των τοιχωμάτων στο υγρό ψύξης πραγματοποιείται με εξαναγκασμένη μεταφορά και συνδέεται με τη διαφορά θερμοκρασίας στην επέκταση των επιφανειών και στο συντελεστή θερμικής ανταλλαγής, δια μέσου των τοιχωμάτων η θερμότητα μεταδίδεται με αγωγιμότητα. Αυτό συμβαίνει επειδή το νερό αγγίζει την επιφάνεια του μετάλλου και ο συντελεστής θερμικής ανταλλαγής είναι πολύ υψηλός, από ότι θα ήταν με αέρα.

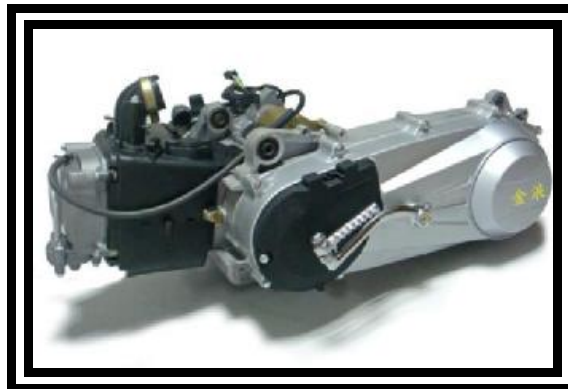
Για αυτό το λόγο με σκοπό να επιτύχουμε μία κατάλληλη εξαγωγή θερμότητας στους αερόψυκτους κινητήρες τα εξωτερικά τοιχώματα της κεφαλής και του κυλίνδρου είναι εφοδιασμένα από μία σειρά από ψυκτρες μεγάλης επιφάνειας, χάρη στις οποίες αυξάνεται πολύ (περίπου 15-20 φορές κατά μέσο όρο). Η μορφή, ο αριθμός και οι διαστάσεις των ψυκτρών είναι κρίσιμοι για την ψύξη και πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά.

Την εξασφάλιση του περάσματος μίας σημαντικής ποσότητας αέρα δια μέσου των ψυκτρών πραγματοποιείται από την ίδια την ταχύτητα κίνησης της ίδιας της μοτοσυκλέτας.



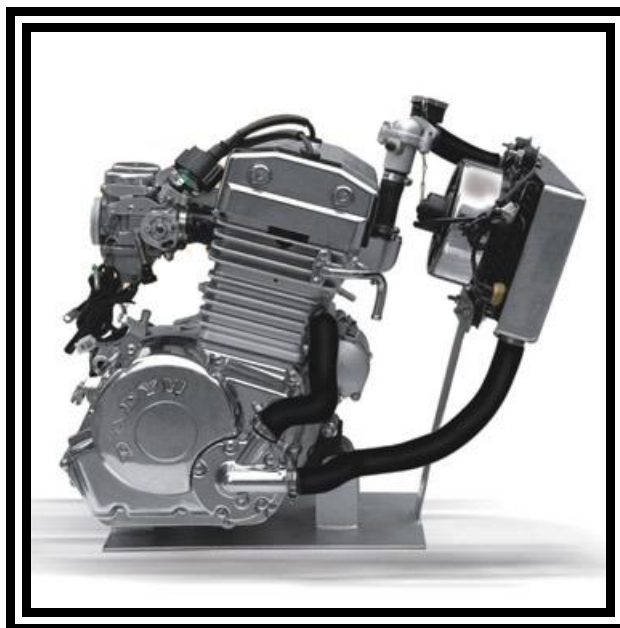
Εικόνα 2.49: ψύξη με λάδι

Στους κινητήρες για σκούτερ λόγω του ότι η κεφαλή και ο κύλινδρος δεν είναι ελεύθερα προσβάσιμοι από τον αέρα (λόγω καπακιών που τα καλύπτουν), κατά την πορεία του οχήματος υιοθετείται ένα βεντιλατέρ/ φτερωτή που δημιουργεί έντονη ροή αέρα, στέλνοντάς τον να περάσει πάνω από τις επιφάνειες του κινητήρα που μεταφέρουν τη μεγαλύτερη θερμότητα.



Εικόνα 2.50: κινητήρας σκούτερ με βεντιλατέρ

2.5.2 Ψύξη με νερό

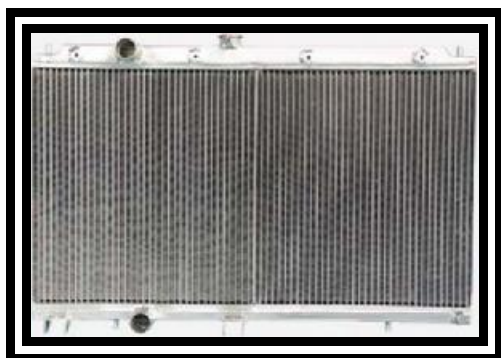


Εικόνα 2.51: υδρόψυκτος κινητήρας

Οι κινητήρες με υψηλή ειδική ισχύ ψύχονται όλοι με το νερό. Αυτό το σύστημα επιτρέπει να επιτύχουμε εξαγωγή θερμότητας αποτελεσματικά και από δύσκολα προσβάσιμες περιοχές και να περιορίσουμε σημαντικά τη θερμοκρασία των διαφορετικών οργάνων (σε σχέση με ψύξη με αέρα). Επιπλέον διευκολύνει την επίτευξη σημαντικής ομοιογένειας στη διανομή των θερμοκρασιών, κάτι που ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο παραμορφώσεων μεταξύ των οργάνων. Παρουσιάζει πλεονεκτήματα όσο αφορά ακουστικές εκπομπές και εγγύαται ακριβείς και ελεγχόμενες θερμοκρασίες πάνω στον κινητήρα. Το κύκλωμα προβλέπει μία φυγόκεντρη αντλία που εξασφαλίζει καλή κυκλοφορία του υγρού, που περνάει από τις διόδους της κεφαλής και των υδροχιτωνίων των κυλίνδρων δια μέσου του ψυγείου.

Το ψυγείο είναι ένας εναλλακτήρας της θερμότητας νερό/αέρα, εφοδιασμένος με δυο δοχεία, ανάμεσα στα οποία υπάρχει τοποθετημένο ένα στέλεχος ανταλλαγής, αποτελούμενο από μία σειρά σωληνάκια και κυψέλες/ψύκτρες (που αυξάνουν την επιφάνεια θερμικής ανταλλαγής).

Εάν τα δοχεία είναι τοποθετημένα, το ένα πάνω και το άλλο κάτω το ψυγείο είναι



Εικόνα 2.52: Ψυγείο νερού

κατακόρυφης ροής-ενώ αν αυτά είναι τοποθετημένα στις δύο πλευρές το ψυγείο είναι εγκάρσιας ροής. Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του ψυγείου είναι κράμα αλουμινίου, που συνδυάζει μία μικρή πυκνότητα με υψηλή θερμική αγωγιμότητα.

Το σώμα του ψυγείου διαπερνάται από αέρα, που αφαιρεί θερμότητα από υγρό, που κυκλοφορεί στις ειδικές διόδους.

Για να επιτευχθεί γρήγορα η

θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα το κύκλωμα διαθέτει ένα θερμοστάτη, που επιτρέπει τη ροή υγρού, όταν επιτυγχάνεται μία δεδομένη θερμοκρασία. Κάτω από τη θερμοκρασία αυτή το ψυκτικό υγρό που βρίσκεται γύρω από τοιχώματα κεφαλής και του κυλίνδρου δεν μπορεί να περάσει στο ψυγείο και έτσι ζεσταίνεται πιο γρήγορα.

Αρκετοί σύγχρονοι θερμοστάτες εφοδιασμένοι με δύο βαλβίδες, είναι σε θέση να συνδυάζονται με αποτέλεσμα τον άριστο έλεγχο της θερμοκρασίας του κινητήρα.

Πίσω από το ψυγείο είναι τοποθετημένη μία φτερωτή (μπορεί και δύο) που ενεργοποιείται μόνο όταν η θερμοκρασία του υγρού ξεπερνά την τιμή κάτω από σημείο βρασμού του υγρού.

Κατά κανόνα το κύκλωμα ψύξης συμπληρώνεται από μία δεξαμενή εκτόνωσης, υπερχειλίσης (δοχείο διαστολής) συνδεδεμένη από μία σωλήνωση στο καπάκι του ψυγείου, εφοδιασμένο με δύο βαλβίδες. Διάφορα σύγχρονα συστήματα ψύξης φτιάχτηκαν έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν με εσωτερική πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής. Ενδεικτικά η παροχή της αντλίας είναι της τάξεως των 20-50 λίτρων ανά ώρα, για κάθε ίππο παραγόμενο από τον κινητήρα. Το μεγαλύτερο μέρος του ψυκτικού υγρού (70%) αποστέλλεται στην κεφαλή, τμήμα που στους τετράχρονους κινητήρες απορροφά περισσότερη θερμότητα σε σχέση με τον κύλινδρο.

Στους δίχρονους κινητήρες από την άλλη, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο όσον αφορά την ψύξη ο κύλινδρος είναι το πιο σημαντικό μέρος, επειδή στα τοιχώματα του υπάρχουν θυρίδες και ανοίγματα, κάτι που συνεπάγεται ανομοιόμορφη διανομή υλικού. Για να αποφύγουμε τον κίνδυνο παραμορφώσεων, στους δίχρονους αγωνιστικούς κινητήρες, υιοθετείται ένα ιδιαίτερα ενισχυμένο σύστημα με τη θερμοκρασία του νερού να είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη που επιτυγχάνεται στα συστήματα ψύξης των τετράχρονων κινητήρων.

Στους τετράχρονους κινητήρες μελετάται με μεγάλη προσοχή η ψύξη της κεφαλής, με σκοπό να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ομοιομορφία στη διανομή των θερμοκρασιών. Η κεφαλή έχει ιδιαιτερότητες αφού απορροφά πολλή θερμότητα και τείνει να έχει μία <<ζεστή>> πλευρά (σε αυτή που βρίσκονται οι αυλοί εξαγωγής) και μία πιο <<κρύα>> στους αυλούς εισαγωγής. Σε τετράχρονους κινητήρες υψηλών επιδόσεων εφαρμόζεται και η χρήση ψεκασμού λαδιού, για τη βελτίωση της ψύξης των πιστονιών.

2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ



Εικόνα 2.53: Αντλία λίπανσης

Όταν δύο σώματα είναι σε επαφή, στην αμοιβαία κίνηση τους αντιτίθεται η τριβή, δηλαδή μία δύναμη με αντίθετη φορά της κίνησης. Αν και τα δύο σώματα είναι ακίνητα για να μετακινήσουμε το ένα πρέπει να ξεπεράσουμε την στατική τριβή. Αντίθετα αν υπάρχει ήδη κίνηση, δρα η δυναμική τριβή, που κατά κανόνα είναι αρκετά χαμηλότερη. Και στις δύο περιπτώσεις πρόκειται για τριβή ολίσθησης, η τιμή

της οποίας εξαρτάται από τη φύση των υλικών που έρχονται σε επαφή και από τη δύναμη που τις πιέζει μεταξύ τους (και από τις συνθήκες των επιφανειών). Ο συντελεστής τριβής, είναι ο λόγος μεταξύ της δύναμης που αντιτίθεται στην κίνηση (παράλληλη στην επιφάνεια επαφής) κι εκείνη που πιέζει τα σώματα το ένα στο άλλο (κάθετη στην επιφάνεια), η τιμή της μεταβάλλεται σύμφωνα με τα υλικά. Για να μειώσουμε την τριβή, που εμποδίζει την κίνηση και <<απορροφά>> μηχανική ενέργεια μετατρέποντας την σε θερμότητα, χρησιμοποιείται λάδι ή γράσο, που μπαίνει ανάμεσα στις επιφάνειες.

Αυτές οι τελευταίες, που εμφανίζονται λείες και ίσες, στην πραγματικότητα έχουν κάποια τραχύτητα, δηλαδή παρουσιάζουν μια σειρά από διαδοχικές άγριες μεταλλικές επιφάνειες (ανωμαλίες) που εμφανίζουν σε μεγέθυνση <<κορυφές>> και <<κοιλιάδες>>. Μόνο οι πιο έντονες ανάμεσα σε αυτές τις επιφάνειες έχουν επαφή. Με άλλα λόγια η πραγματική επιφάνεια επαφής μεταξύ δύο σωμάτων είναι λιγότερη σε έκταση από αυτή που εμφανίζεται.

Αναλόγως της επεξεργασίας που έχουν υποστεί οι επιφάνειες των διαφόρων μηχανικών τμημάτων, η τραχύτητα που εμφανίζουν είναι διαφορετική.

2.6.1 Καταστάσεις Λίπανσης

Στο εσωτερικό του κινητήρα τα κενά λίπανσης προκαλούν την αύξηση των μηχανικών απωλειών. Οι υπερθερμάνσεις που εντοπίζονται εξαιτίας των μεγάλων τριβών, είναι πηγή φθοράς και στις πιο σοβαρές περιπτώσεις μπορούν να προξενήσουν κόλλημα του πιστονιού. Με τη λίπανση εισέρχεται λιπαντικό ορυκτέλαιο, εφοδιασμένο με κατάλληλα χαρακτηριστικά (στο εσωτερικό του κινητήρα και στο κιβώτιο ταχυτήτων π.χ.), μεταξύ των επιφανειών των μηχανικών οργάνων. Σύμφωνα με το πάχος του στρώματος αυτού του υγρού έχουμε διάφορες καταστάσεις λίπανσης, στις οποίες αντιστοιχούν διάφορες αντιστάσεις στην κίνηση. Υπείσρχονται επίσης παράγοντες, όπως το ιξώδες του λιπαντικού και η σχετική ταχύτητα ανάμεσα στις επιφάνειες. Όταν μεταξύ των μικροανωμαλιών υπάρχει εκτεταμένη επαφή, το αρκετά μειωμένο πάχος του λαδιού δεν είναι σε θέση να αντέξει το φορτίο. Εκείνο που μετράει βασικά, είναι τα χαρακτηριστικά του λιπαντικού (δηλαδή πόσο ρευστό ή όχι είναι) όταν φτάνει σε οριακή τριβή. Η αντίσταση στην κίνηση είναι φανερή και τα διάφορα μέρη υφίστανται αισθητή φθορά. Το πάχος του στρώματος του λιπαντικού αυξάνεται με τη μείωση του φορτίου του και την αύξηση του ιξώδους ή της ταχύτητας.

Όταν γίνεται κάτι τέτοιο με τις πιο έντονες τραχύτητες (ανωμαλίες) των επιφανειών επαφής να έρχονται σε επαφή, έχουμε κατάσταση μεικτής τριβής, η αντίσταση στην κίνηση είναι πολύ μικρότερη και η φθορά αμελητέα. Όταν το πάχος του στρώματος του λαδιού είναι ακόμη μεγαλύτερο και δεν υπάρχουν επαφές μεταξύ των ανωμαλιών των επιφανειών έχουμε υδροδυναμική λίπανση και είναι σαν οι δύο επιφάνειες να <<επιπλέουν>>. Τότε από το ένα σώμα προς το άλλο, η αντίσταση στην κίνηση είναι ελάχιστη (εξαρτάται από το ιξώδες του λαδιού) και η φθορά είναι θεωρητικά μηδέν.

Η κατάλληλη λίπανση είναι απολύτως απαραίτητη, ειδικότερα σε σημεία, όπως εκείνα των κινητήρων που δουλεύουν με υψηλές ταχύτητες και σε παρουσία φορτίων. Για μηχανικά όργανα όπως τα κουζινέτα και την μπιέλα, που πρέπει να λειτουργούν σε κατάσταση υδροδυναμικής λίπανσης, μία σημαντική και συνεχής παροχή λαδιού είναι ζωτικής σημασίας.

Σε μερικές περιπτώσεις, αντί για λάδι, μεταξύ δύο επιφανειών σε αμοιβαία κίνηση, εισέρχονται περιστρεφόμενα σώματα, με σκοπό να μετατρέπουν την τριβή ολίσθησης

σε πολύ μικρότερη τριβή κύλισης. Τα σφαιρικά και τα βελονοειδή/κυλινδρικά ρουλεμάν, λειτουργούν ακριβώς με αυτόν τον τρόπο και απαιτούν ελάχιστη λίπανση (το λάδι χρειάζεται κυρίως για εξαγωγή θερμότητας).

2.6.2 Συντομογραφίες λιπαντικών

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του λαδιού είναι το ιξώδες, το (lubricity) και ο δείκτης ιξώδους. Το πρώτο αποτελείται από εσωτερική τριβή του ρευστού, δηλαδή από την αντίσταση στη ροή του, η σπουδαιότητα του είναι στο γεγονός ότι αυτό καθορίζει με θεμελιώδη τρόπο την ικανότητα του φορτίου του λιπαντικού. Πρέπει να είναι λοιπόν κατάλληλο στις απαιτήσεις αλλά όχι υπερβολικά, γιατί σε αυτή την περίπτωση θα απορροφούσε σημαντική ισχύ, δηλαδή χειροτέρευση της μηχανικής απόδοσης. Το ιξώδες των λιπαντικών λαδιών που χρησιμοποιούνται στις μοτοσυκλέτες, συμβολίζεται στην κλίμακα SAE (Society of Automotive Engineers).

Η λιπαντική ισχύς έχει μεγάλη σπουδαιότητα στην περίπτωση της οριακής λίπανσης. Αυτή δείχνει την ικανότητα του λαδιού να εφάπτεται στις μεταλλικές επιφάνειες, σχηματίζοντας ένα λεπτότατο στρώμα ανθεκτικό, αλλά άκρως <<ολισθηρό>>.

Το ιξώδες μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και μπορεί να ποικίλει σε σημαντικό βαθμό από λάδι σε λάδι και συμβολίζεται με το δείκτη ιξώδους (VI).

Όσο πιο υψηλοί είναι οι δείκτες, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή που έχουμε με την θερμοκρασία. Τα σύγχρονα λάδια κινητήρων είναι όλα με πολύ υψηλό δείκτη ιξώδους. Με άλλα λόγια έχουν μια διαβάθμιση SAE για κρύο και μία για ζέστη (που αναγράφονται στο μπουκάλι του λαδιού διαμέσου αριθμημένων συντομογραφιών).

Έτσι για παράδειγμα ένα λιπαντικό SAE10 W-40, συμπεριφέρεται στο κρύο σαν βαθμού SAE 10 και στη ζέστη σαν SAE 40. Αυτό σημαίνει ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει υψηλή ρευστότητα και στις υψηλές διατηρεί καλό ιξώδες (απαραίτητο για να αντέχει υψηλά φορτία). Στα κουτιά των λαδιών, εκτός του ιξώδους, αναφέρεται και το ποιοτικό επίπεδο δυνατοτήτων τους. Το δείχνουν ειδικές συντομογραφίες δύο γραμμάτων, έχοντας μπροστά το API (American Petroleum Institute), ίδρυμα που έκανε τις δοκιμές για το λιπαντικό.

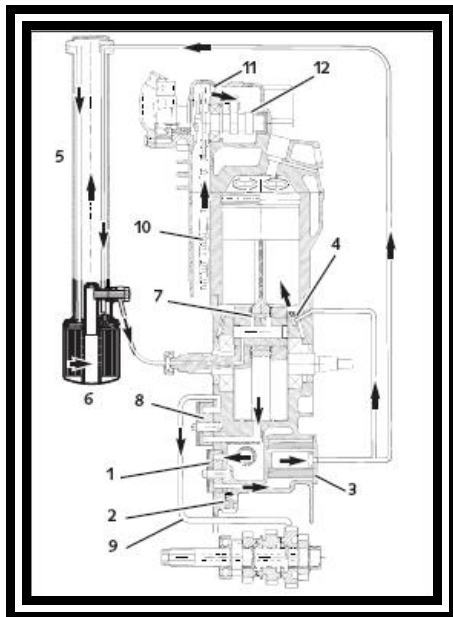
Για τα λάδια που προορίζονται για τετράχρονους κινητήρες βενζίνης, η συντομογραφία αποτελείται από ένα S, ακολουθούμενο από ένα άλλο γράμμα. Ένα λάδι SM είναι ανώτερης ποιοτικής διαβάθμισης ενός SL, το οποίο είναι ανώτερο ενός SI. Υπάρχουν κι άλλα ποιοτικά στάνταρ διαφόρων ιδρυμάτων ή αυτοκινητιστικών εταιριών, μερικές με πολύ αυστηρές δοκιμές. Επειδή το λάδι στους κινητήρες μοτοσυκλέτας γενικά λιπαίνει το κιβώτιο ταχυτήτων και τον συμπλέκτη, πρέπει να είναι κατάλληλου τύπου και δεν πρέπει να έχει πρόσθετα που τροποποιούν την τριβή, τα οποία χρησιμοποιούνται στους κινητήρες αυτοκινήτων.

Για αυτόν τον λόγο υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες λιπαντικών κινητήρα που διακρίνονται με τις συντομογραφίες MA (χωρίς προσθετικά κατάλληλα για τετράχρονους κινητήρες μοτοσυκλέτας) και MB.



Εικόνα 2.54: λάδια κινητήρων

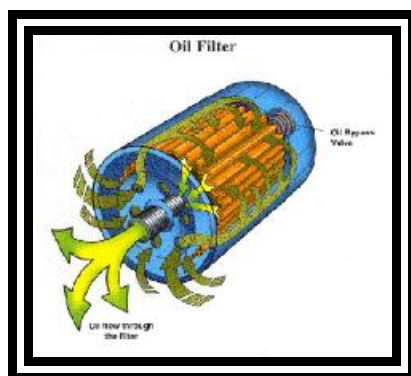
2.6.3 Κύκλωμα λίπανσης



Εικόνα 2.55: κύκλωμα λίπανσης KTM LC4

τοποθετείται κάτω από την αντλία και πρέπει να αντικαθίσταται περιοδικά. Επιπλέον υπάρχει ένα δικτυωτό φίλτρο κοντά στις διόδους εισαγωγής της αντλίας που έχει το καθήκον να συγκρατεί τις πιο μεγάλες ακαθαρσίες.

Τα κυκλώματα λίπανσης με ξηρό κάρτερ είναι εφοδιασμένο με μια δεύτερη αντλία επαναφοράς του λαδιού, που αναρροφά το λάδι από το κάρτερ λαδιού στο κάτω μέρος του κινητήρα, για να το στείλει σε μια χωριστή δεξαμενή στο εσωτερικό του πλαισίου. Μετά από το κάρτερ λαδιού, το λιπαντικό παραλαμβάνεται από την αντλία παροχής για να συνεχιστεί ο κύκλος λειτουργίας του συστήματος. Το σύστημα λίπανσης με ξηρό κάρτερ επιτρέπει να μειώσουμε το ύψος του κινητήρα, και επιτρέπει στην αντλία παροχής να τροφοδοτείται με λάδι ασταμάτητα, ακόμα και σε αντίξοες συνθήκες (σούζες, ανάποδες σούζες, κ.λπ.) χρησιμοποιείται σε πολυάριθμους μεγάλους μονοκύλινδρους κινητήρες, σε μοντέλα προορισμένα για οδήγηση εκτός δρόμου, αλλά και σε άλλους δίκυλινδρους, μεγάλου κυβισμού (KTM, Rotax, αλλά και Harley Davidson).

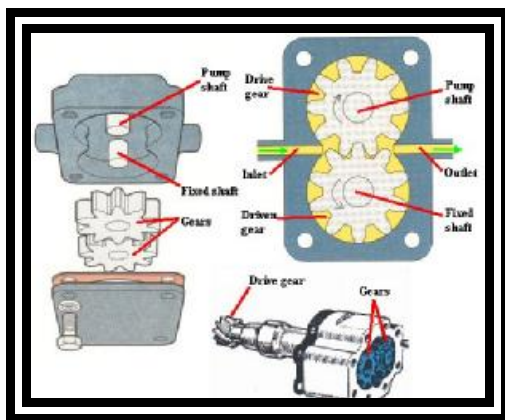


Εικόνα 2.56: φίλτρο λαδιού

Στους τετράχρονους κινητήρες σημαντικές ποσότητες λαδιού προωθούνται σε διάφορα όργανα, έτσι ώστε να λιπαίνονται κατάλληλα. Το κύκλωμα λίπανσης μπορεί να είναι με υγρό ή ξηρό κάρτερ. Στην πρώτη περίπτωση, υπάρχει μόνο μια αντλία παροχής που φροντίζει να αναρροφά το λάδι το κάρτερ λαδιού, και να το στέλνει υπό πίεση στα διάφορα όργανα διαμέσου κατάλληλων διόδων. Αφού έχει διαπράξει το έργο του, το λιπαντικό επιστρέφει στη δεξαμενή, τοποθετημένη χαμηλά στα κάρτερ (πολλές φορές ενσωματωμένη με αυτά) όπου συγκεντρώνεται για να ψυχθεί και να απορροφηθεί ξανά από την αντλία. Το κύκλωμα είναι εφοδιασμένο με αποτελεσματικό φίλτρο σε κατάλληλη θέση έτσι ώστε να κατακρατήσει ακαθαρσίες πολύ μικρών διαστάσεων,

Το υγρό κάρτερ έχει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης απλότητας. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι σε διάφορους κινητήρες υψηλών επιδόσεων υπάρχει μόνο η αντλία παροχής, αλλά στην πραγματικότητα το σύστημα λίπανσης μπορεί να οριστεί <<ημίξηρο>> επειδή το λάδι συλλέγεται σε έναν χώρο, που χωρίζεται από το θάλαμο στροφάλου.

2.6.4 Πίεση και θερμοκρασία



Εικόνα 2.57: Αντλία με γρανάζια

δημιουργώντας έναν χώρο. Η αποβολή λαδιού πραγματοποιείται όταν, αντίθετα, ο χώρος μειώνεται, μέχρι να εξαφανιστεί, επειδή ο λοβός εισχωρεί πιο βαθιά, σε έναν άλλο χώρο. Οι αντλίες με εσωτερικά γρανάζια, που είναι σήμερα πολύ διαδεδομένες στον χώρο του αυτοκινήτου, σπάνια εφαρμόστηκαν σε κινητήρες μοτοσυκλετών.

Η πίεση στο κύκλωμα εξαρτάται από την παροχή της αντλίας και το ιξώδες του λαδιού, που καθορίζει ουσιαστικά την αντίσταση που το λάδι συναντά στο εσωτερικό του κυκλώματος. Σε κινητήρες με κουζινέτα το διάκενο μεταξύ αυτών και των βάσεων του στροφαλοφόρου άξονα είναι πολύ περιορισμένο και το λάδι συναντά μια μεγάλη αντίσταση για να περάσει, άρα η πίεση στο κύκλωμα πρέπει να είναι μεγάλη.



Εικόνα 2.58: τροχοειδείς αντλία

Στους κινητήρες με βελονοειδή ρουλεμάν ανάμεσα σε μπιέλα και κομβίο του στροφαλοφόρου υπάρχουν διαστήματα σχετικά ευρέα, διαμέσου των οποίων μπορεί να περάσει το λάδι, κατά συνέπεια η πίεση στο κύκλωμα είναι πολύ μικρότερη. Το σύστημα λίπανσης είναι εφοδιασμένο μια βαλβίδα που ανοίγει όταν η πίεση στο κύκλωμα παροχής ξεπερνά κάποια τιμή. Χάρη σε αυτήν αποφεύγεται ο κίνδυνος ώστε η πίεση να γίνει υπερβολική, θέτοντας σε κίνδυνο σημαντικά όργανα, καθορίζοντας μια συγκεκριμένη ισχύ αναρρόφησης στην ίδια την αντλία. Δια μέσου αυτής της βαλβίδας, εξέρχεται μια ποσότητα λαδιού που σε κάποιες περιπτώσεις λειτουργίας μπορεί να είναι πολύ υψηλή (ίσως και μεγαλύτερη αυτής που φθάνει στις κύριες διόδους του κυκλώματος). Για να αποφευχθούν οι υψηλές θερμοκρασίες του λιπαντικού στους κινητήρες, χρησιμοποιούνται ψυγεία ή συστήματα ψύξης που συνδυάζουν νερό και λάδι. Τα τελευταία είναι λιγότερο αποτελεσματικά, αλλά παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι είναι πολύ συμπαγή. Επιπλέον διευκολύνουν κατά κάποιο μέτρο την επίτευξη θερμοκρασιών από πλευράς κινητήρα (το νερό θερμαίνεται πριν το λάδι, κι έτσι συνεισφέρει στο να επιτευχθεί πιο γρήγορα η ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας). Σε σχεδόν όλους τους κινητήρες υψηλών

Οι αντλίες των συστημάτων λίπανσης των σύγχρονων κινητήρων μοτοσυκλέτας είναι δύο ειδών: με γρανάζια και με λοβούς (τροχοειδής). Οι πρώτοι διαθέτουν δύο γρανάζια και δύο παράλληλους άξονες, τοποθετημένους πάνω σε ένα σώμα.

Το λάδι <<μεταφέρεται>> σε συγκεκριμένα σημεία από δόντι σε δόντι. Οι τροχοειδείς αντλίες αποτελούνται από δύο ρότορες με άνισους άξονες, τοποθετημένους τον ένα στο εσωτερικό του άλλου,

Στους κινητήρες με βελονοειδή ρουλεμάν ανάμεσα σε μπιέλα και κομβίο του στροφαλοφόρου υπάρχουν διαστήματα σχετικά ευρέα, διαμέσου των οποίων μπορεί να περάσει το λάδι, κατά συνέπεια η πίεση στο κύκλωμα είναι πολύ μικρότερη. Το σύστημα λίπανσης είναι εφοδιασμένο μια βαλβίδα που ανοίγει όταν η πίεση στο κύκλωμα παροχής ξεπερνά κάποια τιμή. Χάρη σε αυτήν αποφεύγεται ο κίνδυνος ώστε η πίεση να γίνει υπερβολική, θέτοντας σε κίνδυνο σημαντικά όργανα, καθορίζοντας

επιδόσεων το λάδι έχει μία σημαντική ψυκτική λειτουργία, όπως επίσης για τα πιστόνια όσον αφορά στην τριβή τους με τα χιτώνια.

2.6.5 Λίπανση δίχρονου κινητήρα

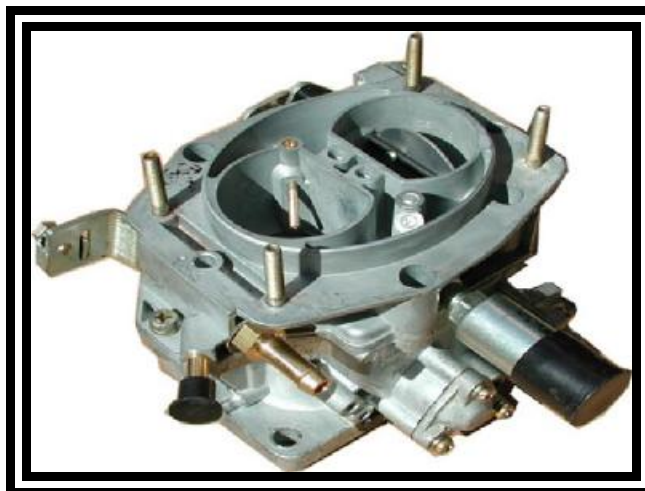
Για πολλά χρόνια οι δίχρονοι κινητήρες λιπαίνονταν αποκλειστικά, ανακατεύοντας συγκεκριμένη ποσότητα λαδιού απευθείας στο καύσιμο, δηλαδή χρησιμοποιώντας για τροφοδοσία όχι μόνον σκέτη βενζίνη, αλλά ένα μείγμα βενζίνης-λαδιού.

Χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα, στο εσωτερικό του στροφαλοθαλάμου εισέρχεται ένα σύννεφο λαδιού, που επικάθεται στα μεταλλικά τοιχώματα σχηματίζοντας ένα λεπτό λιπαντικό στρώμα.



Εικόνα 2.59: Λάδια δίχρονου κινητήρα μίξης

2.7 ΚΑΡΜΠΥΡΑΤΕΡ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΕΚΑΣΜΟΥ



Εικόνα 2.60: καρμπυρατέρ

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται τροφοδοτούνται από μείγμα αέρα και βενζίνης. Η σχέση ανάμεσα στις ποσότητες του μείγματος έχει θεμελιώδη σημασία για τη σωστή λειτουργία του κινητήρα, τις επιδόσεις και τις εκπομπές καυσαερίων και πρέπει επομένως να προκύπτει συνολικά μέσα σε όρια σαφώς περιορισμένα και καλά καθορισμένα. Από χημική άποψη το μείγμα είναι σωστά διανεμημένο, αφού αποτελείται από 14,7 περίπου μέρη αέρα (σε βάρος) για κάθε μέρος βενζίνης. Λέγεται ότι σε αυτήν την περίπτωση το μείγμα είναι σωστά διανεμημένο, αφού αποτελείται



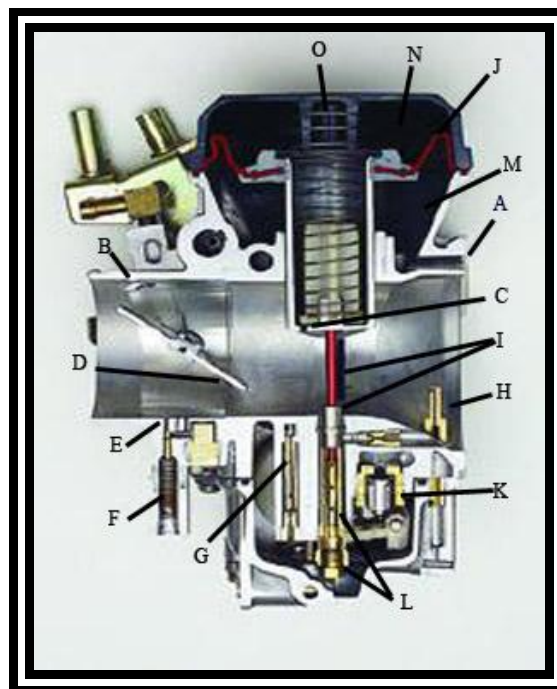
Εικόνα 2.61: Σύστημα ψεκασμού

από 14,7 περίπου μέρη αέρα (σε βάρος) για κάθε μέρος βενζίνης. Λέγεται ότι σ' αυτήν την περίπτωση το μείγμα έχει ένα στοιχειομετρικό βαθμό (ή μια αναλογία τύπου λάμδα=1). Κατά τη διάρκεια καύσης όλο το οξυγόνο του αέρα ανακατεύεται με το καύσιμο και αντίστροφα. Στο τέλος δεν μένουν αχρησιμοποίητα ούτε τα μόρια οξυγόνου, ούτε των υδρογονανθράκων που συνθέτουν τη βενζίνη. Το μείγμα στο οποίο το καύσιμο είναι περισσότερο από τον αέρα, ονομάζονται <<πλούσιο>>, ενώ εκείνο στο οποίο το καύσιμο είναι σε έλλειψη (ή ο αέρας βρίσκεται σε πλεόνασμα) ονομάζεται <<φτωχό>>. Σε κάθε καύσιμο αντιστοιχεί μια διαφορετική στοιχειομετρική αναλογία (για παράδειγμα, για τη μεθυλική αλκοόλη είναι 6,1). Για τη βενζίνη δεν είναι δυνατό να καθορίσουμε μία αναλογία απολύτως αυστηρή, δεδομένου ότι αποτελείται από ένα μείγμα υδρογονανθράκων πολλών διαφορετικών τύπων. Είμαστε επομένως στη τάξη του 14,7.

2.7.1 Η σημασία της αναλογίας

Η μέγιστη ισχύ επιτυγχάνεται σε διαφορετικές στροφές λειτουργίας, τροφοδοτώντας τον κινητήρα με ένα μείγμα που έχει μια τιμή αρκετά πλούσια (γενικά γύρω στο 12,5-13). Οι μικρότερες καταναλώσεις έχουν αντίθετα μείγματα ελαφρώς φτωχά. Για να έχουμε συνολικά την ελάχιστη εκπομπή καυσαερίων του κινητήρα χρειάζεται να Στις χαμηλές στάθμες περιστροφής ο στροβιλισμός της εισαγόμενης αέριας μάζας είναι πολύ μέτριος και η ταχύτητα του αέρα στους αυλούς εισαγωγής είναι περιορισμένη. Η ανάμειξη της βενζίνης με τον αέρα είναι κάθε άλλο παρά επαρκής, ιδιαίτερα αν η τροφοδοσία γίνεται με καρμπυρατέρ και επίσης η ανάφλεξη του μείγματος αναποτελεσματική. Κατά συνέπεια ο κινητήρας τείνει να λειτουργεί καλύτερα αν του παρέχεται ένα πλούσιο μείγμα. Μια αναλογία μείγματος ακόμα πιο πλουσίου απαιτείται για τις κρύες εκκινήσεις και στα πρώτα λεπτά της λειτουργίας, όταν το καρμπυρατέρ έχει δυσκολία να εξαερώσει το μείγμα και έτσι σχηματίζεται ένα <<στρώμα>> που επικάθεται στα μεταλλικά τοιχώματα των αυλών.

2.7.2 Το καρμπυρατέρ



Εικόνα 2.62: Καρμπυρατέρ υποπίεσης

Η απόδοση ισχύος στους κινητήρες ελέγχεται επενεργώντας στην εισαγωγή, μέσω της βαλβίδας εισαγωγής, που βρίσκεται κατά μήκος του αυλού εισαγωγής, προς την κυλινδροκεφαλή. Οι κύλινδροι τροφοδοτούνται μόνο όταν η βαλβίδα είναι τελείως ανοιχτή, ή όταν το γκάζι είναι ανοιχτό. Ο κινητήρας τροφοδοτείται από ένα μείγμα αέρα και καυσίμου, διανεμημένου ισόποσα την σωστή χρονική στιγμή. Την τροφοδοσία αυτού του μίγματος, ελέγχοντας το βαθμό, και ταυτόχρονα την ρύθμιση της εισαγωγής, ικανοποιούσαν μέχρι και πριν από μερικά χρόνια αποκλειστικά το καρμπυρατέρ. Σήμερα η κατάσταση είναι διαφορετική και οι περισσότερες μοτοσυκλέτες τροφοδοτούνται με ψεκασμό. Επίσης στα μοντέλα εκτός δρόμου τα καρμπυρατέρ έχουν αρχίσει να παραχωρούν σταδιακά τη θέση τους στο ψεκασμό. Εκεί που συνεχίζουν, αντίθετα, να κυριαρχούν είναι στους κινητήρες καθημερινής χρήσης και με μικρό κυβισμό, σε μικρά σκούτερ και σε μοτοποδήλατα.

Ένα καρμπυρατέρ αποτελείται σχηματικά από ένα σωλήνα με περιορισμένη διατομή (κύριος αυλός ή βεντούρι) στον οποίο εκχύει ένα ζιγκλέρ, που τροφοδοτείται από το δοχείο στάθμης βενζίνης (λεκανάκι). Το πέρασμα του αέρα που εισέρχεται στον κινητήρα, από το σωλήνα βεντούρι, καθορίζει τη συμπίεση που επαναφέρει το καύσιμο από το κύριο ζιγκλέρ, εισάγοντας το στο σωλήνα με τη μορφή <<νέφους>> που αναμειγνύεται με μιας με τον αέρα. Η ποσότητα του καυσίμου ρυθμίζεται από ένα βαθμονομημένο στόμιο (που συνδέεται με την κύρια έκχυση) και η εξαέρωση γίνεται συχνά καλύτερη με μια επιπρόσθετη συνεισφορά του αέρα που δίνεται διακεκομμένα από ένα άλλο βαθμονομημένο στόμιο.

Η βαλβίδα βενζίνης, γενικά, είναι τύπου κωνικής βελόνας και βρίσκεται τοποθετημένη σε αντιστοιχία με το ζιγκλέρ βελόνας (επομένως στην πραγματικότητα το καρμπυρατέρ λειτουργεί με μεταβλητό βεντούρι). Για να αποφευχθεί να απομακρύνεται η αναλογία του μίγματος από την προβλεπόμενη τιμή, αφού σιγά-σιγά η ροή του αέρα στο σωλήνα αυξάνεται, χρησιμοποιείται ένα σύστημα διόρθωσης, που προβλέπει μια βελόνα τοποθετημένη στο ζιγκλέρ βελόνας. Αυτό το στοιχείο ρύθμισης παρεισφύει στο εσωτερικό του ζιγκλέρ ή στο σωληνάκι μέσα από

το οποίο έρχεται το καύσιμο διακεκομμένα από κύρια έκχυση. Σιγά σιγά καθώς η βαλβίδα ανοίγει, η βελόνα σηκώνεται και η διατομή διέλευσης της διάθεσης του καυσίμου αυξάνει.

Το καρμπυρατέρ συμπληρώνεται από ένα ζιγκλέρ ρελαντί και από ένα ζιγκλέρ εμπλουτισμού μειγμάτων για τις κρύες εκκινήσεις.

Τα καρμπυρατέρ υπό πίεσης (CV) είναι εφοδιασμένα με μια βαλβίδα αερίου πεταλούδας, τοποθετημένης στην κατεύθυνση της βαλβίδας ρύθμισης. Η βελόνα βρίσκεται σε μια βελονοειδή βαλβίδα που δεν κινείται από το γκάτζι (όπως η βαλβίδα αερίου) αλλά σηκώνεται χάρη στη διαφορά πίεσης καυσίμου και ατμόσφαιρας.

Στο ανώτερο μέρος του σώματος του καρμπυρατέρ βρίσκεται σε αυτή τη περίπτωση μια πνευματική κάψουλα (ο χώρος είναι χωρισμένος σε δύο τμήματα με μια μεμβράνη, στην οποία βρίσκεται η βελονοειδής βαλβίδα) : όσο μεγαλύτερη διαφορά πίεσης τόσο περισσότερο σηκώνεται η βαλβίδα (και επομένως η βελόνα).

Με αυτόν τον τρόπο, ακόμα και αν ο αναβάτης ανοίξει τελείως το γκάτζι, η βελονοειδής βαλβίδα σηκώνεται σταδιακά αναπτύσσοντας ομαλή λειτουργία.



Εικόνα 2.63: ζιγκλέρ ρελαντί

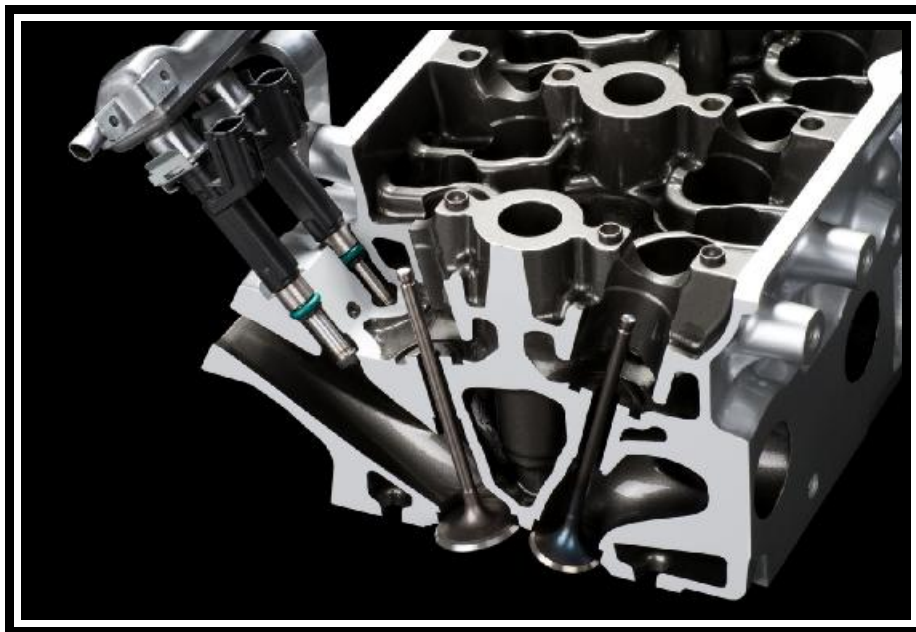


Εικόνα 2.64: ζιγκλέρ βελόνας



Εικόνα 2.65: βελόνα Καρμπυρατέρ

2.7.3 Σύστημα ψεκασμού



Εικόνα 2.66: Σύστημα ψεκασμού

Το καύσιμο, όταν η τροφοδοσία γίνεται με καρμπυρατέρ, εισέρχεται στον αυλό. Στην περίπτωση όμως του ψεκασμού (injection), το μείγμα εκχύεται υπό πίεση με μια κατάλληλη συσκευή, το μπεκ, που ελέγχεται ηλεκτρονικά.

Στο χώρο της μοτοσυκλέτας χρησιμοποιούνται συστήματα έμμεσου ψεκασμού στους τετράχρονους κινητήρες και άμεσου ψεκασμού στους ελάχιστους δίχρονους, που δεν είναι εφοδιασμένοι με καρμπυρατέρ. Στην πρώτη περίπτωση το καύσιμο εισέρχεται στον αυλό εισαγωγής ενώ στην δεύτερη ψεκάζεται κατευθείαν στον κύλινδρο.

Ένα σύγχρονο σύστημα έμμεσου ψεκασμού προβλέπει μια αντλία που στέλνει το καύσιμο με μια σχετική πίεση στα μπεκ (που σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να είναι δυο για κάθε κύλινδρο). Αυτά δέχονται ηλεκτρομαγνητικά την εντολή και στέλνουν το καύσιμο διακεκομμένα. Η ποσότητα που παρέχεται σε κάθε κύκλο στον όποιο κύλινδρο μεταβάλλεται τροποποιώντας τον χρόνο ανοίγματος των μπεκ.

Ο έλεγχος αναθέτεται σε ένα εγκέφαλο κατάλληλα χαρτογραφημένο, που λαμβάνει υπόψη κυρίως τη περιστροφή και το βαθμό του ανοίγματος του γκαζιού (ή του φορτίου του κινητήρα). Οι άλλες παράμετροι, που του επιτρέπουν να προσαρμόσει στην περίπτωση την εισαγωγή καυσίμου, του παρέχονται από μια σειρά αισθητήρων που πληροφορούν για την πίεση και τη θερμοκρασία του αέρα της τροφοδοσίας στο εσωτερικό του κουτιού αέρα, για τη θερμοκρασία του υγρού της ψύξης, κλπ.

Ο χάρτης απομνημονεύεται στον εγκέφαλο και αναφέρει τη βέλτιστη ποσότητα καυσίμου που πρέπει να παρέχει σε κάθε κύκλο σε όποιο κύλινδρο, στις διάφορες συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή στους διάφορους συνδυασμούς φορτίου/στάθμης.



Εικόνα 2.67: μπέκ ψεκασμού

2.8 ΑΝΑΦΛΕΞΗ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ



Εικόνα 2.68: Μπουζί (σπινθηριστής)

Προς το τέλος της διαδρομής της συμπίεσης το μείγμα αέρα-καυσίμου αναφλέγεται από τον σπινθήρα που ελευθερώνεται στο διάκενο των ηλεκτροδίων του μπουζί (σπινθηριστή). Έτσι αρχίζει η καύση, που όσο και ταχύτερη να είναι, απαιτεί οπωσδήποτε κάποιο χρόνο για να αναπτυχθεί. Για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων με σκοπό τις επιδόσεις, είναι αναγκαίο ο σπινθήρας να αναφλέγεται με μια κάποια προοπορεία αναφορικά με ΑΝΣ (Άνω Νεκρό Σημείο), για να δώσει χρόνο πριν από το μέτωπο της φλόγας, να αναπαραχθεί και να επιτύχει στο εσωτερικό του κυλίνδρου την πλεονεκτικότερη διαμόρφωση πίεσης. Η βέλτιστη προοπορεία δεν είναι σταθερή, αλλά ποικίλλει σε λειτουργία τόσο στη στάθμη της περιστροφής όσο και στο φορτίο (ή στο άνοιγμα του γκαζιού). Η καύση δεν αρχίζει ακριβώς όταν αναφλέγεται ο σπινθήρας, αλλά λίγο αργότερα.

Έπειτα από μια τέτοια φάση πλήρωσης, το μέτωπο της φλόγας αρχίζει να αναπτύσσεται διαμέσου του θαλάμου καύσης, ανάβοντας καθώς συναντά σιγά-σιγά το φρέσκο μείγμα. Αυτό προκαλεί μια προοδευτική, αλλά γρήγορη αύξηση της πίεσης. Η ταχύτητα τροφοδοσίας του μετώπου της φλόγας επηρεάζεται έντονα από το στροβιλισμό του μείγματος υπό καύση. Προσεκτικές υδροδυναμικές μελέτες στο εργαστήριο δοκιμών, επιτρέπουν να καθορισθεί ο τύπος και ο βέλτιστος στροβιλισμός, για κάθε διαφορετικό κινητήρα.

Η επιλογή είναι συμβιβαστική, εφόσον, αν ένας αισθητός στροβιλισμός είναι αναγκαίος για να αυξήσει τη ταχύτητα καύσης, είναι επίσης αλήθεια ότι αυτός δεν επιτυγχάνεται χωρίς απώλειες, αλλά σε αντίτιμο μιας μείωσης της ογκομετρικής αποδοτικότητας. Για να εισαχθεί η διαδικασία στροβιλισμού (που ονομάζεται swirl αν ο άξονας του στροβίλου είναι παράλληλος με εκείνο του κυλίνδρου ή εξομοιώνεται με αυτόν -κάθετος), προκαλούνται πράγματι αναπόφευκτα, απώλειες φορτίου. Η ταχύτητα ανάφλεξης που αναπτύσσεται στο μέτωπο της φλόγας αυξάνει σιγά-σιγά και ενδεικτικά μπορεί να φτάσει σε τιμές της τάξης των 25-50 m/s.

2.8.1 Μπουζί



Εικόνα 2.69: Μπουζί

Ο σπινθήρας που αναφλέγει το μείγμα αέρα-καυσίμου προκαλώντας τη καύση, ελευθερώνεται στο διάκενο των ηλεκτροδίων του κατάλληλου οργάνου, που βρίσκεται βιδωμένο στη μεσαία κυλινδροκεφαλή και μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί και να αντικατασταθεί: το μπουζί. Μόνο το άκρο του, το ηλεκτρόδιο, παίρνει μέρος στη διαδικασία της καύσης. Το σώμα που βιδώνεται στο στόμιο που βρίσκεται στο τοίχωμα της κυλινδροκεφαλής και το υπόλοιπο παραμένει απέξω.

Η θέση του μπουζί έχει μεγάλη σημασία: αν είναι κεντρική, η διαδρομή που πρέπει να καλύψει το μέτωπο της φλόγας για να αναπαράγει τη καύση σε όλη την αέρια μάζα είναι περιορισμένη, και επομένως είναι δυνατό να επισπεύσει την ανάφλεξη. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται δύο μπουζί σε κάθε κύλινδρο.

Η λύση μπορεί να είναι πλεονεκτική, παρουσία μεγάλης διαμέτρου κυλίνδρου ή θαλάμου καύσης, όχι συνηθισμένης διαμόρφωσης.

Οι συνθήκες λειτουργίας του μπουζί είναι απαιτητικές. Το ηλεκτρόδιο στο άκρο του, λούζεται από αέριο, του οποίου η θερμοκρασία μπορεί να φτάσει 2500 οC. Πρέπει εξάλλου να υποστηρίζει πιέσεις πολύ υψηλές (συχνά ανώτερες των 80 bar, στους σύγχρονους κινητήρες), οι οποίες φτάνουν σε πολύ σύντομους χρόνους. Εξάλλου είναι εξαναγκασμένο σε κραδασμούς και θερμικές εντάσεις σημαντικής έκτασης. Σε έναν κινητήρα που περιστρέφεται στις 6000 στροφές ανά λεπτό (στάθμη αρκετά ήρεμη για πολλές μοτοσυκλέτες της παραγωγής), το μπουζί του κάθε κυλίνδρου πρέπει να παράγει 50 σπινθήρες το δευτερόλεπτο. Στις 12000 στροφές ανά λεπτό χρειάζεται να παράγει το διπλάσιο, δηλαδή 100 σπινθήρες το δευτερόλεπτο. Παρ' όλα αυτά ένα μπουζί πρέπει να λειτουργεί άψογα για δεκάδες χιλιάδες χιλιόμετρων. Εν ολίγοις, η ζωή πράγματι είναι αρκετά σκληρή για αυτό το σημαντικό όργανο της μοτοσυκλέτας, που κάτω από μια πολύ απλή εμφάνιση, κρύβει ένα τεχνολογικό περιεχόμενο αξιόλογου επιπέδου.

2.8.2 Διαμόρφωση και λειτουργία



Εικόνα 2.71: Μπουζί

Ένα μπουζί αποτελείται από ένα μεταλλικό σώμα (στο οποίο είναι ενσωματωμένα ένα παξιμάδι, για να βιδώνει και να ξεβιδώνει με τη βοήθεια ενός κλειδιού, μια σπειροειδής βάση, από ένα κεραμικό μονωτή που τον διατρέχει σε όλο του το μήκος, και από ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο). Η σύνδεση ανάμεσα στο σώμα του μπουζί και της κυλινδροκεφαλής εξασφαλίζεται από μια κατάλληλη ροδέλα που στη συνέχεια συμπιέζεται εξαιτίας της σύσφιξης και εμποδίζει οποιαδήποτε πιθανότητα απώλειας αερίων.

Μεταξύ του μονωτή, που γενικά είναι από αλουμίνια και καταφέρει τη συμπύκνωση μάζας και του σώματος του

μπουζί στη φάση βιομηχανικής παραγωγής, εφαρμόζεται στόκος, που έχει τη λειτουργία τόσο του συγκολλητικού όσο και του συνολικού κρατήματος. Οι σπειροειδείς βάσεις μπορούν να είναι διαφορετικών διαμέτρων (τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στους κινητήρες των μοτοσυκλετών είναι 14, 12 και 10 mm) και μπορούν να έχουν δύο διαφορετικά μήκη (τα σταθερά είναι 19 και 12,7 mm). Για να μπορεί να λειτουργήσει σωστά, το άκρο του μπουζί (δηλαδή το <<πόδι>> του μονωτή και τα ηλεκτρόδια) πρέπει να δουλέψει σε μια θερμοκρασία από τους 400oC περίπου, μέχρι λίγο περισσότερο των 800oC. Έξω από αυτή τη περιοχή συμβαίνουν αναπόφευκτα προβλήματα. Μια θερμοκρασία πολύ χαμηλή προκαλεί επικαθήσεις καπνιάς στο άκρο του μπουζί με συνέπεια, ελλειψείς αναφλέξεις και χαμένες κρουστικές καύσεις. Μια θερμοκρασία πολύ υψηλή αντίθετα προκαλεί προαναφλέξεις (που μπορούν να έχουν τραγικά αποτελέσματα για την ακεραιότητα του εμβόλου) και μπορεί επίσης να βλάψει και το ίδιο το μπουζί. Όπως είναι φανερό, η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου του μπουζί αυξάνει, όσο ανεβαίνουν οι στροφές και το φορτίο του κινητήρα. Για να μπορεί το μπουζί να δουλεύει άγνογα πρέπει να έχει το σωστό θερμικό βαθμό για τον τύπο του κινητήρα στον οποίο προορίζεται.

2.8.3 Τύποι μπουζί

Τα μπουζί κατασκευάζονται όχι μόνο σε διάφορες διαστάσεις και θερμικές αγωγιμότητες, αλλά επίσης και με διαφορετικές τυπολογίες ηλεκτροδίων. Τα συνηθισμένα έχουν ένα ηλεκτρόδιο, διπλωμένο κατάλληλα, που φτάνει σε συγκεκριμένη απόσταση (το λεγόμενο διάκενο, που ανάλογα με τις περιπτώσεις μπορεί να ποικίλλει από ένα ελάχιστο των 0,4 ως ένα μέγιστο των 1,0 mm) από το κεντρικό ηλεκτρόδιο.

Μερικά μπουζί έχουν κεντρικό ηλεκτρόδιο μειωμένης διαμέτρου, το οποίο περιορίζει την τάση (ή καλύτερα την απαιτούμενη διαφορά δυναμικού γιατί εκτοξεύει

τον σπινθήρα). Η χρήση ευγενών μετάλλων όπως η πλατίνα μπορεί να αυξήσει τη διάρκεια ζωής του μπουζί. Ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο από χαλκό κατεβάζει τη θερμοκρασία λειτουργίας χάρη στην υψηλή θερμική αγωγιμότητα.

Τα μπουζί με προτεταμένη ακίδα είναι πιο <<ελαστικά>> όσο αφορά το θερμικό βαθμό. Τα τελευταία χρόνια κυκλοφορούν μπουζί με περισσότερο από ένα ηλεκτρόδια (η λύση είναι πλεονεκτική για την αντίσταση στις επικαθίσεις καπνιάς).

Τα μπουζί με χωρητική εκφόρτιση ή ημιχωρητική, στα οποία το ηλεκτρόδιο αποτελείται από το ίδιο άκρο της σπειροειδούς βάσης, βρίσκουν ενδιαφέρουσες εφαρμογές. Στους αγωνιστικούς κινητήρες χρησιμοποιούνται συχνά μπουζί με εσωτερικό ηλεκτρόδιο, με υψηλό θερμικό βαθμό και με ισχυρή αντίσταση στις υψηλές απαιτήσεις.

2.8.4 Θερμική αγωγιμότητα

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός μπουζί είναι η θερμική αγωγιμότητα, που προσδιορίζεται από την ευκολία με την οποία αυτό αποβάλλει την θερμότητα που λαμβάνει από τα αέρια και από το μήκος του μονωτή (ή από την επιφάνεια που καταλαμβάνεται από τα ίδια τα αέρια). Έχει χαμηλό θερμικό βαθμό ένα μπουζί που απορροφά πολύ θερμότητα (εφόσον η επιφάνεια είναι μεγάλη), και αποβάλλει θερμότητα (διαμέσου της επαφής με την κυλινδροκεφαλή).

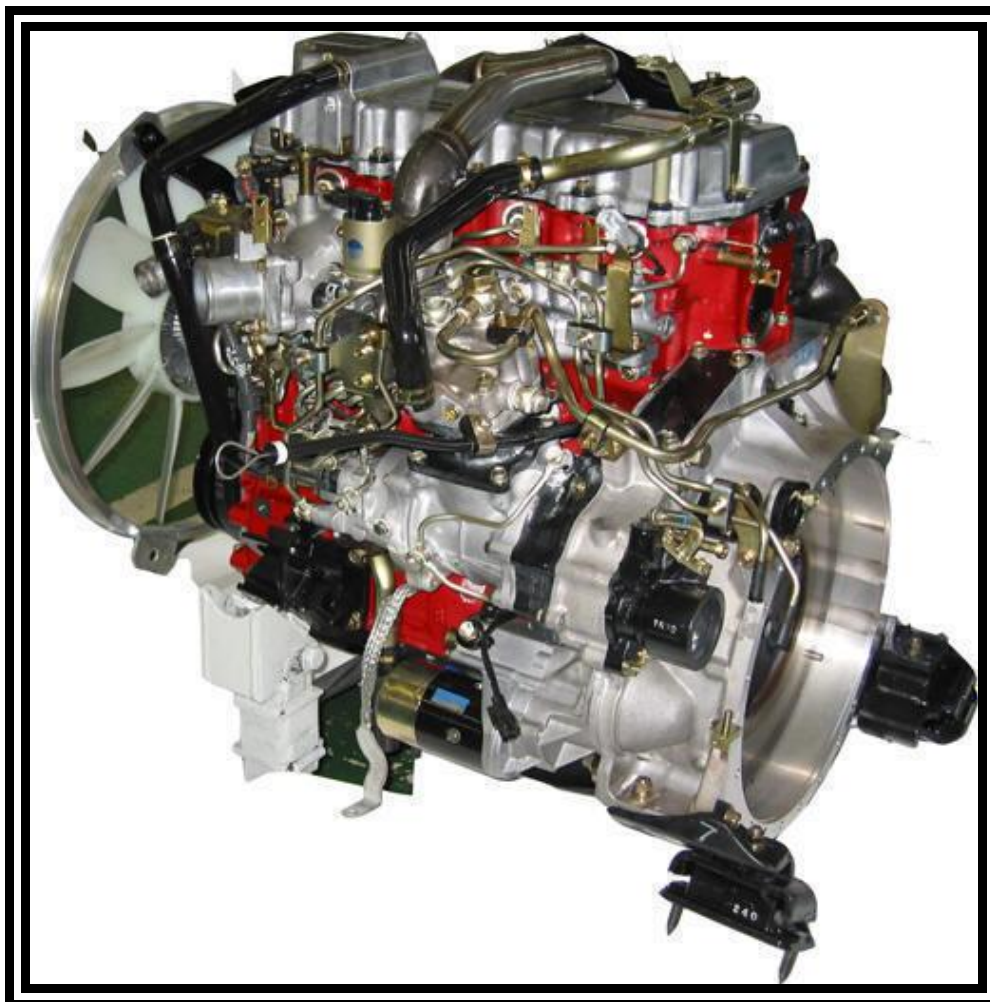
Ένα μπουζί αυτού του είδους, κατάλληλο για κινητήρες χαμηλότερης απόδοσης, χαρακτηρίζεται ως 'θερμό'.

Αντίθετα ένα 'ψυχρό' μπουζί έχει ένα θερμικό βαθμό υψηλό (δηλαδή απορροφά λιγότερη θερμότητα και την αποβάλλει εύκολα) και είναι επομένως ιδανικό για κινητήρες επιδόσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

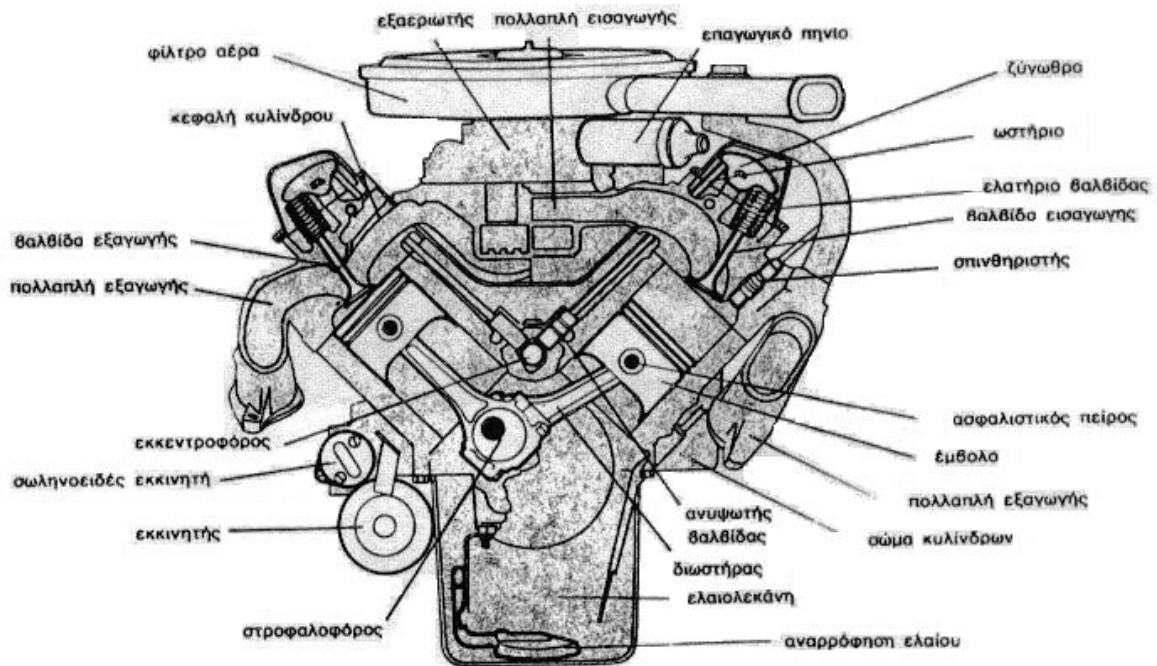


Εικόνα 3.1: κινητήρας

3.1 Η δομή γενικά

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.

Η γενική περιγραφή της κατασκευής του κινητήρα που ακολουθεί δείχνει τα κυριότερα μέρη του και εισάγει την ονοματολογία τους. Ως βασικός τύπος χρησιμοποιείται ο τετράχρονος κινητήρας αυτοκινήτου.



3.1.1 ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

3.1.1.1 Διάμετρος

Με αυτόν τον όρο συμβολίζεται η διάμετρος του κυλίνδρου. Συνήθως εκφράζεται σε χιλιοστά.

3.1.1.2 Κυβισμός

Είναι ο όγκος που δημιουργείται από το πιστόνι στην κίνησή του από ένα νεκρό σημείο στο άλλο. Εκφράζεται σε κυβικά εκατοστά (λιγότερο συχνά σε λίτρα). Λαμβάνεται πολλαπλασιάζοντας το εμβαδόν της εγκάρσιας διατομής του κυλίνδρου επί την διαδρομή. Οπότε υπολογίζεται εύκολα αν γνωρίζει κανείς τη διάμετρο και τη διαδρομή του κινητήρα.

3.1.1.3 Χωρητικότητα κυλίνδρου

Στους μονοκύλινδρους κινητήρες με αυτόν τον όρο αναφέρεται ο κυβισμός ενός κυλίνδρου.

3.1.1.4 Διαδρομή

Είναι η απόσταση (εκφραζόμενη σε χιλιοστά), που διαχωρίζει τα δύο σημεία που φτάνει το πιστόνι κατά την διάρκεια της ευθύγραμμης παλινδρομικής κίνησης στο εσωτερικό του κυλίνδρου δηλαδή τα δύο νεκρά σημεία.

3.1.1.5 ΚΝΣ

Συμβολίζει το <<Κάτω Νεκρό Σημείο>> , δηλαδή τη θέση στην οποία το έμβολο βρίσκεται πιο κοντά στον στροφαλοφόρο άξονα. Αν ο κύλινδρος είναι κατακόρυφος , πρόκειται για την πιο χαμηλή θέση όπου το έμβολο φτάνει στο εσωτερικό του.

Στο ΚΝΣ το έμβολο σταματά στιγμιαία για να αρχίσει να κινείται με αντίθετη φορά προς το Άνω Νεκρό Σημείο.

3.1.1.6 ΑΝΣ

Συμβολίζει το <<Άνω Νεκρό Σημείο>> , δηλαδή τη θέση στην οποία το πιστόνι βρίσκεται πιο κοντά στην κεφαλή. Φτάνοντας στο ΑΝΣ το πιστόνι σταματά στιγμιαία για να αντιστρέψει τη φορά κίνησης του, αρχίζοντας αμέσως να κινείται προς το ΚΝΣ.

3.1.1.7 Λόγος συμπίεσης

Όταν το πιστόνι ανεβαίνει στο ΑΝΣ, αφού έχει αναρροφήσει το μίγμα αέρα /καυσίμου στο εσωτερικό του κυλίνδρου, συμπιέζει το ίδιο το μίγμα, φέρνοντας το σε σημαντική θερμοκρασία και πίεση. Η συμπίεση εξαρτάται από το πηλίκο μεταξύ του μέγιστου όγκου(πιστόνι στο ΚΝΣ) και του ελάχιστου όγκου (πιστόνι στο ΑΝΣ), στη διάθεση των αερίων (που περιορίζονται στο θάλαμο καύσης).Αυτός ο λόγος λέγεται συμπίεση.

3.1.2 ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ – ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

3.1.2.1 Αριθμός κυλίνδρων

Παραμένοντας σταθεροί , ο συνολικός κυβισμός και ο λόγος διαδρομής/διάμετρος , οι κινητήρες με μεγαλύτερο αριθμό κυλίνδρων επιτρέπουν να επιτευχθούν υψηλότεροι ρυθμοί περιστροφής , με ίσες μηχανικές ωθήσεις , και άρα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος. Από την άλλη πλευρά οι πολυκύλινδροι κινητήρες συνεπάγονται μια πιο πολύπλοκη κατασκευή, όγκο και βάρος.

3.1.2.2 Ειδική ισχύς

Για να εκτιμήσουμε πόσο εξελιγμένος είναι ένας κινητήρας και για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε μεταξύ τους κινητήρες διαφορετικού κυβισμού, αναφερόμαστε συχνά στην ειδική ισχύ, που γενικά εκφράζεται σε ίππους ανά λίτρο (cv ανά λίτρο).

Για να τη μάθουμε αρκεί να διαιρέσουμε την παραγόμενη ισχύ του κινητήρα δια τον κυβισμό , εκφραζόμενη σε λίτρα. Οι πιο εξελιγμένοι τετράχρονοι κινητήρες φτάνουν σε επίπεδα ισχύος της τάξεως των 200 cv ανά λίτρο (σε καθεστώς πάνω από 13000 στροφές ανά λεπτό). Οι τετράχρονοι κινητήρες Moto GP περιστρέφονται σε υψηλότερες στροφές και φτάνουν σε τιμές ακόμα μεγαλύτερες των 270 cv ανά λίτρο, ενώ οι δίχρονοι κινητήρες των 125 και 250 των GP φτάνουν και τα 400 cv ανά λίτρο.

3.1.2.3 Λόγος διαδρομής/διάμετρος

Οι κινητήρες λέγονται <<Τετράγωνοι>> όταν η διάμετρος και η διαδρομή είναι ίσες. <<Υπερτετράγωνοι>> όταν η διάμετρος είναι μεγαλύτερη της διαδρομής και υποτετράγωνοι στην αντίθετη περίπτωση. Εκτός σπανίων περιπτώσεων, όπως οι κλασικές και οι custom (πχ οι κλασικές Harley-Davidson με ωστήρια) συνήθως οι κινητήρες των μοτοσυκλετών είναι μεγάλης διαμέτρου και μικρής διαδρομής, δηλαδή υπερτετράγωνοι. Αυτό συμβαίνει γιατί με τη μείωση του λόγου διαδρομή /διάμετρος είναι δυνατή η τοποθέτηση μεγαλύτερων βαλβίδων, ώστε να επιτευχθεί ψηλότερη απόδοση με ίσες μηχανικές ωθήσεις.

Με άλλα λόγια για να μπορούν οι κινητήρες να περιστρέφονται πολύ ψηλά και να διαθέτουν μεγάλους αυλούς τροφοδοσίας (απαραίτητη συνθήκη για να επιτευχθεί πολύ υψηλή ισχύς). Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς ότι για δίχρονους κινητήρες είναι πολύ διαφορετικά τα πράγματα αφού επιτυγχάνονται καλύτερες επιδόσεις, με <<τετράγωνους >> κινητήρες(ίσες διαδρομή και διάμετρος)

3.1.2.4 Μέση ταχύτητα εμβόλου

Σε μία στροφή το έμβολο ολοκληρώνει δύο πλήρεις διαδρομές, εάν το επιτρέπει λοιπόν ο ρυθμός περιστροφής είναι εύκολο να υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα που αυτό κινείται. Αυτή η παράμετρος αποτελεί στοιχείο μεγάλης σημασίας, επειδή είναι αξιόπιστος δείκτης της επιβάρυνσης που υποβάλλονται τα μηχανικά μέρη ενός κινητήρα. Στους σύγχρονους κινητήρες παραγωγής υψηλών επιδόσεων είναι σχετικά κοινές τιμές της τάξεως των 21-22m/s.Στους αγωνιστικούς κινητήρες ξεπερνώνται τα 25 m/s,ενώ στους περισσότερους κινητήρες μεγάλου τουρισμού και γυμνών μοτοσυκλετών δεν φτάνουν πάνω από 19-20 m/s.

3.1.2.5 ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΗ

Επειδή η θερμική απόδοση (και μαζί της οι επιδόσεις του κινητήρα) αυξάνεται με την αύξηση του λόγου της συμπίεσης ,αυτή υπό συνθήκες μπορεί να φτάσει σε πολύ ψηλές τιμές, Όταν ο λόγος συμπίεσης ξεπερνά μια καθορισμένη οριακή τιμή (που ποικίλει από κινητήρα σε κινητήρα) αναπόφευκτα επέρχεται η αυτανάφλεξη. Αυτό μπορεί να έχει πολύ σοβαρές συνέπειες για τον κινητήρα και πρόκειται για μια απότομη ανάφλεξη εκρηκτικού τύπου από πλευράς μίγματος αέρας –βενζίνη, όπου δεν έχει φτάσει ακόμα το μέτωπο της φλόγας από το μπουζί. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των καυσίμων είναι η αντιαεκρηκτική ισχύς τους, που συμβολίζεται από τον αριθμό των οκτανίων, με την αύξηση του οποίου, αυξάνεται και ο λόγος συμπίεσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να γίνει έκρηξη.

3.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Οι κινητήρες αποτελούνται από πολυάριθμα μηχανικά μέρη, καθένα εκ των οποίων καλείται να εκτελέσει συγκεκριμένη εργασία και πρέπει να αντέχει σε διαφόρων ειδών θερμικές και μηχανικές πιέσεις.

Τα σταθερά εξαρτήματα είναι η κεφαλή, ο κύλινδρος και τα κάρτερ/βάση, καθώς και τα διάφορα καπάκια (πλαϊνά, της κεφαλής, του εκκεντροφόρου) και συνήθως είναι κατασκευασμένα από κράμα αλουμινίου. Τα κινητά εξαρτήματα είναι τα πιστόνια, οι μπιέλες, ο στροφαλοφόρος άξονας και τα όργανα της εισαγωγής/εξαγωγής (βαλβίδες, κοκοράκια, εκκεντροφόρος άξονας κλπ). Μερικά από αυτά έχουν άμεση επαφή με τα αέρια, τα οποία κατά τη διάρκεια της καύσης φτάνουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να δέχονται μεγάλες πιέσεις από θερμική άποψη, ενώ άλλα πρέπει να αντέχουν έντονες επιταχύνσεις και γι' αυτό δέχονται μεγάλες πιέσεις από μηχανική άποψη. Τα εξαρτήματα σχεδιάζονται και κατασκευάζονται έτσι ώστε να είναι απολύτως αξιόπιστα σε κάθε συνθήκη λειτουργίας και να έχουν αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής. Όσο αφορά το τελευταίο σημείο, είναι σαφές ότι οι απαιτήσεις μιας μοτοσυκλέτας μεγάλου τουρισμού (GT) ή για συνηθισμένη χρήση στο δρόμο είναι πολύ διαφορετικές, για παράδειγμα, από εκείνες μιας motocross ή ενός αγωνιστικού enduro.

3.2.1 Η κεφαλή



Εικόνα 3.2: Κεφαλές κινητήρων

Ο κύλινδρος, τον οποίο θεωρούμε για ευκολία ότι βρίσκεται πάντα σε κατακόρυφη θέση, κλείνει στο πάνω μέρος του από ένα αφαιρούμενο εξάρτημα, τη λεγόμενη κεφαλή. Στους δίχρονους κινητήρες η κεφαλή ελαχιστοποιείται σε απλό καπάκι, στου οποίου το κάτω μέρος βρίσκεται ο θάλαμος καύσης και στο εξωτερικό τμήμα του τοποθετούνται οι ψύκτρες ή οι δίοδοι του ψυκτικού υγρού. Στους τετράχρονους κινητήρες, αντίθετα, η κεφαλή έχει πολύπλοκη αρχιτεκτονική, δεδομένου ότι, εκτός από το θάλαμο καύσης και τα κοιλώματα για το ψυκτικό υγρό (ή τις ψύκτρες), πρέπει να φιλοξενήσει επίσης τους αυλούς εισαγωγής και εξαγωγής,



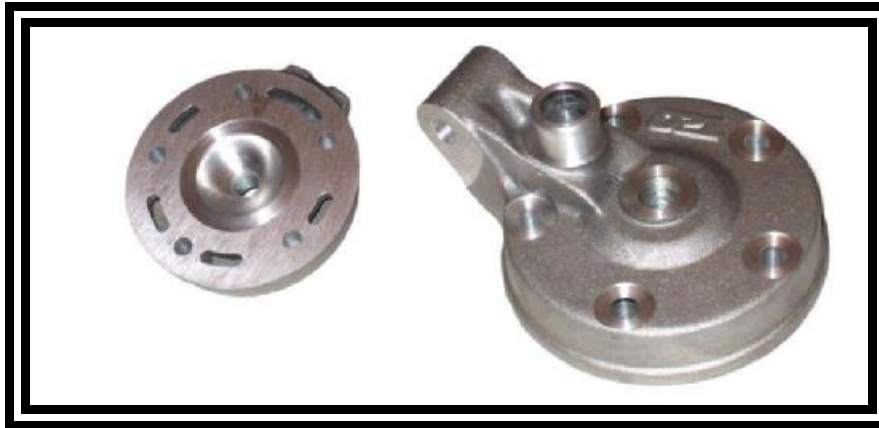
Εικόνα 3.3:Κεφαλή με 4 βαλβίδες



Εικόνα 3.4:Κεφαλή με 2 βαλβίδες

και πρέπει να είναι η βάση για τις βαλβίδες με τα σχετικά όργανα ελέγχου αυτών, δηλαδή τα κοκοράκια. Επειδή οι σημερινοί κινητήρες μοτοσυκλετών έχουν σχεδόν όλοι έναν ή δύο εκκεντροφόρους, στο πάνω τμήμα της κεφαλής πρέπει να υπάρχουν οι υποδοχές και οι οπές για την στήριξη των υποστηριγμάτων τους. Αυτά τα υποστηρίγματα συνήθως μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και συχνά το πάνω μισό τους είναι απευθείας τοποθετημένο στο καπάκι της κεφαλής. Αυτό το καπάκι δεν είναι εξάρτημα που δέχεται μεγάλες πιέσεις και σε μερικούς κινητήρες υψηλών επιδόσεων κατασκευάζεται με κράμα μαγνησίου. Σε μερικές περιπτώσεις οι εκκεντροφόροι άξονες (και καμιά φορά επίσης τα κοκοράκια) τοποθετούνται μέσα στην κεφαλή, ενώ άλλες φορές χρησιμοποιείται διαιρούμενη κεφαλή της οποίας η δομή καταλήγει να είναι πιο απλή.

Στην κεφαλή πρέπει επίσης να εγκατασταθούν οι



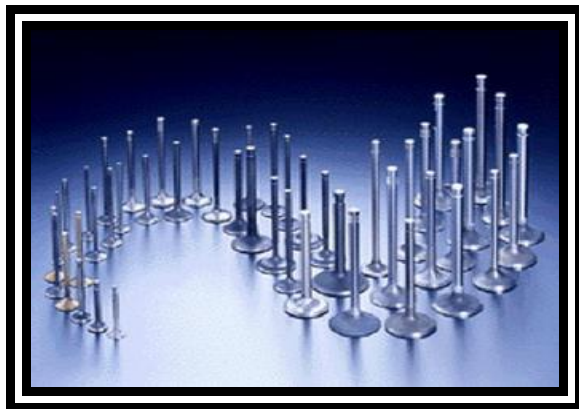
Εικόνα 3.5: Κεφαλή δίχρονου κινητήρα

οδηγεί και οι έδρες των βαλβίδων, οι βάσεις τους δουλεύονται με πολλή προσοχή για να εξασφαλιστεί η καλή επαφή και η σωστή σύσφιξη συναρμολόγησης. Η κεφαλή είναι σταθερό εξάρτημα, αλλά πρέπει και αυτό να είναι ανθεκτικό σε διαφόρων ειδών πιέσεις. Σε κάθε κύλινδρο γίνονται διαδοχικά οι φάσεις καύσης (μια για κάθε δύο στροφές του στροφαλοφόρου άξονα, στους τετράχρονους κινητήρες), καθεμία εκ των οποίων εκτονώνει αέρια πολύ υψηλής πίεσης, με επακόλουθο η κεφαλή να τείνει κυριολεκτικά να αποκολληθεί από τον κύλινδρο, και απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας, η οποία απορροφάται από τα τοιχώματα και τα διασχίζει για να ελαττωθεί με το ψυκτικό υγρό.

Επίσης τα τοιχώματα του αυλού εξαγωγής δέχονται μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Αφού η κεφαλή φιλοξενεί επίσης τους αυλούς εισαγωγής, είναι σαφές ότι έχει μια <<θερμή>> πλευρά και μια <<ψυχρή>>. Η διατήρηση της καλύτερης ομοιομορφίας στην κατανομή των θερμοκρασιών είναι από τα πιο σημαντικά σημεία του σχεδιασμού της κεφαλής.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για να κατασκευαστούν αυτά τα εξαρτήματα είναι αποκλειστικά κράμα αλουμινίου το οποίο συνδυάζει τη μέτρια πυκνότητα με την υψηλή θερμική αγωγιμότητα. Συνήθως χρησιμοποιούνται κράματα που περιέχουν από 7-10 % πυρίτιο, στοιχείο το οποίο, εκτός από το να βελτιώνει τη δυνατότητα συγκόλλησης και να δίνει στο υλικό καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά, μειώνει το συντελεστή θερμικής διαστολής. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή των κεφαλών είναι η χύτευση σε καλούπι με πυρήνες από άμμο. Πιο σπάνια χρησιμοποιείται η χύτευση σε άμμο-ρητίνη ή διαδικασίες με μοντέλο που καταστρέφεται (lost foam). Μερικές κεφαλές για δίχρονους υδρόψυκτους κινητήρες κατασκευάζονται σε δύο τμήματα :το εσωτερικό, που είναι ένα μεταλλικό περίβλημα στο οποίο βρίσκεται ο θάλαμος καύσης και στο εξωτερικό το οποίο είναι ένα ακόμη πιο απλό καπάκι.

3.2.2 Οι βαλβίδες



Εικόνα3.6: βαλβίδες

Οι αυλοί εισαγωγής και εξαγωγής είναι το μέσο επικοινωνίας του κυλίνδρου με το εξωτερικό περιβάλλον (το μείγμα εισρέει από τη μια πλευρά, ενώ τα αέρια καύσιμα αποβάλλονται από την άλλη). Καθένας από αυτούς καταλήγει, στην εσωτερική άκρη του, δηλαδή σε αντιστοιχία με το θάλαμο καύσης, σε μια έδρα στην οποία τοποθετείται, σε θέση ανάπαυσης, μια βαλβίδα.

Όταν αυτή η βαλβίδα είναι κλειστή (δηλαδή σε επαφή με την έδρα) εμποδίζει τη διέλευση των αερίων, ενώ όταν είναι ανοικτή (δηλαδή πάνω από την έδρα) την επιτρέπει. Σε μια τυπική βαλβίδα διακρίνουμε την κεφαλή ή μανιτάρι (είναι το κατώτερο, μεγαλύτερο τμήμα), και τον κορμό ή στέλεχος. Ο κορμός διαθέτει, προς την άκρη του, μια υποδοχή (με ένα ή περισσότερα αυλάκια) στην οποία εφαρμόζουν οι ημικωνικές ασφάλειες που το δεσμεύουν στην έδρα του ελατηρίου επαναφοράς. Η κεφαλή κατασκευάζεται έτσι ώστε να έχει, σε αντιστοιχία με το πιο εξωτερικό τμήμα, κολουροκωνοειδή επιφάνεια (κατασκευασμένη με γωνία 45 μοίρες). Αυτή η επιφάνεια ακουμπά σε μια παρόμοια επιφάνεια της έδρας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια τέλεια στεγανότητα όταν η βαλβίδα είναι κλειστή.

Οι βαλβίδες είναι εξαρτήματα που δέχονται μεγάλη πίεση, αφού δέχονται τις πιέσεις των αερίων αλλά και υποβάλλονται σε πολύ υψηλές επιταχύνσεις. Όταν ένας κινητήρας λειτουργεί στις 6000 στροφές ανά λεπτό, κάθε μια από αυτές πρέπει να ανοίξει και να κλείσει 50 φορές το δευτερόλεπτο (και στις 12000 στροφές πρέπει να το κάνει 100 φορές το δευτερόλεπτο). Επιπλέον, οι βαλβίδες εξαγωγής έρχονται σε επαφή με τα υψηλής θερμοκρασίας αέρια τα οποία βγαίνουν από τον κύλινδρο ενώ σηκώνονται (σε αυτή τη θέση οι βαλβίδες μπορούν να αφομοιώσουν σε πολύ μικρό βαθμό τη θερμότητα που απορροφούν, πράγματι, η ψύξη τους γίνεται κυρίως όταν έρχονται σε επαφή με την έδρα). Δουλεύουν επομένως σε πολύ δύσκολες συνθήκες και συχνά οι κεφαλές τους φτάνουν σε θερμοκρασίες ακόμη και μεγαλύτερες από 800 οC. Όσον αφορά τις βαλβίδες εισαγωγής η κατάσταση είναι διαφορετική, αφού μπορούν να ψύχονται πολύ καλά λόγω της άμεσης επαφής τους με το φρέσκο μείγμα αέρα-βενζίνης. Οι θερμοκρασίες τους όταν λειτουργούν είναι πολύ πιο χαμηλές και αυτό διευκολύνει στο να κατασκευάζονται με υλικά λιγότερο εξεζητημένα και πιο οικονομικά.



Εικόνα 3.7: βαλβίδες

Ανεξάρτητα από το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται δύο ή τέσσερις βαλβίδες ανά κύλινδρο, οι βαλβίδες εισαγωγής έχουν πάντα μεγαλύτερη διάμετρο από εκείνες της εξαγωγής. Η εξήγηση γι' αυτό είναι πολύ απλή: για τον κινητήρα είναι πολύ πιο εύκολο να αποβάλλει τα καυσαέρια (το μεγαλύτερο μέρος τους βγαίνει χωρίς να είναι καν απαραίτητο να τα ωθεί έξω από τον κύλινδρο το πιστόνι), παρά να αναρροφά το φρέσκο μείγμα. Κατά συνέπεια στην εισαγωγή χρησιμοποιούνται μεγαλύτεροι τομείς διέλευσης (δηλαδή βαλβίδες και αυλοί με μεγαλύτερη διάμετρο). Οι βαλβίδες κατασκευάζονται με πλαστική επεξεργασία εν θερμώ (σφυρηλάτηση, σύνθλιψη), την οποία ακολουθεί επεξεργασία μεγάλης ακρίβειας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ατσάλια ειδικά σχεδιασμένα για τέτοιου είδους χρήση και συνήθως περιέχουν μεγάλες ποσότητες χρωμίου, μαγγανίου και/ή νίκελ. Για τις βαλβίδες εξαγωγής σε κινητήρες υψηλών επιδόσεων χρησιμοποιούνται συχνά υπερκράματα με βάση το νίκελ και μεγάλο ποσοστό χρωμίου (Nimonic, Inconel). Σε μερικές περιπτώσεις οι βαλβίδες υποβάλλονται σε επεξεργασία ελαφριάς εναζώτωσης (με επιφανειακό εμπλουτισμό αζώτου ο οποίος γίνεται με βύθιση σε μπάνιο τετηγμένων αλάτων). Πολύ συχνά ο κορμός/στέλεχος διαθέτει μια λεπτότατη επικάλυψη χρωμίου. Σε αντιστοιχία με τη στεγανή επιφάνεια συχνά εφαρμόζεται στην κεφαλή ένα στρώμα στελλίτη (κράμα κοβαλτίου, χρωμίου και βολφραμίου, το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανθεκτικότητα στη φθορά και στην κόπωση από τη θερμότητα). Οι αγωνιστικοί κινητήρες και οι κινητήρες μερικών σπορ μοτοσυκλετών έχουν βαλβίδες από κράμα τιτανίου, πράγμα που τις καθιστά πολύ ελαφρές.

3.2.2.1 Οδηγοί, έδρες και ελατήρια βαλβίδων



Εικόνα 3.8: Οδηγοί βαλβίδων

Τα στελέχη των βαλβίδων κυλούν στο εσωτερικό ειδικών οδηγών, οι οποίοι είναι μικρά στοιχεία κυλινδρικού σχήματος (μερικές φορές διαθέτουν ένα μικρό χείλος στήριξης) και τοποθετούνται στην κεφαλή με σχετική σύσφιξη. Οι οδηγοί κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο ή μπρούτζο και ο καθένας τους συνήθως διαθέτει, στο πάνω άκρο του, ένα μικρό τσιμουχάκι λαδιού ο οποίος εμποδίζει τη ροή λιπαντικού ανάμεσα σ' αυτόν και στον κορμό της βαλβίδας (ανάμεσα σ' αυτά τα δύο μέρη υπάρχει ένα διάκενο μερικών εκατοστών του χιλιοστού). Η τρύπα του οδηγού πρέπει να είναι απολύτως ομοαξονική με την έδρα της βαλβίδας.

Η κολουρο-κωνοειδής επιφάνεια στην οποία ακουμπά η κεφαλή όταν η βαλβίδα είναι κλειστή βρίσκεται σε ένα δακτυλιοειδές παρέμβλημα (η έδρα της βαλβίδας) το οποίο εγκαθίσταται στην κεφαλή με δυνατή σύσφιξη.

Για να συναρμολογηθούν αυτά τα δακτυλίδια έδρες χρησιμοποιείται συνήθως η θερμική μέθοδος: η κεφαλή θερμαίνεται με υψηλή θερμοκρασία έτσι ώστε να διασταλεί και να επιτρέπει την εύκολη εισαγωγή των εδρών (οι οποίες παραμένουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος) στις βάσεις. Άλλες φορές, αντίθετα, ψύχονται οι έδρες (με υγρό άζωτο ή υγρό προπάνιο) έτσι ώστε να συσταλούν. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν οι έδρες των βαλβίδων είναι ο χυτοσίδηρος με νικελ-χρώμιο, κράματα ατσαλιών ή ακόμη και μπρούτζος που περιέχει μεγάλη ποσότητα αλουμινίου, μαζί με σίδηρο και νικελ. Σε αγωνιστικούς κινητήρες χρησιμοποιούνται έδρες από χαλκό και βηρύλλιο με χαμηλά ποσοστά κοβαλτίου και/ή νικελ. Το ελατήριο δεν έχει μόνο τη λειτουργία να επαναφέρει (και μετά να διατηρεί) τη βαλβίδα σε θέση κλεισίματος, αλλά και να διατηρεί καθ' όλη τη περίοδο



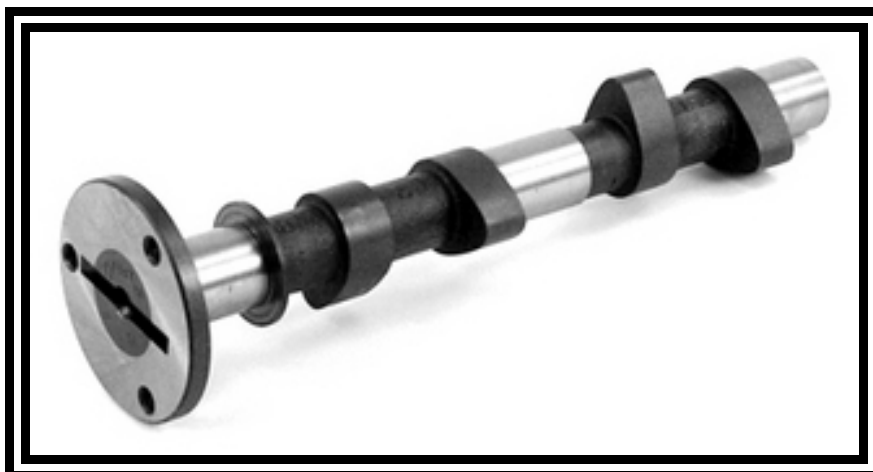
Εικόνα 3.9: ελατήρια βαλβίδων

του ανοίγματος το κοκοράκι σε επαφή με το λοβό του εκκεντροφόρου άξονα. Αυτό είναι απαραίτητο για να γίνει η κίνηση της βαλβίδας σωστά και σύμφωνα με τον τρόπο που προβλέπει ο σχεδιασμός της. Τα ελατήρια των βαλβίδων κατασκευάζονται από νήμα ατσαλιού με χρώμιο-βανάδιο ή με πυρίτιο συν χρώμιο. Για να αυξηθεί αισθητά η αντοχή των

ελατηρίων, μετά την περιτύλιξη του νήματος υποβάλλονται σε ελεγχόμενη σφυρηλάτηση. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα ελατήρια των βαλβίδων είναι με μεταβλητό σπείρωμα. Πρόσφατα μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποίησαν κολουροκωνοειδή ελατήρια αντί για συμβατικά (τα οποία είναι κυλινδρικά). Αυτή η λύση βοηθά στο να μειώνεται η μάζα του κινητού τμήματος των ελατηρίων και να χρησιμοποιούνται πιο μικρές έδρες αλλά και επομένως πιο ελαφριές.

Οι έδρες και οι ημίκωνοι φροντίζουν να περιορίζεται κάθε ελατήριο στην αντίστοιχη βαλβίδα. Οι ασφάλειες/ημίκωνοι είναι δύο μικρά στοιχεία από ατσάλι τα οποία από τη μία εισάγονται στην εγκοπή του κορμού της βαλβίδας και από την άλλη προσαρμίζονται στην ειδική βάση της έδρας (που αποτελείται από ένα είδος πιάτου το οποίο εναποτίθεται στην πάνω άκρη του ελατηρίου).

3.2.3 Εκκεντροφόρος άξονας, κοκοράκια



Εικόνα 3.10: Εκκεντροφόρος

Τα σημεία που αρχίζει το άνοιγμα και τελειώνει το κλείσιμο των βαλβίδων, η μέγιστη ανύψωση, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο εκτελείται η κίνηση τους καθορίζονται από το σχέδιο των έκκεντρων του εκκεντροφόρου άξονα. Ο τελευταίος πρέπει να έχει τη σωστή γωνιώδη τοποθέτηση σε σχέση με το στροφαλοφόρο άξονα. Η περιστροφή των δύο αυτών εξαρτημάτων πρέπει να είναι απολύτως συγχρονισμένη (με σχέση 2.1) και ο εκκεντροφόρος άξονας πρέπει να είναι τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο ώστε οι βαλβίδες ν'ανοίγουν και να κλείνουν ακριβώς στους προβλεπόμενους χρόνους, δηλαδή έτσι ώστε να τηρείται το διάγραμμα κατανομής που προβλέπεται από το σχεδιασμό.

Τα έκκεντρα κατά τη διάρκεια της περιστροφής τους ανυψώνουν το εξάρτημα με το οποίο έρχονται σε επαφή και το οποίο κινεί τις βαλβίδες. Αν κινείται ευθύγραμμα κυλώντας προς τα πάνω και προς τα κάτω μέσα σε μια κυλινδρική βάση – καπελοθήκη- πρόκειται για καπελότο, ενώ αν διαγράφει ημικύκλιο, ταλαντευόμενο σε υπομόχλιο, πρόκειται για κοκοράκι. Σε ένα έκκεντρο διακρίνουμε ένα δακτύλιο βάσης, δύο πλευρές/ράμπες (μια ανοίγματος και μια κλεισίματος) και ένα δακτύλιο κεφαλής.

Για να έχουμε κανονική και σταδιακή ανύψωση και επαναφορά στη βάση, τα πλευρά του έκκεντρου συνδέονται στο δακτύλιο βάσης με δύο ράμπες σύνδεσης. Οι εκκεντροφόροι άξονες είναι από ατσάλι ή χυτοσίδηρο και υποβάλλονται σε επεξεργασίες οι οποίες δίνουν στις επιφάνειες εργασίας των έκκεντρων υψηλή σκληρότητα (στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν σχεδόν πάντα η σκλήρυνση με εμπότιση, αλλά σήμερα χρησιμοποιείται συχνά η εναζώτωση). Στους κινητήρες με έναν εκκεντροφόρο τα κοκοράκια είναι διχαλωτά, με δύο μπράτσα, με σημείο επαφής τοποθετημένο στο κέντρο ή σχεδόν στο κέντρο (το μπράτσο της πλευράς απέναντι από το έκκεντρο είναι χωρισμένο στα δύο στην απέναντι πλευρά, γιατί ενεργοποιεί δύο βαλβίδες). Συνήθως είναι σφυρηλατημένο ατσάλι και εφάπτονται με το έκκεντρο μέσω ενός τοξοειδούς πέδιλου, πάνω στο οποίο εφαρμόζεται μια επίστρωση με σκληρό υλικό όπως το χρώμιο.



Εικόνα 3.11: Εκκεντροφόρος

διάταξη των εξαρτημάτων στα οποία επενεργεί. Η ανύψωση του έκκεντρου δεν είναι πάντα ίδια με εκείνης της βαλβίδας. Σε μερικές περιπτώσεις το κοκοράκι αντί για πέδιλο, έχει ένα ρουλεμάν, μέσω του οποίου έρχεται σε επαφή με το έκκεντρο. Τα κοκοράκια με βραχίονα διαθέτουν σημείο στήριξης στην άκρη, είναι επομένως πραγματικοί αιωρούμενοι μοχλοί και χρησιμοποιούνται σε μερικούς κινητήρες υψηλών επιδόσεων με δύο εκκεντροφόρους.

Η κίνηση των βαλβίδων, όπως ήδη είπαμε, καθορίζεται από το σχεδιασμό του έκκεντρου, επομένως επηρεάζεται επίσης από τη γεωμετρία του κοκορακίου (οι παράμετροι είναι η ακτίνα καμπύλωσης του πέδιλου και η σχέση μεταξύ του μήκους των δύο μπράτσων) Κάθε σχεδιασμός έκκεντρου πρέπει να αξιολογηθεί λαμβάνοντας υπόψη το σχήμα και τη

3.2.4 Ο κύλινδρος



Εικόνα 3.12: Κύλινδρος 4τ αερόψυκτος

Το πιστόνι είναι εξάρτημα που βρίσκεται στο εσωτερικό του κυλίνδρου και τοποθετείται, στη δομή του κινητήρα, ανάμεσα στα κάρτερ και στην κεφαλή. Το εσωτερικό τμήμα αυτού του σταθερού εξαρτήματος ονομάζεται *χιτώνιο* και μπορεί, ανάλογα με την περίπτωση, να είναι ενιαίο (δηλαδή ενσωματωμένο στον κύλινδρο) ή προσαρμοσμένο, και για την κατασκευή του χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες.

Το πιστόνι εισάγεται στο εσωτερικό του χιτωνίου με διαφορετικό κενό της τάξης μερικών εκατοστών του χιλιοστού.



Εικόνα 3.13:Κύλινδρος 2τ υγρόψυκτος

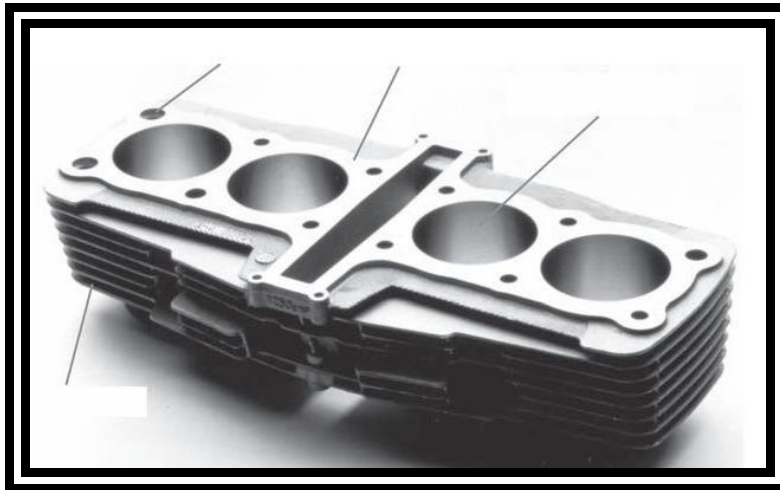
Η στεγανότητα ανάμεσα στα δύο εξαρτήματα γίνεται με μεταλλικά ελατήρια. Για να μπορεί ο κινητήρας να λειτουργεί σωστά, δηλαδή με ρυθμό και με τις καλύτερες επιδόσεις, είναι απαραίτητο να διαθέτει το χιτώνιο το προβλεπόμενο επιφανειακό φινίρισμα (απαραίτητο για δημιουργία ενός ομοιόμορφου και συνεχούς στρώματος λαδιού και για να δουλεύουν τα ελατήρια στις καλύτερες

συνθήκες) και να έχει τη σωστή γεωμετρία.

Με άλλα λόγια, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο κυλινδρική και πρέπει να διατηρεί αυτό το σχήμα σε οποιοσδήποτε συνθήκες. Γι'αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο όχι μόνο οι ανοχές λειτουργίας (που πρέπει να είναι αρκετά περιορισμένες), αλλά και η κατασκευή του ίδιου του κυλίνδρου, η οποία δεν πρέπει να παρουσιάζει αισθητές παραμορφώσεις όταν περνά από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (στην οποία γίνεται η κατεργασία του) στη θερμοκρασία λειτουργίας, ή ακολούθως στη σύσφιξη των βιδών που σταθεροποιούν την κεφαλή. Το υλικό πρέπει να τοποθετείται κατάλληλα γύρω από το χιτώνιο (του οποίου τα τοιχώματα πρέπει να έχουν κατάλληλο πάχος) και ακόμη και η τοποθέτηση των οπών για τις βίδες στήριξης μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο.

Πολύ βασικό είναι επίσης να υπάρχει μεγάλη ομοιομορφία στη κατανομή των θερμοκρασιών. Όσον αφορά τις γεωμετρικές ανοχές, το χιτώνιο που είναι έτοιμο προς χρήση δεν πρέπει να παρουσιάζει απόκλιση κυκλικότητας ή κωνικότητας μεγαλύτερες από ένα εκατοστό του χιλιοστού (αλλά μερικοί κατασκευαστές εδώ και καιρό απαιτούν ακόμη μικρότερα γεωμετρικά λάθη). Επίσης ενδεχόμενα λάθη σχήματος άλλου τύπου (<<θόλου>>, <<κλεψύδρας>> κ.λπ), όπως επίσης λοβώδεις και κυματιστές επιφάνειες (οι οποίες μπορεί να προκλήθηκαν από τις δονήσεις του εργαλείου κατά την επεξεργασία) πρέπει να μειώνονται στο ελάχιστο. Επιπλέον, πρέπει ο άξονας του χιτωνίου του κυλίνδρου να είναι απολύτως κάθετος στον άξονα περιστροφής του στροφαλοφόρου άξονα. Στους κινητήρες με πολλούς κυλίνδρους σε σειρά, οι άξονες των χιτωνίων πρέπει να είναι απόλυτα παράλληλοι μεταξύ τους. Το ίδιο ισχύει και για τα χιτώνια των κινητήρων με περισσότερους από δύο κυλίνδρους σε διάσταση V. Η άνω και η κάτω επιφάνεια του κυλίνδρου, πρέπει να είναι τελείως επίπεδες και απολύτως παράλληλες μεταξύ τους.

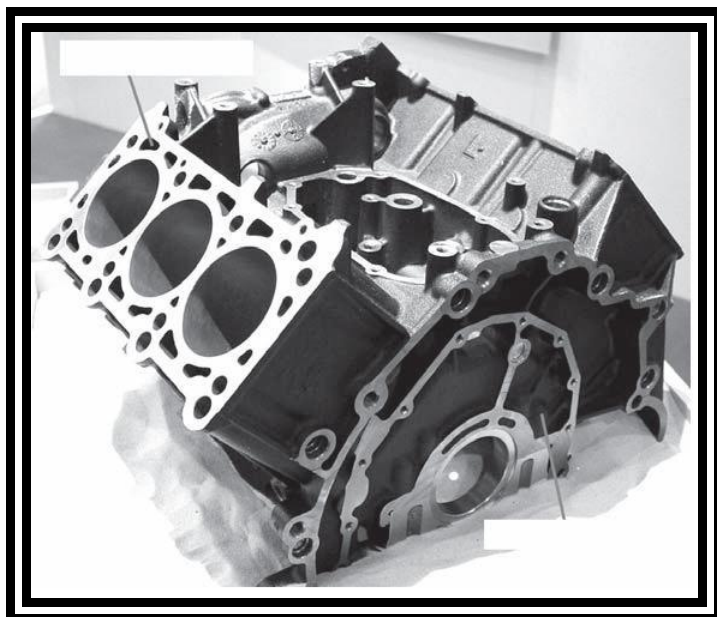
3.2.4.1 Ενσωματωμένοι και αφαιρούμενοι



Εικόνα 3.14: Αφαιρούμενος κύλινδρος 4κ

Η παραδοσιακή σχολή μοτοσυκλετών θέλει τον κύλινδρο (ή το μπλοκ των κυλίνδρων, αν αυτοί είναι περισσότεροι από ένας και σε σειρά) να είναι αφαιρούμενος. Σ' αυτήν την περίπτωση ο κύλινδρος κατασκευάζεται σε ξεχωριστή χύτευση και στερεώνεται πάνω στη βάση με ειδικές βίδες. Συχνά χρησιμοποιούνται μακριά μπουζόνια που πηγαίνουν κατευθείαν από τη βάση στην κεφαλή, έτσι ώστε ο κύλινδρος να βιδώνει ανάμεσα σ' αυτά τα δύο εξαρτήματα. Άλλες φορές, όμως, οι βίδες στερέωσης της κεφαλής είναι ανεξάρτητες από εκείνες που δένουν τον κύλινδρο στα κάρτερ.

Προσφάτως είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι οι κινητήρες στους οποίους το σώμα των κυλίνδρων δεν είναι αφαιρούμενο, αλλά ενσωματωμένο στο πάνω τμήμα των κάρτερ. Οι κύλινδροι από χυτοσίδηρο δεν χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες μοτοσυκλέτες, αλλά έχουν κάποιες εφαρμογές στα σκούτερ και στους κινητήρες μικρού κυβισμού. Όταν ο κινητήρας είναι αερόψυκτος, οι κύλινδροι διαθέτουν σειρά από ψύκτρες, αν αντίθετα είναι υδρόψυκτος παρουσιάζουν ανάμεσα στα χιτώνια και στα εξωτερικά χώρους διέλευσης του ψυκτικού υγρού. Επειδή το κράμα αλουμινίου δεν έχει κατάλληλα χαρακτηριστικά (δεν έχει μεγάλη σκληρότητα



Εικόνα 3.15: Ενσωματωμένο μπλοκ κυλίνδρων V6

πάχος της συγκεκριμένης επίστρωσης είναι περίπου 0,05-0,08mm. Τα ψήγματα καρβιδίου του πυριτίου, τα οποία έχουν σκληρότητα 2200-2500 βαθμούς Vickers, έχουν διάμετρο της τάξης των 2-2,5 micron (χιλιοστά του χιλιοστόμετρου). Μια επίστρωση αυτού του είδους, εκτός από το να βοηθά την εξαιρετική μετάδοση της θερμότητας και να εξασφαλίζει μεγάλη ανθεκτικότητα στη φθορά (και επομένως μεγάλη διάρκεια ζωής του εξαρτήματος), διευκολύνει τη γρήγορη εξισορρόπηση των ελατηρίων συμπίεσης.

και επομένως δεν είναι πού ανθεκτικό στις φθορές), για την κατασκευή των χιτωνίων αναπτύχθηκαν ειδικές τεχνολογίες. Η πιο διαδεδομένη προβλέπει την εφαρμογή, απευθείας στο αλουμίνιο του χιτωνίου (το οποίο σ' αυτήν την περίπτωση είναι ενωμένο με τον κύλινδρο), μιας ελαφριάς γαλβανικής επίστρωσης με νίκελ, στην οποία υπάρχουν διάσπαρτα χιλιάδες ψήγματα πυριτίου. Το συνολικό

3.2.4.2 Υγρά χιτώνια και ξηρά χιτώνια



Εικόνα 3.16: Υγρό χιτώνιο

Στο παρελθόν, η πιο διαδεδομένη λύση προέβλεπε χιτώνιο επαναφερόμενο εν ξηρώ, δηλαδή σε άμεση επαφή με το ελαφρύ κράμα του κυλίνδρου, αλλά όχι με το ψυκτικό υγρό. Σ' αυτή την περίπτωση το χιτώνιο ήταν από χυτοσίδηρο και ενωνόταν στη χύτευση με τον κύλινδρο ή τοποθετούταν με σύσφιξη. Ακόμη και σήμερα μερικοί κινητήρες κατασκευάζονται με αυτή την τεχνολογία. Αν ενσωματώνονται με χύτευση, συνήθως η εξωτερική επιφάνεια των χιτωνίων διαθέτει σειρά από προεξοχές, οι οποίες αυξάνουν την περιοχή θερμικής εναλλαγής και εξασφαλίζουν εξαιρετική μηχανική σύνδεση. Όταν εγκαθίστανται με σύσφιξη, τεχνική που σήμερα χρησιμοποιείται σπάνια, τόσο το χιτώνιο όσο και η βάση έχουν

πολύ καλή επαφή (απαραίτητη για τη στενή επαφή μεταξύ των επιφανειών). Η εισαγωγή του χιτωνίου (πάντα από χυτοσίδηρο) μπορεί να γίνει με τη βοήθεια πρέσας ή χρησιμοποιώντας τη θερμική μέθοδο. Τα χιτώνια που συναρμολογούνται με σύσφιξη είναι αντικαταστάσιμα και συχνά διαθέτουν ένα μικρό περιθώριο στο πάνω τμήμα τους. Σε μερικούς κινητήρες χρησιμοποιούνται χιτώνια επαναφερόμενα <<εν υγρώ>>, δηλαδή που έρχονται σε



Εικόνα 3.17: Ξηρό χιτώνιο

άμεση επαφή με το ψυκτικό υγρό. Σ' αυτή την περίπτωση τα χιτώνια διαθέτουν ένα μικρό χείλος στήριξης πάνω ή κάτω. Η πρώτη λύση, δηλαδή η υιοθέτηση πάνω χείλους, προβλέπει τη χρήση σώματος κυλίνδρων με δομή closed-deck, κλειστά από πάνω, και είναι η πιο διαδεδομένη. Η δεύτερη προβλέπει open-deck, από πάνω ανοιχτά σώμα κυλίνδρων πολύ απλής δομής. Τα υγρά χιτώνια,

ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να είναι από χυτοσίδηρο ή από κράμα αλουμινίου το οποίο φέρει επίστρωση στην επιφάνεια εργασίας.

Λιγότερο συνηθισμένα είναι τα μπλοκ κυλίνδρων στα οποία τα χιτώνια κατασκευάζονται ενσωματώνοντας στη χύτευση πορώδη στοιχεία, τα λεγόμενα performs (αποτελούμενα από κεραμικές ίνες μαζί με σκληρά ψήγματα), τα οποία κυριολεκτικά <<απορροφούνται>> από το υγρό αλουμίνιο.

Στους κυλίνδρους με δομή closed-deck το χιτώνιο συνδέεται, πάνω και κάτω, με τα εξωτερικά τοιχώματα. Στους κυλίνδρους open-deck δεν υπάρχει ένα πραγματικό ανώτερο επίπεδο στο οποίο να ακουμπάει η κεφαλή, πράγματι, ανάμεσα στις άκρες του χιτωνίου και των εξωτερικών τοιχωμάτων δεν υπάρχει καμία άμεση σύνδεση.

Αυτή η τελευταία λύση διευκολύνει την κατασκευή αλλά υστερεί ελαφρά, έχοντας τις ίδιες διαστάσεις, όσον αφορά τη δομική αυστηρότητα.

3.2.5 Έμβολο (πιστόνι)



Εικόνα 3.18: Πιστόνια 4τ

Το εξάρτημα που τοποθετείται στο εσωτερικό του χιτωνίου του κυλίνδρου και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση από το ΑΝΣ στο ΚΝΣ και αντίστροφα, είναι το πιστόνι. Πρόκειται για μηχανικό μέρος το οποίο στους κινητήρες υψηλών επιδόσεων δέχεται πολύ μεγάλες πιέσεις. Καταρχήν υποβάλλεται σε συνεχείς επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις, δεδομένου ότι πρέπει να σταματάει στα Νεκρά Σημεία για να αντιστρέψει τη φορά της κίνησής του. Σε ένα κινητήρα που περιστρέφεται με 8.000 στροφές/λεπτό το πιστόνι εκτελεί 226 διαδρομές το δευτερόλεπτο, και σε έναν κινητήρα με 12.000 στροφές/λεπτό εκτελεί 400 διαδρομές. Οι επιταχύνσεις (και ακολούθως οι ροπές αδράνειας είναι πολύ μεγάλες). Επιπλέον, στην κεφαλή του πιστονιού εκτονώνεται, και αυτό γίνεται με μεγάλη ταχύτητα, η πίεση των αερίων.

Με εσωτερική διάμετρο 80mm, η δύναμη που επενεργεί πάνω του μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τέσσερις τόνους. Όσον αφορά τις πιέσεις θερμικής φύσης, κατόπιν, φτάνει να σκεφτούμε ότι το πιστόνι έρχεται σε άμεση επαφή με τα αέρια καύσης και δέχεται πολύ μεγάλη θερμότητα. Επιπρόσθετα στην κύρια λειτουργία του ως έμβολο, το οποίο αναρροφά και αποβάλλει τα αέρια από τον κύλινδρο κατά τη διάρκεια του <<ψυχρού>> κύκλου και τα συμπιέζει για να συλλέξει κατόπιν θερμική ενέργεια κατά τον <<θερμό>> κύκλο. Το πιστόνι έχει επίσης το σημαντικό ρόλο να οδηγεί τον πύρο με την μπιέλα, δηλαδή να εκτονώνει στα τοιχώματα του κυλίνδρου την εγκάρσια ώθηση που οφείλεται στο γεγονός ότι η ίδια η μπιέλα κατά τη διάρκεια της περιστροφής του άξονα αποκλίνει (διαδοχικά από τη μια και από την άλλη πλευρά). Επειδή το πιστόνι τοποθετείται στο εσωτερικό του χιτωνίου με ένα ελαφρύ διαφορετικό διάκενο, μαζί με την κύρια κίνηση του (που γίνεται στις δύο διευθύνσεις, ανάλογα με τον άξονα του κυλίνδρου), εκτελεί επίσης μια δευτερεύουσα κίνηση. Πράγματι, περνάει από μια πλευρά <<στήριξης>> στην άλλη, στο εσωτερικό του ίδιου του χιτωνίου.

Για να γίνει η συγκεκριμένη κίνηση πιο ρυθμική και κατά συνέπεια να μειωθεί ο θόρυβος λειτουργίας, σε πολλούς κινητήρες χρησιμοποιούνται πιστόνια στα οποία ο άξονας του πύρου εμβόλου δεν πέφτει στην κεντρική γραμμή αλλά είναι ελαφρά μετατοπισμένος σε σχέση με αυτή. Σε ένα πιστόνι διακρίνουμε την κεφαλή (πάνω τμήμα, το οποίο προεξέχει ως <<κινητό τοίχωμα>> του θαλάμου καύσης), τις υποδοχές για τα ελατήρια και το μάγουλο (κάτω τμήμα, με λειτουργία οδηγού). Επιπλέον υπάρχουν οι αφαλοί για τον πύρο εμβόλου, οι οποίοι έχουν μεγάλο πάχος, καθώς δέχονται υψηλές μηχανικές πιέσεις.

Το γεγονός ότι η κεφαλή του πιστονιού είναι εκτεθειμένη άμεσα στα αέρια έχει ως αποτέλεσμα το τμήμα αυτό να δουλεύει σε θερμοκρασία που είναι αναπόφευκτα πιο υψηλή από εκείνη στην οποία βρίσκεται το κάτω τμήμα του μάγουλου. Ως επακόλουθο, η κεφαλή (η οποία εξάλλου διαθέτει μεγαλύτερη μάζα μετάλλου) διαστέλλεται πολύ περισσότερο. Αυτό λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στο σχεδιασμό και πράγματι, το κάτω τμήμα του πιστονιού έχει εν ψυχρώ διάμετρο πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με εκείνη του πάνω τμήματος. Ο καθαρισμός του σωστού <<προφίλ>> του μάγουλου, μαζί με την αξιολόγηση του πώς και πότε θα διασταλεί το εξάρτημα σε κάθε τμήμα του, είναι σημαντικός παράγοντας στο σχεδιασμό του πιστονιού. Επιπλέον, πολύ σημαντικές επιπτώσεις έχει η ανομοιόμορφη κατανομή του υλικού (ιδιαίτερα συγκεντρωμένο στη ζώνη των αφαλών για τον πύρο εμβόλου). Αυτός είναι και ο λόγος που το πιστόνι δουλεύεται έτσι ώστε να αποκτήσει, εν ψυχρώ, μια διάμετρο πολύ μεγαλύτερη κάθετα στον άξονα του πύρου εμβόλου (δηλαδή κατά μήκος της κατεύθυνσης στην οποία η διαστολή είναι μικρότερη γιατί υπάρχει λιγότερο υλικό).

Το πιστόνι δέχεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας, η οποία πρέπει να απορροφάται εύκολα. Μέχρι και πριν από λίγα χρόνια το μεγαλύτερο μέρος της υποχωρούσε στα τοιχώματα του κυλίνδρου χάρις στην επαφή τους με τα ελατήρια. Προσφάτως, με την προοδευτική αύξηση της ταχύτητας περιστροφής και της μέσης δυναμικής πίεσης, η ποσότητα θερμότητας που απορροφάται από το πιστόνι αυξήθηκε σημαντικά. Για να μην αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην κεφαλή και στα ελατήρια, χρησιμοποιείται ένας πίδακας λαδιού ο οποίος εκτινάσσεται από ειδικό μπεκ με κατεύθυνση στο κάτω τμήμα της ίδιας της κεφαλής. Αυτή η λύση εξασφαλίζει μια σημαντική μείωση της θερμότητας και χρησιμοποιείται σήμερα σε όλους τους τετράχρονους κινητήρες υψηλών επιδόσεων.

Λόγω του ότι το πιστόνι είναι κινητό όργανο, υπόκειται σε μεγάλες επιταχύνσεις στους κινητήρες υψηλών επιδόσεων και δέχεται (και πρέπει να αφομοιώσει) μεγάλη ποσότητα θερμότητας, η πιο λογική επιλογή, όσον αφορά το υλικό, είναι το κράμα αλουμινίου το οποίο συνδυάζει μειωμένη πυκνότητα (άρα και πιο ελαφρύ εξάρτημα) με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα. Τα κράματα που δημιουργήθηκαν ειδικά γι' αυτό το λόγο περιέχουν μεγάλη ποσότητα πυριτίου (συνήθως από 10 μέχρι 18%), του οποίου η παρουσία συντελεί ιδιαίτερα στη μείωση του συντελεστή θερμικής διαστολής. Στα μάγουλα εφαρμόζεται συχνά μια επιφανειακή επίστρωση, η οποία προσφέρει προστασία σε περίπτωση ανεπαρκούς λίπανσης (μεγαλύτερη αντοχή στην αυξημένη τριβή). Πρόκειται για πολύ λεπτά στρώματα κασσίτερου ή ψευδάργυρου (πάχους 1-2 μm) ή για στρώματα ρητίνης στην οποία βρίσκονται διάσπαρτα ψήγματα γραφίτη ή δισουλφιδίου του μολυβδένιου (πάχους 10-20 μm). Τα τελευταία στρώματα γίνονται με ψεκασμό, με βύθιση ή (σήμερα η πιο διαδεδομένη λύση) με μεταξοτυπικές διαδικασίες.

Τα περισσότερα πιστόνια κατασκευάζονται με χύτευση σε καλούπι. Όταν όμως αυτά τα εξαρτήματα πρέπει να δεχτούν μεγάλες πιέσεις (αν προορίζονται για κινητήρες υψηλών επιδόσεων), για την παραγωγή τους χρησιμοποιείται η σφυρηλάτηση, δηλαδή η συμπίεση εν θερμώ, διαδικασία πιο δαπανηρή, αλλά απαραίτητη για να αποκτήσει το υλικό καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά. Το σχήμα της κεφαλής των πιστονιών που προορίζονται για τετράχρονους κινητήρες καθορίζεται από τη διάταξη των βαλβίδων (δηλαδή από την κλίση τους σε σχέση με τον άξονα του κυλίνδρου) και από τη σχέση συμπίεσης. Για να είναι η σχέση συμπίεσης υψηλή, ο θάλαμος καύσης πρέπει να έχει μικρό όγκο. Αν οι βαλβίδες κλίνουν αισθητά, είναι απαραίτητο να αποκτήσει η κεφαλή κοίλο σχήμα, το οποίο παρουσιάζει μειονεκτήματα γιατί αυξάνει τόσο το βάρος του πιστονιού όσο και η επιφάνεια που εκτίθεται στα αέρια. Στους σύγχρονους κινητήρες υψηλών επιδόσεων, όλοι με τέσσερις βαλβίδες ανά κύλινδρο, αυτές οι βαλβίδες εκτείνονται σε δύο επίπεδα τα οποία σχηματίζουν γωνία της τάξης των 20-30°. Αυτό μας επιτρέπει να έχουμε ένα συμπαγή θάλαμο και να χρησιμοποιήσουμε πιστόνι με σχεδόν επίπεδη κεφαλή, ακόμη και όταν υπάρχουν υψηλές σχέσεις συμπίεσης.

Οι κινητήρες υψηλής ισχύος χρησιμοποιούν <<άγριους>> εκκεντροφόρους, οι οποίοι κατανέμουν δυναμικά την κίνηση των βαλβίδων. Οι προπορείες ανοίγματος και οι καθυστερήσεις κλεισίματος βαλβίδων είναι μεγάλες και η ταχύτητα με την οποία γίνεται η ανύψωση και η επαναφορά προς την έδρα είναι υψηλή. Κατά συνέπεια, όταν το πιστόνι βρίσκεται κοντά στο ΑΝΣ τέλους διαδρομής εξαγωγής, οι βαλβίδες είναι αισθητά ανυψωμένες. Αυτό μας υποχρεώνει να κάνουμε στην κεφαλή του πιστονιού κοιλότητες σε αντιστοιχία με τις κεφαλές (μανιτάρια) των ίδιων βαλβίδων, για να διατηρούμε την ελάχιστη απόσταση ασφαλείας ανάμεσα στα συγκεκριμένα εξαρτήματα. Αυτές οι κοιλότητες μπορεί να έχουν μεγάλο βάθος και ως κάποιο βαθμό δυσχεραίνουν τη γεωμετρία του θαλάμου.

Πρόσφατα, ευρέως χάρις στη χρήση των κομπιούτερ στη φάση σχεδιασμού, κατασκευάστηκαν για τους κινητήρες μαζικής παραγωγής πιστόνια με μάγουλα μικρότερου μεγέθους, χωρίς αυτό να επιφέρει προβλήματα αντοχής ή αξιοπιστίας. Σήμερα το μάγουλο αποτελείται συνήθως από δύο απλά <<πέδιλα>> οδηγού και το ύψος των πιστονιών που προορίζεται για αγωνιστικούς κινητήρες καταλαμβάνει συνήθως μόνο το 55-65% της εσωτερικής διαμέτρου.

3.2.5.1 Τα πιστόνια των δίχρονων κινητήρων



Εικόνα 3.19: Πιστόνι δίχρονου κινητήρα

Τα πιστόνια των δίχρονων κινητήρων είναι αισθητά διαφορετικά από εκείνα των τετράχρονων κινητήρων. Έχουν τα μάγουλα ακέραια (με το πολύ δύο ανοίγματα μικρής έκτασης), την κεφαλή απολύτως επίπεδη και έχουν μόνο δύο ελατήρια (τα οποία μειώνονται σε ένα, στους αγωνιστικούς κινητήρες). Επιπλέον, έχουν μεγάλο ύψος σε σχέση με τη διάμετρο. Σ' αυτούς τους κινητήρες, που έχουν πάντα <<τετράγωνα>> διαστάσεις, το πιστόνι πρέπει να προεξέχει από τη θυρίδα, αποκαλύπτοντας ή καλύπτοντας στον κατάλληλο χρόνο τις θυρίδες μεταφοράς και εξαγωγής. Όσον αφορά την κεφαλή, δεν υπάρχουν βαλβίδες και

επομένως δεν είναι απαραίτητες οι εγκοπές. Αναφορικά με το σχήμα του θαλάμου, υπάρχει απεριόριστη ελευθερία και αυτό επιτρέπει την επίτευξη υψηλών σχέσεων συμπίεσης, χωρίς να είναι απαραίτητο να δοθεί στο πιστόνι συγκεκριμένη κλίση.

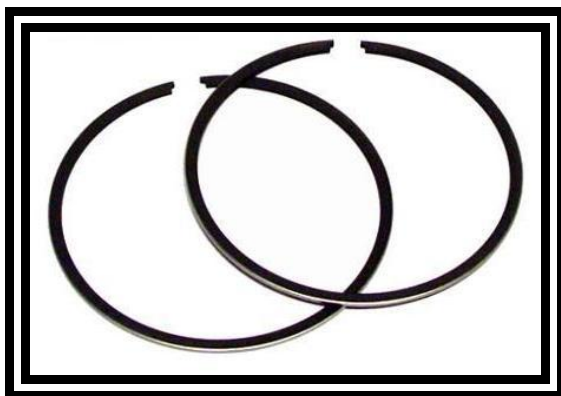
3.2.5.2 Τα ελατήρια



Εικόνα 3.20: Ελατήρια 4t κινητήρα

Για να εξασφαλιστεί η σύσφιξη μεταξύ του πιστονιού και του κυλίνδρου χρησιμοποιούνται μεταλλικοί δακτύλιοι, τα λεγόμενα ελατήρια, τα οποία τοποθετούνται στις υποδοχές/λούκια στο πάνω τμήμα του ίδιου πιστονιού.

Στους τετράχρονους κινητήρες, μαζί με τα ελατήρια συμπίεσης (τα οποία, για τους κινητήρες παραγωγής, συνήθως είναι δύο για κάθε πιστόνι), υπάρχει επίσης ένα ελατήριο λαδιού το οποίο αποβάλλει το λιπαντικό που περισσεύει από τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Τα ελατήρια διαθέτουν υποδοχή η οποία είναι απαραίτητη για τη συναρμολόγηση στα λούκια του πιστονιού του και για την απαραίτητη ελαστικότητα τους. Αυτή η ελαστικότητα, τα κάνει να ωθούνται προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου, με αποτέλεσμα αυτά να σφραγίζουν επιμελώς. Σ' αυτήν την προστίθεται η πίεση των αερίων που φτάνουν ανάμεσα στο βάθος της εγκοπής και καθενός ελατηρίου, πράγμα που το κάνει να ωθείται προς τα έξω (αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση του πρώτου ελατηρίου πίεσης που βρίσκεται στο πιο ψηλό λούκι). Η γεωμετρία των ελατηρίων είναι πολύπλοκη, γεγονός που απαιτεί εξαιρετικά λεπτομερή επεξεργασία. Πρόσφατα επιτεύθηκε σημαντική μείωση του πάχους (δηλαδή του αξονικού ύψους) των ελατηρίων. Υπάρχουν δύο λόγοι γι' αυτό: κινητήρες υψηλών αποδόσεων φτάνουν σε πολύ υψηλές ταχύτητες περιστροφής, οι οποίες απαιτούν τη χρήση ελατηρίων μειωμένης μάζας, επιπλέον, ελατήρια με μέτριο ύψος ελέγχουν καλύτερα τις μηχανικές απώλειες, λόγω τριβής (οι οποίες αυξάνονται όλο και περισσότερο όσο



Εικόνα 3.21:Ελατήρια 2t κινητήρα

αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα). Τα ελατήρια λαδιού μπορεί να είναι με σχισμές ή σε τρία κομμάτια (δύο λεπτά ελατήρια απόξεσης και ένα ελατήριο διαχωρισμού).

Μέχρι και λίγα χρόνια πριν, το υλικό που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των ελατηρίων ήταν αποκλειστικά ο χυτοσίδηρος. Σήμερα είναι πολύ διαδεδομένα, κυρίως για τους πιο απαιτητικούς κινητήρες, τα ελατήρια από ασάλι

(συχνά εναζωτωμένο). Στην επιφάνεια εργασίας των ελατηρίων εφαρμόζονται λεπτές επιστρώσεις χρωμίου, μολυβδένιου ή χρωμίου-κεραμικού.

3.2.6 Διωστήρας (μπιέλα)



Εικόνα 3.22:διωστήρας

Το εξάρτημα που συνδέει το πιστόνι με το στροφαλοφόρο άξονα (και που, μόνο για το τελευταίο, φροντίζει να μετατρέπει την ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του πιστονιού σε κίνηση συνεχούς περιστροφής) είναι η μπιέλα. Πρόκειται για εξάρτημα που δέχεται εξαιρετικές μηχανικές πιέσεις, στο οποίο διακρίνουμε το πάνω άκρο (είναι η μικρή άκρη, που συνδέεται με το πιστόνι μέσω πύρου), το κάτω άκρο (μεγάλη άκρη, που βρίσκεται στο κομβίο του στροφαλοφόρου άξονα) και ένας κορμός. Ο κορμός έχει συνήθως ένα τμήμα σε σχήμα Η, το οποίο του επιτρέπει να έχει μεγάλη δύναμη και ταυτόχρονα να είναι πολύ ελαφρύς, πράγμα που είναι απαραίτητο, αφού πρόκειται για κινητό εξάρτημα. Η κίνηση της μπιέλας είναι πολύπλοκη γιατί το πάνω άκρο μετακινείται μαζί με το πιστόνι, ενώ το κάτω άκρο περιστρέφεται μαζί με το κομβίο του στροφαλοφόρου, ο κορμός επομένως έχει μια <<συνδυαστική>> κίνηση.

Για πρακτικούς λόγους, λοιπόν, θεωρούμε ότι ένα τμήμα της μπιέλας εκτελεί παλινδρομική κίνηση και το άλλο περιστροφική. Οι πιέσεις που δέχεται αυτό το εξάρτημα δεν είναι μόνο εφελκυσμού και συμπίεσης, αλλά και κάμψης. Εξάλλου, φτάνει να σκεφτούμε ότι η μπιέλα εκτελεί επίσης μια κίνηση εκκρεμούς, με υπομόχλιο σε αντιστοιχία με τον πύρο εμβόλου. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα, πράγματι, η μπιέλα κλίνει εναλλασσόμενα από τη μία και την άλλη πλευρά, σε σχέση με τον άξονα του κυλίνδρου, και αυτή η κλίση είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η σχέση ανάμεσα στο μήκος της μπιέλας (απόσταση αξόνων πάνω και κάτω άκρου) και την πορεία του κινητήρα.

Θεωρητικά, αν η μπιέλα είναι άπειρο μήκος, δεν θα έκλινε καθόλου και η κίνηση του πιστονιού θα ήταν απολύτως κανονική, με συμμετρικές αποκλίσεις σε σχέση με τα δύο Νεκρά Σημεία. Κατεβαίνοντας από το ΑΝΣ το ίδιο το πιστόνι θα έφτανε στα μισά της διαδρομής σε 90 μοίρες (περιστροφής του άξονα) και θα έφτανε στη μέγιστη ταχύτητα του σ' αυτή τη θέση.

Στην πραγματικότητα τα πράγματα είναι διαφορετικά, ακριβώς λόγω του περιορισμένου μήκους της μπιέλας.

Η μετατόπιση του πιστονιού καθορίζεται όχι μόνο από εκείνη του κομβίου του στροφαλοφόρου άξονα, που γίνεται παράλληλα με τον άξονα του κυλίνδρου, αλλά και το γεγονός ότι η μπιέλα κλίνει. Η μπιέλα εκτελεί δύο ταλαντώσεις (προς τη μια και προς την άλλη κατεύθυνση) σε κάθε στροφή του άξονα. Αυτή η κίνηση εκκρεμούς προκαλεί συνεχείς μεταβολές της ταχύτητας του ρουλεμάν του κάτω μέρους της μπιέλας, ακόμη κι αν ο κινητήρας περιστρέφεται σταθερά.

Κοντά στο Νεκρό σημείο η κίνηση έχει την ίδια κατεύθυνση, ενώ όταν προσεγγίζει το άλλο η κίνηση γίνεται αντίστροφα σε σχέση με την κίνηση του κομβίου στροφαλοφόρου. Οι δύο ταχύτητες αθροίζονται αλγεβρικά και στη συνέχεια εκείνη του κομβίου αυξάνει και μειώνεται συνεχώς.

Τα φορτία στα οποία υποβάλλεται η μπιέλα οφείλονται στην πίεση των αερίων (η οποία <<εκτονώνεται>> στην κεφαλή του πιστονιού) και στις ροπές αδράνειας. Οι τελευταίες, που πιέζουν το εξάρτημα εναλλασσόμενα σε εφελκυσμό και συμπίεση, αυξάνονται στο τετράγωνο της ταχύτητας περιστροφής και φτάνουν στο μέγιστο στα Νεκρά Σημεία, όταν το πιστόνι σταματάει στιγμιαία για να αντιστρέψει τη φορά της κίνησης του.

Για να οπτικοποιήσουμε αυτό που συμβαίνει, ας σκεφτούμε ότι το πιστόνι κινείται με υψηλή ταχύτητα προς το ΑΝΣ. Η μπιέλα πρέπει να το καθυστερήσει, να το σταματήσει για μια στιγμή και να το <<τραβήξει πίσω>>, επιταχύνοντας το γρήγορα στην αντίθετη κατεύθυνση. Επομένως, το ΑΝΣ είναι το σημείο που φτάνει η μέγιστη ροπή εφελκυσμού.

Οι μπιέλες των κινητήρων παραγωγής κατασκευάζονται με σφυρηλάτηση και είναι από ατσάλι υψηλής ανθεκτικότητας. Μόνο σε μερικά πρωτότυπα και σε μοτοσυκλέτες αγώνων χρησιμοποιούνται μπιέλες πλήρως επεξεργασμένες. Αποκλειστικά για μερικούς αγωνιστικούς κινητήρες κατασκευάζονται μπιέλες από κράμα τιτανίου, οι οποίες συνδυάζουν εξαιρετικά μηχανικά σε περιορισμένο βάρος (είναι οι πλέον κατάλληλες επίσης για κινητήρες μαζικής παραγωγής αλλά το



Εικόνα 3.23: Μπιέλες από κράμα τιτανίου

απαγορευτικό κόστος εμποδίζει, τουλάχιστον μέχρι τώρα, τη διάδοσή τους). Όσον αφορά τις επεξεργασίες, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στον κυλινδρισμό του ματιού του πάνω άκρου και στον <<τετραγωνισμό>>, δηλαδή στο να είναι παράλληλοι οι άξονες του κάτω άκρου και του πάνω άκρου.

3.2.6.1 Διωστήρας με ή χωρίς καβαλέτο



Εικόνα 3.24: Μπιέλα με καβαλέτο

Οι μπιέλες χωρίζονται σε δύο είδη, το κάτω μέρος, μπορεί να είναι ενιαία ή διαιρούμενη (δηλαδή να έχει αφαιρούμενο καβαλέτο). Οι πρώτες χρησιμοποιούνται στους διαιρούμενους στροφαλοφόρους άξονες και γι' αυτό έχουν υιοθετηθεί σε όλους τους δίχρονους κινητήρες, στους μονοκύλινδρους και σε μερικούς τετράχρονους δικύλινδρους. Οι δεύτερες προορίζονται για μονοκόμματος στροφαλοφόρους, δουλεύουν πάνω σε ρουλεμάν και

χρησιμοποιούνται στους περισσότερους δικύλινδρους κινητήρες και σε όλους τους πολυκύλινδρους κινητήρες.

Στις μπιέλες με μονοκόμματο κάτω μέρος, η κεφαλή συνήθως δουλεύει σε κυλινδρικά ρουλεμάν (οι εξαιρέσεις, αν και σημαντικές, είναι λιγιστές). Η κύλιση γίνεται κατευθείαν στο μέταλλο του κάτω άκρου της μπιέλας (η εξωτερική) και στο κομβίο του στροφαλοφόρου (η εσωτερική). Κατά συνέπεια οι μπιέλες αυτού του τύπου κατασκευάζονται πάντα από συγκολλημένο ατσάλι. Τα εσωτερικά τοιχώματα του κάτω άκρου (καθώς και εκείνα του πάνω άκρου, αν η μπιέλα προορίζεται για δίχρονο κινητήρα) συγκολλούνται και χαλυβδώνονται, έτσι ώστε να αποκτήσουν υψηλή σκληρότητα. Κατόπιν πηγαίνουν στο ρεκτιφιέ έτσι ώστε να αποκτήσουν υψηλότατο επιφανειακό φινίρισμα. Το σκληρυμένο σώμα έχει συνήθως πάχος 0,6-1,0mm. Τα υπόλοιπα μέρη της μπιέλας προστατεύονται από τη συγκόλληση (συνήα με ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα χαλκού, εφαρμοσμένο γαλβανικά) έτσι ώστε να μη γίνουν εύθραυστες.

Στις μπιέλες με αποσυναρμολογούμενο κάτω άκρο, το καβαλέτο στερεώνεται με δύο βίδες από ατσάλι ή υπερκράματα με υψηλότερη ανθεκτικότητα στον εφελκυσμό.



Εικόνα 3.25: Μπιέλα με αφαιρούμενο καβαλέτο

Μέχρι και πριν λίγα χρόνια, αυτά τα εξαρτήματα ένωσης ήταν περαστά και διέθεταν παξιμάδι, αλλά μετά πολλοί κατασκευαστές υιοθέτησαν τις βίδες σύσφιξης οι οποίες βιδώνονται κατευθείαν στο υλικό της μπιέλας (αυτό επιτρέπει την κατάργηση του παξιμαδιού). Οι περισσότερες μπιέλες αυτού του τύπου γίνονται από βελτιωμένο ατσάλι, το οποίο συνήθως είναι ενωμένο με στοιχεία όπως το νίκελ, το χρώμιο και/ή το μολυβδένιο. Η αντοχή αυτών των υλικών στον εφελκυσμό είναι συνήθως μεταξύ 1050 και 1250 N/mm².

Για τη σωστή τοποθέτηση του καβαλέτου χρησιμοποιούνται, ανάλογα με την περίπτωση, περόνες

ή πυξίδες κεντραρίσματος, ή τους ίδιους τους κορμούς των βιδών (οι οποίοι διαθέτουν ένα κεντρικό βαθμονομημένο τμήμα). Πρόσφατα μερικοί κατασκευαστές άρχισαν να χρησιμοποιούν μπιέλες στις οποίες το καβαλέτο τοποθετείται με το πολύπλοκο αλλά ακριβές σύστημα των συνδεδεμένων επιφανειών θραύσης. Ο κορμός όλων των μπιελών που προορίζονται για κινητήρες σειράς έχει διατομή σε σχήμα Η, το οποίο κατασκευάζεται με πρέσα και προσφέρει υψηλή ανθεκτικότητα με σχετικά μικρό βάρος. Πρόσφατα, για μερικούς κινητήρες, ιδιαίτερα υψηλών επιδόσεων, εμφανίστηκαν επίσης μπιέλες στις οποίες η διατομή του κορμού είναι σε σχήμα <<ανεστραμμένου Η>>. Το μήκος της μπιέλας, εννοούμενη ως μεταξόνιο πάνω-κάτω άκρου, στους κινητήρες παραγωγής κυμαίνεται ανάμεσα σε 1,7 και 2,2 φορές τη διαδρομή. Ο πίσος εμβόλου είναι συνήθως επιπλέον και δένεται αξονικά στο πιστόνι με δύο ατσάλινες ασφάλειες. Στο κάτω μέρος της μπιέλας αυτός ο πίσος μπορεί να δουλέψει κατευθείαν στο ατσάλι, πάνω σε μπρούτζινη έδρα (ή αντιτριβικό υλικό) συναρμολογημένη με σύσφιξη ή επίσης, στους δίχρονους κινητήρες, σε ρουλεμάν. Όσον αφορά τη δυνατότητα πλευρικής κίνησης, οι μπιέλες μπορούν να οδηγηθούν προς τα κάτω ή προς τα πάνω. Στην πρώτη περίπτωση αυτή η λειτουργία εκτελείται από το κάτω άκρο, το οποίο εισάγεται με μέτριο αξονικό διάκενο ανάμεσα στα αντίβαρα του στροφαλοφόρου άξονα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση το σώμα είναι αυτό που οδηγείται αξονικά ανάμεσα στα δύο επίπεδα στα ανοίγματα του πιστονιού.

3.2.7 Ο στροφαλοφόρος άξονας



Εικόνα 3.26: Στροφαλοφόρος άξονας

Το κάτω μέρος κάθε μπιέλας τοποθετείται στο κομβίο του στροφαλοφόρου άξονα (ανάμεσα στα δύο εξαρτήματα παρεμβάλλεται ένα ρουλεμάν, διαφορετικού τύπου ανάλογα την περίπτωση). Αυτό το τελευταίο εξάρτημα που δέχεται μεγάλες μηχανικές πιέσεις και περιστρέφεται σε ρουλεμάν. Σε ένα στροφαλοφόρο άξονα διακρίνουμε τους στροφάλους, με αυστηρή ευθυγράμμιση, και τα κομβία στροφάλου συνδεδεμένους με τα προηγούμενους, των οποίων η άκρη προεξέχει ως αντίβαρο και έχει φόρμα <<πέλεκυ>>. Ένας μονοκύλινδρος στροφαλοφόρος άξονας διαθέτει δύο μάγουλα (αντίβαρα) και ένα κομβίο στροφάλου, στον οποίο τοποθετείται η μπιέλα. Οι περισσότεροι στροφαλοφόροι άξονες που προορίζονται για δικύλινδρους V κινητήρες, έχουν παρόμοια δομή, αλλά στο μοναδικό κομβίο στροφαλοφόρου τοποθετούνται δύο μπιέλες η μία δίπλα στην άλλη. Στις άλλες περιπτώσεις ο στροφαλοφόρος άξονας έχει ένα κομβίο για κάθε μπιέλα. Η απόσταση μεταξύ των αξόνων του πύρου και του κομβίου αποτελεί την ακτίνα μπιέλας και ισούται με τη μισή διαδρομή. Οι στροφαλοφόροι άξονες των κινητήρων των μοτοσυκλετών είναι από ατσάλι και κατασκευάζονται με σφυρηλάτηση την οποία ακολουθεί σειρά από μηχανικές επεξεργασίες. Μπορούμε να τους χωρίσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους διαιρούμενους και τους μονοκόμματους, δηλαδή που αποτελούνται από ένα μόνο κομμάτι. Οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται σε όλους τους κινητήρες με τρεις ή τέσσερις κύλινδρους και είναι εξαιρετικά διαδεδομένοι, καθώς επίσης για τους δικύλινδρους. Οι διαιρούμενοι άξονες, αντίθετα, χρησιμοποιούνται στους μονοκύλινδρους κινητήρες και σε μερικούς κινητήρες με δύο κύλινδρους σε V, αλλά και σε όλους τους δίχρονους κινητήρες, στους οποίους είναι απαραίτητοι γιατί επιτρέπουν τη χρήση κυλινδρικών ρουλεμάν, τόσο για τα έδρανα όσο και για τις μπιέλες.

3.2.7.1 Διαιρούμενοι στροφαλοφόροι



Εικόνα 3.27: Διαιρούμενος στροφαλοφόρος

Όταν ο κινητήρας έχει μόνο ένα κύλινδρο είναι γενικά καλό, και από οικονομική άποψη, να τοποθετείται άξονας που αποτελείται από τρία μέρη τα οποία ενώνονται με συμπίεση στην πρέσα.

Σ' αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιούνται δύο κομβία εδράνου, καθένα εκ των οποίων αποτελείται από μια ομάδα μεγάλο-κομβίο εδράνου. Ενώνονται από

κομβίο (λεγόμενος επίσης άξονας σύζευξης) ο οποίος εισάγεται σ' αυτά με δυνατή σύσφιξη, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η μέγιστη σταθερότητα της μονάδας.

Πριν από την τελική συναρμολόγηση του άξονα, εισάγεται στο κομβίο η μπιέλα με το σχετικό ρουλεμάν (το οποίο συνήθως αποτελείται από κυλινδροθήκη και κυλινδράκια). Σε μερικούς τετράχρονους κινητήρες χρησιμοποιείται ένα κουζιμένο μπιέλας τριβής, το οποίο αποτελείται από χοντρό αντιτριβικό δακτύλιο. Τα κομβία εδράνου είναι από ατσάλι το οποίο, ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να είναι συγκολλημένο ή βελτιωμένο (το πρώτο προτιμάται στις κατασκευές ανώτερης ποιότητας). Ο άξονας σύζευξης είναι πάντα από συγκολλημένο ατσάλι, με βάθος του στρώματος σκλήρυνσης 0,8-1,00mm. Τόσο οι τρύπες των ημιαξονίων (κομβίων όσο και ο άξονας πρέπει να διαθέτουν ισχυρό επιφανειακό φινίρισμα.

Το βάθος εμφύτευσης ισούται συνήθως με το 30-35% του συνολικού μήκους του άξονα σύζευξης. Η σύσφιξη, η οποία πρέπει να αξιολογείται προσεκτικά ανάλογα με την περίπτωση, είναι της τάξης των 0,8-0,10 mm για πείρο με διάμετρο 20mm και του 0,12-0,17mm για πείρο 35mm. Μετά τη συναρμολόγηση στην πρέσα ο άξονας πρέπει να <<κεντραρισθεί>> με προσοχή. Πρόκειται για σημαντική εργασία, στο τέλος της οποίας τα δύο κομβία εδράνου πρέπει να είναι απόλυτα ομοαξονικά.

3.2.7.2 Μονοκόμματοι στροφαλοφόροι



Εικόνα 3.28: Μονοκόμματος στροφαλοφόρος

Εδώ και μερικά χρόνια οι περισσότεροι δικύλινδροι, καθώς και όλοι οι πολκύλινδροι κινητήρες, διαθέτουν μονοκόμματους στροφαλοφόρους άξονες, οι οποίοι είναι από κράμα ατσαλιού, με αντοχή στον εφελκυσμό της τάξης των 1000 N/mm² ή περισσότερο, και κατασκευάζονται με σφυρηλάτηση (μόνο σε μερικούς αγωνιστικούς κινητήρες χρησιμοποιούνται άξονες πλήρους επεξεργασίας).

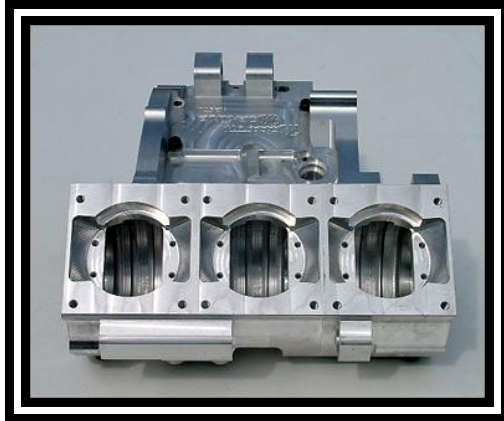
Αυτοί οι άξονες δουλεύουν πάνω σε κουζινέτα/μέταλλα (μόνο σε μερικούς δικύλινδρους

κινητήρες υιοθετείται η <<μεικτή>> λύση, με ρουλεμάν κύλισης και κουζινέτων). Οι μυτερές γωνίες και οι ανεπαρκείς ακτίνες ένωσης, πρέπει να αποφεύγονται γιατί προκαλούν εντάσεις οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε δυσλειτουργίες λόγω κόπωσης. Το λάδι σε πίεση φτάνει στο κομβίο στροφάλου, μέσω ειδικών καναλιών που βρίσκονται στον άξονα. Οι τρύπες από τις οποίες βγαίνει αυτό το λάδι πρέπει να έχουν ελαφρά στρογγυλεμένα ή μεγεθυμένα περιθώρια (το ίδιο ισχύει φυσικά και για τις τρύπες εισόδου, αν έχουν τοποθετηθεί κατευθείαν στις ζώνες εργασίας των μάγουλων, όπως συμβαίνει πάντα στους τετρακύλινδρους κινητήρες). Τα μάγουλα πρέπει να δουλευτούν με πολύ μεγάλη επιμέλεια για να αποκτήσουν τη σωστή γεωμετρία (επιτρέπονται μόνο ελάχιστες αποκλίσεις από την τέλεια κυλινδρικήτητα) και το καλύτερο επιφανειακό φινίρισμα. Τα μάγουλα του στροφάλου πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένα (το μεγαλύτερο επιτρεπόμενο λάθος ομοαξονικότητας είναι της τάξης του ενός εκατοστού του χιλιοστού). Όσον αφορά τη διαστασιολόγηση, τα μάγουλα των σύγχρονων κινητήρων υψηλών επιδόσεων έχουν διάμετρο η οποία κυμαίνεται ενδεικτικά ανάμεσα σε 0,44 και 0,50 φορές την εσωτερική διάμετρο του κυλίνδρου στην μπιέλα αυτή η τιμή περνά στο 0,39-0,48.

Στους άξονες των τετρακύλινδρων κινητήρων ο μηχανισμός γραναζιών της κύριας μετάδοσης είναι συνήθως τοποθετημένος κατευθείαν σε ένα από τα δύο μάγουλα, στο οποίο έχει δοθεί δισκοειδές σχήμα. Στους άξονες που προορίζονται για άλλου τύπου κινητήρες, ο συγκεκριμένος μηχανισμός γραναζιών είναι πάντα μεταφερόμενος (συναρμολογείται με κωνική ή καναλωτή σύζευξη). Ο στροφαλοφόρος άξονας πρέπει να είναι σωστά ισοσταθμισμένος για λόγους ισορροπίας και πρέπει να έχει την κατάλληλη μάζα σφονδύλου. Συνήθως, τα αντίβαρα των αξόνων που προορίζονται για κινητήρες παραγωγής είναι ολοκληρωμένα, δηλαδή τοποθετημένα πάνω στην <<προέκταση>> (στην αντίθετη πλευρά από το κομβίο) καθενός μάγουλου. Στους στροφαλοφόρους άξονες των αγωνιστικών κινητήρων, αντίθετα, χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα πάνω στα μάγουλα παρεμβλήματα από βαρύ μέταλλο (συνήθως κράμα βολφραμίου με πυκνότητα 2,5 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του ατσαλιού). Η επεξεργασία των κομβίων γίνεται με ρεκτιφέ το οποίο συνήθως γίνεται σε δύο φάσεις και συνοδεύεται από ένα <<υπερφινίρισμα>> για να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο το επιφανειακό φινίρισμα. Οι σημαντικότερες επεξεργασίες στις οποίες υποβάλλονται οι άξονες, κυρίως για να αποκτήσουν τα κομβία την απαραίτητη σκληρότητα, είναι η

εναζώτωση (συχνά χρησιμοποιείται η βύθιση σε αλατούχο μπάνιο, πιο γρήγορη και οικονομική) και η επαγωγική σκλήρυνση.

3.2.8 Τα κάρτερ



Εικόνα 3.29: Κάρτερ κινητήρα 3κ

Την ίδια στιγμή η βάση του κινητήρα που <<περιέχει>> τα εξαρτήματα του μηχανικού στροφαλοφόρου, η όψη και η λειτουργία των κάρτερ, θυμίζει ένα γεροδεμένο μεταλλικό κουτί που στηρίζει και προστατεύει τα κινητά εξαρτήματα και ταυτόχρονα εμποδίζει την είσοδο νερού και σκόνης από το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς και την έξοδο του λαδιού από το εσωτερικό. Ένα κάρτερ μοτοσυκλέτας με κλασικό σχήμα αποτελείται από δύο μισά, τα οποία ενώνονται ανάλογα οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με την επιφάνεια.

Στο πάνω τμήμα αυτής της επιφάνειας στερεώνεται ο κύλινδρος (και από πάνω του η κεφαλή) και στα πλευρά της ένα ζευγάρι καπάκια (της γεννήτριας ρεύματος και της ομάδας πρωτεύουσα μετάδοση-συμπλέκτης). Σε διάφορους σύγχρονους κινητήρες το σώμα των κυλίνδρων είναι ενσωματωμένο στην ίδια χύτευση με το πάνω μισό κάρτερ. Σε μερικές περιπτώσεις, ακόμη, τα κάρτερ δεν αποτελούνται από δύο μέρη αλλά έχει μονοκόμματη κατασκευή, δηλαδή <<του τούνελ>>, με πλευρικό ή εμπρόσθιο καπάκι (αυτή η λύση χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, στις Moto Morini και Moto Guzzi).

3.2.9 Κατασκευαστικές λύσεις

Στα τοιχώματα των κάρτερ βρίσκονται οι υποδοχές για τα ρουλεμάν στροφάλου (τα οποία πρέπει να είναι αυστηρά ομοαξονικά) και αυτό απαιτεί επεξεργασία μεγάλης ακρίβειας. Οι μονοκύλινδροι κινητήρες και οι περισσότεροι δικύλινδροι έχουν κάρτερ που ανοίγουν κατακόρυφα. Τα δύο μισά κάρτερ, επομένως, έχουν ένα σχεδόν συμμετρικό σχήμα, θεωρητικά. Για τους κινητήρες με τρεις ή τέσσερις κυλίνδρους, αντίθετα, χρησιμοποιούνται κάρτερ στις οποίες η επιφάνεια ένωσης των δύο κομματιών, τα οποία κατά συνέπεια έχουν αισθητά διαφορετική γεωμετρία, ανοίγουν οριζόντια. Αυτή η επιφάνεια κόβει ακριβώς στη μέση τα έδρανα. Τα κάρτερ αυτού του τύπου έχουν αρκετά πολύπλοκη διαμόρφωση και δεν είναι απλά στο σχεδιασμό και στην κατασκευή. Όπως η κεφαλή και ο κύλινδρος, έτσι και τα κάρτερ γίνονται από κράμα αλουμινίου. Η διαδικασία παραγωγής που χρησιμοποιείται είναι πάντα η χύτευση, συχνά πρόκειται για χύτευση σε καλούπι (που γίνεται με βαρύτητα ή υπό χαμηλή πίεση), αλλά όπου υπάρχει η δυνατότητα, για τα μοντέλα μαζικής παραγωγής, οι κατασκευαστές προτιμούν την πρεσοχύτευση.

Για τους κινητήρες περιορισμένης παραγωγής χρησιμοποιείται συνήθως η χύτευση σε άμμο. Οι επεξεργασίες αφορούν την κατασκευή των επιφανειών ένωσης και σύσφιξης, τις υποδοχές για τα ρουλεμάν, και τις τρύπες για τα εξαρτήματα

ένωσης. Για να εξασφαλιστεί η σωστή τοποθέτηση και των δύο μισών κάρτερ όταν ενώνονται, χρησιμοποιούνται βαθμονομημένες ακίδες.

Επίσης το κάτω τμήμα του πιστονιού δουλεύει αποβάλλοντας ή επαναφέροντας τον αέρα στο χώρο από κάτω του (ο διαθέσιμος όγκος αυξάνεται και μειώνεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα. Αυτή η πραγματικά <<εσωτερική άντληση>> μπορεί να προκαλέσει μεγάλες απώλειες ισχύος στους κινητήρες που δουλεύουν σε πολύ υψηλές στροφές, μειώνοντας τη μηχανική απόδοση. Για να ελαττωθούν αυτές οι απώλειες ισχύος, σε πολλούς πολυκύλινδρους κινητήρες των τελευταίων γενεών χρησιμοποιούνται μεγάλα ανοίγματα εξαερισμού στην περιοχή του στροφάλου και διευκολύνουν τη διέλευση των αερίων στις χαμηλές ζώνες των γειτονικών κυλίνδρων. Η συγκεκριμένη <<άντληση>> συνεχίζει να γίνεται, αλλά η αντίσταση που προκαλούν τα αέρια μειώνεται.

3.2.10 Τα ρουλεμάν



Εικόνα 3.30:ρουλεμάν

Ανάμεσα σε έναν άξονα, που περιστρέφεται με συγκεκριμένη ταχύτητα και υποβάλλεται σε συγκεκριμένες εντάσεις, και στο αντίστοιχο υποστήριγμα, συνήθως τοποθετείται ένα ρουλεμάν το οποίο λιπαίνεται κατάλληλα. Η μοναδική εξαίρεση, στο εσωτερικό του κινητήρα, συχνά είναι ο εκκεντροφόρος άξονας, ο οποίος μπορεί να δουλέψει σε κουζινέτα που έγιναν κατευθείαν στην ελαφριά ένωση της κεφαλής και του καπακιού. Σ' αυτή τη περίπτωση οι εντάσεις είναι μέτριες και η ταχύτητα μειώνεται στο μισό συγκριτικά, με εκείνη του στροφαλοφόρου άξονα. Επιπλέον, μια πλούσια λίπανση έχει ως αποτέλεσμα να <<επιπλέει>> το κομβίο στο κράμα αλουμινίου (το οποίο εξάλλου μπορεί να θεωρηθεί πολύ ικανοποιητικό αντιτριβικό υλικό για διάφορες εφαρμογές). Ο πιο απλός τύπος είναι τα αφαιρετικά ρουλεμάν, που λειτουργούν με τρυβή κύλισης (ονομάζονται έτσι αν και στην πραγματικότητα λειτουργούν σε υδροδυναμικό καθεστώς).

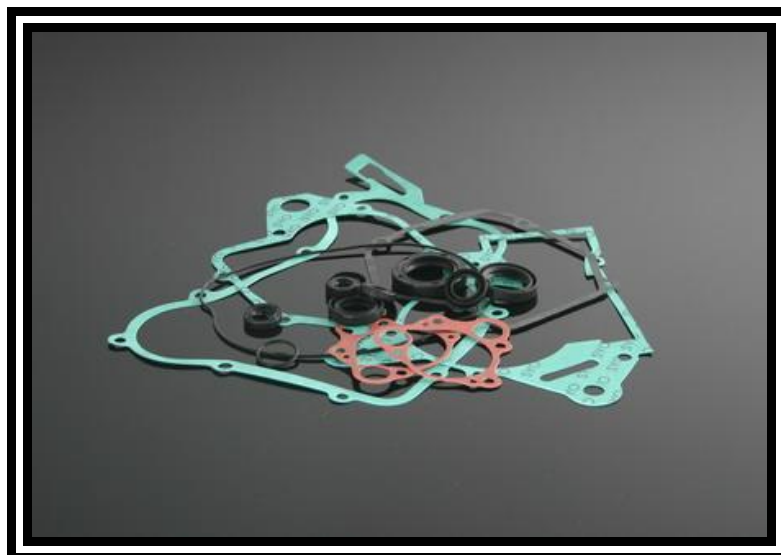
Σ' αυτή την κατηγορία εντάσσονται και τα κουζινέτα. Αυτά αποτελούνται από κελύφη ατσαλιού στα οποία εφαρμόζεται στρώμα αντιτριβικού υλικού, το οποίο πρέπει να έχει ειδικά χαρακτηριστικά. Το συνολικό πάχος των κουζινέτων που χρησιμοποιούνται στους κινητήρες των μοτοσυκλετών είναι 1,4-2,0mm. Το αντιτριβικό στρώμα συνήθως έχει ύψος 0,14 με 0,28 mm και, στις πιο απαιτητικές κατασκευές, συχνά αποτελείται από κάποιο υλικό βάσης και από ένα overlay (επιφανειακό λεπτό κάλυμμα με πάχος περίπου 0,02 mm), διαχωρισμένα από ένα φράγμα νίκελ.

Στο χώρο των αντιτριβικών υλικών σημειώθηκε πρόσφατα μεγάλη εξέλιξη, λόγω των νέων νόμων για την προστασία του περιβάλλοντος οι οποίοι προβλέπουν την κατάργηση του μολύβδου.

Συνεχίζουν να είναι πολύ διαδεδομένα, στον ίδιο χώρο, τα υλικά με βάση το αλουμίνιο και τον κασσίτερο. Από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα κουζινέτο είναι η προσαρμοστικότητα (ικανότητα να προσαρμόζεται σε μικρές γεωμετρικές ανακρίβειες των πείρων και να <<αποκαθιστά>> μικρά λάθη ευθυγράμμισης όπως αυτά που μπορούν να προκληθούν από μικρές κλίσεις του άξονα) και η ικανότητα ενσωμάτωσης (ικανότητα να <<απορροφά>> χωρίς κίνδυνο μικρά ξένα σωματίδια που ενδεχομένως υπάρχουν στο λάδι). Πολύ σημαντική είναι η ικανότητα φορτίου και η αντοχή στην κόπωση. Δυνατά σημεία των κουζινέτων (οι οποίοι δουλεύουν σε υδροδυναμικό καθεστώς και πρέπει να λαμβάνουν άφθονη και συνεχόμενη ροή λαδιού) είναι η μειωμένη ακτινική παρεμπόδιση και η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε αποσυναρμολογούμενα υποστηρίγματα και σε διαιρούμενες μπιέλες.

Ένα σφαιρικό ρουλεμάν αποτελείται από δύο ασάλινους δακτυλίους (εσωτερικό και εξωτερικό), μεταξύ των οποίων τοποθετείται σειρά από μπίλιες ή σφαίρες. Στην περίπτωση των ρουλεμάν στροφάλου και εκείνων που υποστηρίζουν τους άξονες του κιβωτίου ταχυτήτων, ο εξωτερικός δακτύλιος είναι τοποθετημένος με ελαφριά σύσφιξη, και επομένως παραμένει σταθερός, ενώ ο εσωτερικός δακτύλιος περιστρέφεται μαζί με τον πύρο στον οποίο έχει εισαχθεί. Τα ρουλεμάν με μπίλιες και τα κυλινδρικά (βελονοειδή) είναι συνήθως διαχωρισμένα και οδηγούνται από ειδικούς κλωβούς. Στα κουζινέτα μπιέλας η κύλιση γίνεται κατευθείαν στο κομβίο του στροφάλου και στο εσωτερικό της μπιέλας (που έχουν σκληρυνθεί κατάλληλα με συγκόλληση και έχουν υψηλότατο επιφανειακό φινίρισμα). Τα ρουλεμάν κύλισης έχουν πολύ λίγες απαιτήσεις αναφορικά με τη λίπανση.

3.2.11 Φλάντζες και τσιμούχες



Εικόνα 3.31: Φλάντζες και τσιμούχες

Για να μη διέρχονται υγρά, μετά τη συναρμολόγηση, ανάμεσα από δύο μηχανικά μέρη, δηλαδή για να υπάρχει τέλεια στεγανότητα, χρησιμοποιούνται φλάντζες. Αν

από τα δύο συγκεκριμένα μέρη το ένα είναι κινητό (περιστρεφόμενος ή κινούμενος άξονας) και το άλλο σταθερό, χρησιμοποιούνται τσιμούχες. Σε μερικές περιπτώσεις, αυτές οι τσιμούχες δεν χρειάζονται γιατί αντικαθίσταται από λεπτό στρώμα μείγματος συγκράτησης (κόλα-αναερόβια ή σιλικονούχα), το οποίο τοποθετείται ανάμεσα στις επιφάνειες ένωσης. Δεν μπορούν να δουλέψουν όλες οι φλάντζες στεγανοποίησης στις ίδιες συνθήκες και αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη. Ιδιαίτερα απαιτητική είναι η εργασία της φλάντζας κεφαλής η οποία πρέπει να λειτουργεί άψογα σε υψηλές θερμοκρασίες και (ειδικά) σε κορυφώσεις πίεσης που μερικές φορές είναι εντυπωσιακές.

Αυτή η φλάντζα πρέπει να εξασφαλίζει απόλυτη στεγανότητα από αέρια, λάδι και ψυκτικό υγρό και πρέπει να δουλεύει σε πολύ δύσκολες συνθήκες εξαιτίας του ότι η πίεση που ασκείται μεταξύ κεφαλής και κυλίνδρου δεν είναι σταθερή, αλλά αλλάζει με τη θερμοκρασία. Επιπλέον αυτή η φλάντζα πρέπει να αντιμετωπίζει τις θερμικές διαστολές που προκαλούν μικρές μετακινήσεις ανάμεσα στις επιφάνειες ένωσης της κεφαλής και του κυλίνδρου.

Ενώ πολλές φλάντζες στεγανοποίησης που χρησιμοποιούνται για τα πλαϊνά καπάκια είναι απλά από χημικά επεξεργασμένο χαρτί, η φλάντζα της κεφαλής είναι αρκετά πολύπλοκη. Σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως ο τύπος από πολυστρωματικό ατσάλι (με επιστρώσεις από ελαστομερές στα άκρα των διελεύσεων για το ψυκτικό υγρό και το λάδι και με ένα λεπτό κάλυμμα ελαστικού μείγματος συγκράτησης, στις πάνω και κάτω επιφάνειες). Ανάμεσα στους κυλίνδρους και στις κεφαλές των δίχρονων κινητήρων μερικές φορές χρησιμοποιούνται απλές φλάντζες από χαλκό ή ένα ζευγάρι τσιμούχες (δακτύλιοι από συνθετικό ελαστικό), τοποθετημένο σε ειδικές κοιλάτες. Η τσιμούχα του καπακιού της κεφαλής είναι συχνά από λάστιχο και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί (όλοι οι άλλοι είναι μιας χρήσεως, δηλαδή πρέπει να αντικαθίστανται σε κάθε αποσυναρμολόγηση).

Τα δυναμικά στοιχεία συγκράτησης, οι τσιμούχες (συγκρατητές) λαδιού, χρησιμοποιούνται για να εξασφαλιστεί η στεγανότητα ανάμεσα σε ένα μεταλλικό τοίχωμα και έναν περιστρεφόμενο άξονα. Τυπικά υπάρχει μια τσιμούχα λαδιού στον άξονα εξόδου του κιβωτίου ταχυτήτων, ακριβώς πίσω από το γρανάζι της τελικής μετάδοσης. Σε πολλούς κινητήρες η γεννήτρια ρεύματος δουλεύει εν ψυχρώ και επομένως χρησιμοποιείται μια τσιμούχα λαδιού επίσης στο στροφαλοφόρο άξονα, τοποθετημένη στο εξωτερικό τμήμα του εδράνου από την πλευρά του ρότορα της ίδιας της γεννήτριας. Στους δίχρονους κινητήρες ο στροφαλοθάλαμος πρέπει να είναι απόλυτα στεγανοποιημένος και γι' αυτό υπάρχουν δύο τσιμούχες λαδιού (ένας από την πλευρά της πρωτεύουσας μετάδοσης και ένας από την πλευρά της γεννήτριας ρεύματος).

Άλλες τσιμούχες τέτοιου τύπου τοποθετούνται σε άξονες που δεν περιστρέφονται αλλά διέρχονται ευθύγραμμα. Πρόκειται για τις τσιμούχες λαδιού του προυνιού και εκείνες που βρίσκονται πάνω από τους οδηγούς των βαλβίδων (οι οποίες μειώνουν σημαντικά τη ροή λιπαντικού ανάμεσα στα στελέχη των βαλβίδων και στους οδηγούς).

Μια τσιμούχα λαδιού αποτελείται από ένα μεταλλικό στοιχείο δακτυλιοειδούς σχήματος (συνήθως με διατομή σε L), βυθισμένο σε σώμα από συνθετικό ελαστικό στο οποίο τοποθετείται ένα χείλος συγκράτησης που σφραγίζει τον άξονα. Για να αυξηθεί το ακτινικό φορτίο (δηλαδή η δύναμη με την οποία το χείλος σφίγγει τον άξονα) χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα ένα μεταλλικό ελατήριο.

3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Οι κινητήρες, τα συστήματα μετάδοσης της κίνησης, τα πλαίσια, οι αναρτήσεις και τα φρένα των αυτοκινήτων κατασκευάζονται με μεταλλικά υλικά. Μόνο μερικά ειδικά μέρη ή εξαρτήματα, όπως οι εύκαμπτες σωληνώσεις, οι ιμάντες και τα μπουζί προβλέπουν την χρήση υλικών διαφορετικής προέλευσης.

Πριν εξετάσουμε λεπτομερώς τα διάφορα μέρη και τους μηχανισμούς που αφορούν την μοτοσυκλέτα, είναι σκόπιμο να αναφερθούμε εν συντομία στα χαρακτηριστικά των μεταλλικών υλικών και στην τυπολογία τους, για να περάσουμε κατόπιν στην γενική περιγραφή των τεχνικών παραγωγής, που χρησιμοποιούνται και στη σύνθεση μερικών βασικών εννοιών της μηχανικής. Στον τομέα μας (σε αντίθεση με αυτό που ισχύει με τους ηλεκτρικούς μηχανικούς) δεν χρησιμοποιούνται πολύ καθαρά μέταλλα, τα οποία δεν έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες, αλλά πάντα τα κράματα τους, τα οποία αποτελούνται από ένα μέταλλο βάσης ενωμένο με ποσότητα, κάποιες φορές αρκετά μεγάλη, ενός ή περισσότερων στοιχείων. Εκτός από τα φυσικά χαρακτηριστικά του, κάθε υλικό παρουσιάζει επίσης μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες καθορίζουν τη δυνατότητα χρήσης του στις διάφορες περιπτώσεις.

3.3.1 Τα φυσικά χαρακτηριστικά

Η πυκνότητα ενός υλικού αποτελείται από τη μάζα της μονάδας όγκου(γι αυτόν τον λόγο ην αποκαλούμε, με την ακριβή έννοια του όρου, ογκομετρική μάζα). Συνήθως τη μετράμε σε kg/dm^3 ή σε g/cm^3 . Έχοντας τις ίδιες διαστάσεις ένα αντικείμενο κατασκευασμένο από υλικό με μικρότερη πυκνότητα ζυγίζει λιγότερο. Από τα μέταλλα που μας ενδιαφέρουν περισσότερο, χαμηλή πυκνότητα έχουν κυρίως το αλουμίνιο ($2,7 \text{ kg/dm}^3$) και κυρίως το μαγνήσιο ($1,8 \text{ kg/dm}^3$), τα οποία όμως δεν παρουσιάζουν αναπτυγμένα μηχανικά χαρακτηριστικά (ειδικά το δεύτερο).

Το σίδηρο έχει πυκνότητα $7,8 \text{ kg/dm}^3$ και το τιτάνιο $4,5 \text{ kg/dm}^3$. Η θερμική αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα ενός υλικού να μεταβιβάζει τη θερμότητα. Όσο πιο υψηλή είναι η αγωγιμότητα τόσο πιο εύκολα περνά η θερμότητα διαμέσου του ίδιου του υλικού. Τη μετράμε σε $\text{W/(m}^\circ\text{C)}$ και είναι πολύ υψηλή στο χαλκό και στο αλουμίνιο.

Ο συντελεστής θερμικής διαστολής δείχνει το πόσο διαστέλλεται ένα αντικείμενο ενιαίου μήκους με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C . Όσο πιο υψηλός είναι ο συντελεστής τόσο μεγαλύτερη είναι η διαστολή που υφίσταται ένα εξάρτημα όταν θερμαίνεται. Η θερμική διαστολή μετριέται σε $^\circ\text{C}$. Το αλουμίνιο έχει αρκετά μεγάλο συντελεστή θερμικής διαστολής, περίπου το διπλάσιο από εκείνον του σιδήρου.

3.3.2 Τα μηχανικά χαρακτηριστικά

Με την επίδραση μίας δύναμης ένα αντικείμενο από κάποιο συγκεκριμένο υλικό παραμορφώνεται εάν υπόκειται σε κάποιο εφελκυσμό υφίσταται συγκεκριμένη

επιμήκυνση. Όταν σταματά η επίδραση της δύναμης, αν το αντικείμενο επανέρχεται στο αρχικό του μήκος σημαίνει ότι αυτό παραμορφώθηκε ελαστικά.

Αν αντίθετα δεν επανέρχεται στις αρχικές του διαστάσεις, δηλαδή αν διατηρεί έστω και μία μικρή μόνιμη παραμόρφωση, η επιμήκυνση είναι επίσης πλαστική. Η αντοχή στον εφελκυσμό δείχνει το φορτίο θραύσης, δηλαδή τη μέγιστη αντοχή που έχει το υλικό μέχρι να σπάσει.

Η συμπεριφορά των υλικών που υπόκεινται σε ελαφρύ εφελκυσμό μπορεί να είναι πολύ διαφορετική: μερικά μπορούν να παραμορφωθούν ελαστικά μέχρι σε ένα ορισμένο σημείο μετά το οποίο επέρχεται μερική ή ολική θραύση, ενώ άλλα (τα περισσότερα) μετά από μία αρχική επιμήκυνση στο ελαστικό πεδίο, παραμορφώνονται πλαστικά, ακόμα και σε μεγάλο βαθμό πριν φτάσουν στο σημείο θραύσης. Το πέρασμα από το πεδίο των ελαστικών παραμορφώσεων σε εκείνο των πλαστικών παραμορφώσεων καθορίζεται από το όριο ελαστικότητας, το οποίο δείχνει το φορτίο εφελκυσμού που το υλικό μπορεί να αντέξει πριν παραμορφωθεί πλαστικά. Για μερικά υλικά αυτό ταυτίζεται πρακτικά με το φορτίο εξασθένησης και όπως η αντοχή στον εφελκυσμό, δηλώνεται σε N/mm². Η ευκαμψία ενός υλικού <<υπολογίζεται>> από το ποσοστό μόνιμης επιμήκυνσης που υφίσταται ένα αντικείμενο από συγκεκριμένο υλικό, το οποίο υπόκειται σε εφελκυσμό, πριν φτάσει στο σημείο θραύσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιμήκυνση, τόσο μεγαλύτερη αποβαίνει η πλαστικότητα.

Ένα υλικό με υψηλή ανθεκτικότητα στον εφελκυσμό και αρκετά μεγάλη ευκαμψία είναι πολύ <<συνεκτικό>> με άλλα λόγια, έχει τη δυνατότητα να απορροφά πολλή ενέργεια, χάνοντας το σχήμα του, πριν σπάσει.

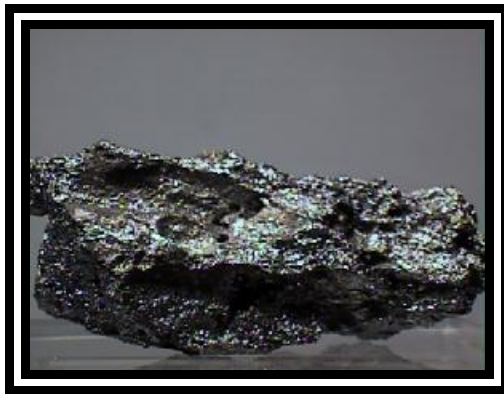
Ο συντελεστής ελαστικότητας δείχνει το πόσο ένα υλικό παραμορφώνεται ελαστικά υπό την επίδραση συγκεκριμένης δύναμης. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο συντελεστής, τόσο πιο υψηλή είναι η ακαμψία. Δηλώνεται σε N/mm² ή σε GPa (γίγαπασκάλ: 1 GPa=1000 N/mm²).

Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η σκληρότητα, η οποία μπορεί να οριστεί ως η αντίσταση που προβάλλει κάποιο υλικό στη διάβρωση ή στο γδάρισμα. Πολύ σκληρά υλικά είναι απαραίτητα για την κατασκευή κομματιών με υψηλή ανθεκτικότητα στη φθορά, από γδάρισμα ή τριβή.

Όταν παρουσιάζονται μεγάλες πιέσεις επαφής, είναι απαραίτητο οι επιφάνειες των εξαρτημάτων να έχουν υψηλή σκληρότητα για να λειτουργούν σωστά και να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (αυτή είναι, για παράδειγμα, η περίπτωση των κουζινέτων). Η σκληρότητα υπολογίζεται με διάφορες μεθόδους, οι οποίες προβλέπουν τη χρήση ενός εργαλείου <<διείσδυσης>> με μύτη σφαιρικού ή πυραμοειδούς σχήματος. Μετρώντας το βάθος του αποτυπώματος, σε τυποποιημένες συνθήκες ή την επιφάνεια του, μπορούμε να υπολογίσουμε την σκληρότητα η οποία δηλώνεται με διάφορες κλίμακες, ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού. Για πιο μαλακά υλικά, όπως τα κράματα αλουμινίου, συνήθως ανατρέχουμε στη μέθοδο Brinell, ενώ για τα άλλα χρησιμοποιείται το σύστημα Vickers ή το σύστημα Rockwell.

Η ελαστικότητα είναι ένα <<δυναμικό>> χαρακτηριστικό του υλικού, το οποίο δείχνει το πόσο αυτό το υλικό αντέχει στις προσκρούσεις με άλλα λόγια, δείχνει την ευθραυστότητά του σε περίπτωση σύγκρουσης. Πρόκειται για την ποσότητα ενέργειας (με αναφορά σε όλο το τμήμα) που χρειάζεται για να σπάσει ένα <<δείγμα >> του συγκεκριμένου υλικού μετά από σύγκρουση. Υπολογίζεται σε J/cm².

3.3.3 Τα μεταλλικά υλικά



Εικόνα 3.32: Τιτάνιο

Τα εξαρτήματα που δέχονται τη μεγαλύτερη μηχανική ροπή κατασκευάζονται με υλικά όπως το ατσάλι και, σε μερικές περιπτώσεις, το τιτάνιο. Όπου αντίθετα χρειάζεται σημαντική μείωση βάρους χρησιμοποιούνται υλικά με μικρότερη πυκνότητα, αν και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους είναι ξεκάθαρα κατώτερα, όπως τα κράματα αλουμινίου.

Τα ατσάλια είναι κράματα σιδήρου και άνθρακα, με το δεύτερο στοιχείο να παρουσιάζεται σε ποσοστό μικρότερο

κατά 2%. Τα χαρακτηριστικά τους καθορίζονται από το ποσοστό του άνθρακα, από την ποσότητα και τον τύπο άλαλων στοιχείων που περιέχουν και από τη θερμική επεξεργασία την οποία υφίσταται τα διάφορα κομμάτια. Πρόκειται για μια μεγάλη οικογένεια υλικών με πολύ διαφορετικές ιδιότητες και πολύ διαφορετικά κόστη. Αυτά που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό του κινητήρα μπορούν βασικά να χωριστούν σε συγκολλημένα ατσάλια (για κομμάτια που πρέπει να έχουν υψηλή επιφανειακή σκληρότητα αλλά να είναι και πολύ σκληρά εσωτερικά) και βελτιωμένα ατσάλια.

Αυτές οι δύο ομάδες περιλαμβάνουν κατόπιν τα ανθρακούχα ατσάλια (πιο οικονομικά) και τα κράματα ατσαλιών (με ανώτερα χαρακτηριστικά). Ιδιαίτερα αξιόλογα είναι τα κράματα ατσαλιού με νίκελ, χρώμιο και/ή μολυβδένιο. Τα ατσάλια έχουν πυκνότητα της τάξης του 7,9kg/dm³, πολύ υψηλό συντελεστή ελαστικότητας (περισσότερο από 200Gpa) και μπορούν να έχουν αντοχές σε εφελκυσμό ακόμη και μεγαλύτερες από 1200 N/mm². Τα εξαρτήματα από ατσάλι γίνονται συνήθως με σφυρηλάτηση. Κατασκευάζονται συνήθως από ατσάλι οι στροφαλοφόροι οι μπιέλες, οι πίροι πιστονιών, τα κοκοράκια, τα κουζινέτα, οι αλυσίδες κ.λπ.

Τα κράματα αλουμινίου (που έχουν πυκνότητα της τάξης του 2,7 kg/dm³ και συντελεστή ελαστικότητας περίπου 70 Gpa) χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμική αγωγιμότητα και μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες ομάδες, ανάλογα με τη διαδικασία παραγωγής τους. Έτσι έχουμε τα κράματα χύτευσης και τα κράματα πλαστικής επεξεργασίας (σφυρηλάτηση, εξώθηση).

Ανάμεσα στα πρώτα είναι πολύ διαδεδομένα εκείνα από πυρίτιο του οποίου η παρουσία αυξάνει την ικανότητα τήξης, μειώνει το συντελεστή θερμικής διαστολής και συμβάλει στη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών. Χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν κεφαλές, κύλινδροι, βάσεις, δίσκοι, και ακόμη μερικά πλαίσια. Σε ξεχωριστή κατηγορία εντάσσονται τα κράματα για πιστόνια, τα οποία και αυτά περιέχουν μεγάλη ποσότητα πυριτίου, μαζί με άλλα προσθετικά στοιχεία. Για να βελτιωθούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά των άλλων τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, χρησιμοποιείται η σφυρηλάτηση (μέσω πλαστικής παραμόρφωσης εν ψυχρώ). Μερικά από αυτά μπορούν να συγκολληθούν ενώ άλλα όχι (σε αυτήν την περίπτωση τα διάφορα τμήματα ενώνονται με πριτσίνωμα ή επικόλληση). Πολύ αξιόλογα είναι τα κράματα αλουμινίου –χαλκού (που αποτελούν σειρά 2000. Μερικά από αυτά είναι περισσότερο γνωστά με την εμπορική ονομασία Avional). Ανάμεσα στα κράματα σφυρηλάτησης ξεχωρίζουν εκείνα που είναι γνωστά ως Peraluman(σειρά 5000, στην οποία το κύριο στοιχείο ένωσης είναι το μαγνήσιο).

Ευρέως χρησιμοποιούνται επίσης τα κράματα αλουμινίου- μαγνησίου- πυριτίου της σειράς 6000(Anticorodal). Τα καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά επιτυγχάνονται με τα κράματα αλουμινίου- ψευδαργύρου, τα οποία αποτελούν τη σειρά 7000 (μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν εκείνα με την ονομασία Ergal, των οποίων η αντοχή στον εφελκυσμό μπορεί να πλησιάζει τα 600 N/mm³). Τα κράματα αυτών των δύο σειρών επιδέχονται βελτίωσης και χρησιμοποιούνται κυρίως για να κατασκευαστούν πλαίσια, δαγκάνες, πλάκες πιρουνιών και δίσκοι. Τα κράματα μαγνησίου, τα οποία έχουν πολύ χαμηλή πυκνότητα (κοντά στα 1,7 kg/dm³), διαθέτουν υψηλού επιπέδου μηχανικά χαρακτηριστικά (τα οποία τις περισσότερες φορές ελαττώνονται με τη θερμοκρασία) και χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν τροχοί αγωνιστικών μοτοσυκλετών, πλαϊνά καπάκια και καπάκια κεφαλών, καθώς και άλλα μέρη που δεν υπόκεινται σε υψηλές ροπές. Ο συντελεστής ελαστικότητας είναι μόλις της τάξης των 45Gpa. Αδύνατο σημείο των εξαρτημάτων που έχουν κατασκευαστεί με αυτό το υλικό είναι ότι μπορούν να διαβρωθούν εύκολα. Προσφάτως έχουν έρθει δυναμικά στο προσκήνιο τα κράματα τιτανίου. Η πυκνότητα τους είναι αισθητά μικρότερη από εκείνη του ατσάλιου (4,5 kg/dm³ έναντι των 7,8) ενώ η αντοχή στον εφελκυσμό είναι παρόμοια. Ο συντελεστής ελαστικότητας είναι της τάξης των 120Gpa. Το βασικό πρόβλημα αυτών των υλικών είναι το πολύ υψηλό κόστος τους. Γι'αυτό τα μέρη από τιτάνιο(μπιέλες και βαλβίδες) χρησιμοποιούνται μόνο στις αγωνιστικές μοτοσυκλέτες και σε μερικά μοντέλα παραγωγής. Μια μπιέλα από τιτάνιο μπορεί να ζυγίζει 35-38% λιγότερο από μία από ατσάλι.



Εικόνα 3.33: Σίδηρος

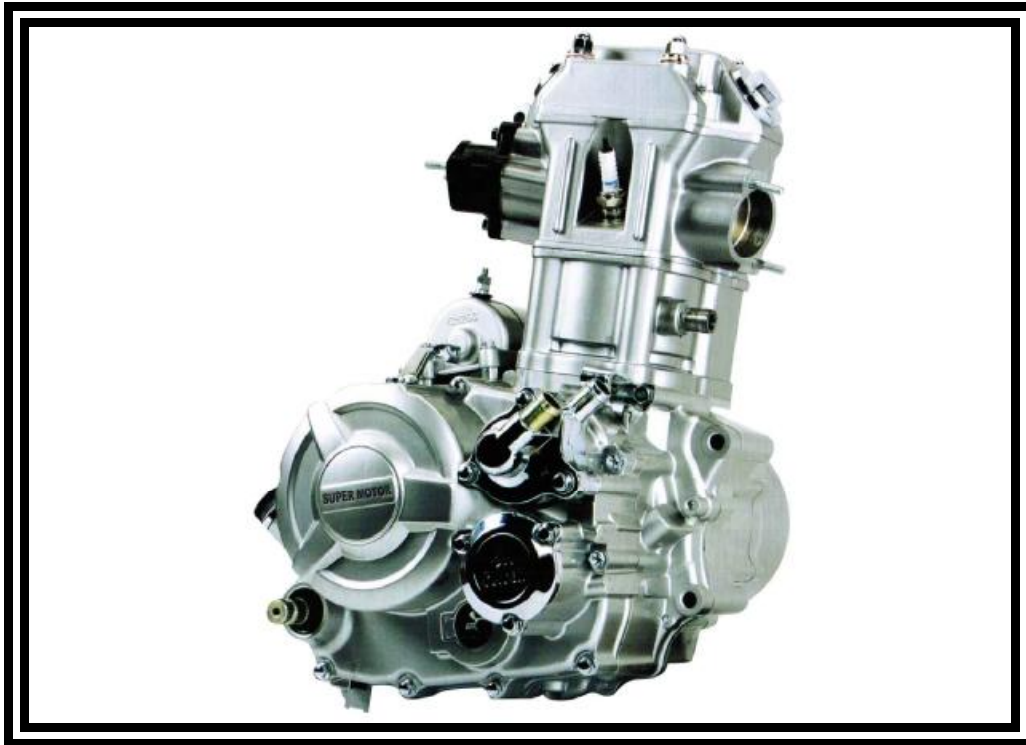
Ο χυτοσίδηρος χρησιμοποιείται σχετικά λίγο στο χώρο της μοτοσυκλέτας. Χρησιμοποιείται μόνο για σπειρώματα κυλίνδρων, για πολλά κουζινέτα και οδηγούς βαλβίδων, για πιστόνια, για μερικούς κυλίνδρους που προορίζονται για σκούτερ και για τις σιαγόνες των φρένων με τα ταμπούρα. Ο χαλκός βρίσκεται με τη μορφή μπρούντζου (κράμα με κασσίτερο) σε μερικούς εσωτερικούς ελατήρια τροχών, οδηγούς και έδρες βαλβίδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μονοκύλινδος κινητήρας

4.1 Μονοκύλινδρος κινητήρας



Εικόνα 4.1: Μονοκύλινδρος κινητήρας

Οι μονοκύλινδροι κινητήρες χωρίζονται σε δίχρονους και τετράχρονους. Ο δίχρονος μονοκύλινδρος κινητήρας είναι από τους πιο διαδεδομένους κινητήρες στον κόσμο. Οι δίχρονοι κινητήρες ξεκίνησαν να δανείζουν την ισχύ τους σε μικρά μοτοποδήλατα και τρίκυκλα από τα μέσα του μεσοπολέμου, περίοδος που η Ευρώπη θέλει και ζητάει ένα φτηνό μέσο μετακίνησης για το εργατικό δυναμικό και γενικότερα για την αστική κοινωνία.

Ο μονοκύλινδρος δίχρονος και τετράχρονος κινητήρας είναι ο πιο διαδεδομένος και πολυχρησιμοποιημένος κινητήρας στον κόσμο. Και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι εύκολος στην κατασκευή του και έχει περιορισμένο κόστος παραγωγής.(ιδιαίτερα ο δίχρονος).



Εικόνα 4.2: Δίχρονος μον. κινητήρας

4.2 ΔΙΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο υπάρχει μια έκρηξη στην παραγωγή του δίχρονου κινητήρα.

Ο κόσμος θέλει ένα φθινό μεταφορικό μέσο αφού έχει ήδη ταλαιπωρηθεί ανεπανόρθωτα από τις οικονομικές συνέπειες του πολέμου. Δεν είναι υπερβολή να πούμε ότι ο δίχρονος κινητήρας βοήθησε στην ανοικοδόμηση

της κατεστραμμένης μετά τον πόλεμο Ευρώπης.

Στην Ελλάδα του 80' ο δίχρονος κινητήρας βρήκε ένα φανατικό του κοινό. Ένας άγνωστος κινητήρας μπαίνει στην ελληνική αγορά με πολλές δυνατότητες. Και τότε αυτό που μετρούσε περισσότερο ήταν η δίψα για ταχύτητα.

Σήμερα εκτός από μοτοποδήλατα και σκούτερ χρησιμοποιείται ακόμη στα αλυσοπρίονα, χορτοκοπτικά, κουρευτικές μηχανές ακόμη και σε μοντελισμό. Ο μονοκύλινδρος δίχρονος κινητήρας χρησιμοποιούνταν μέχρι πριν από 5 χρόνια σε όλες τις μοτοσικλέτες για χώμα (κρος). Σήμερα έχει αντικατασταθεί από το μονοκύλινδρο τετράχρονο. Ο δίχρονος 50 cc κινητήρας εξελίσσεται ακόμη γιατί έχει μεγάλη ζήτηση στην Ευρώπη. Έχει προστεθεί άμεσος ψεκασμός για να γίνει μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και ρύπων, εξαλείφοντας έτσι τα μοναδικά μειονεκτήματα του δίχρονου κινητήρα. Εξακολουθεί όμως το κόστος παραγωγής και αγοράς του βελτιωμένου με άμεσο ψεκασμό προϊόντος να είναι μεγάλο.

Κινητήρες μεγαλύτεροι από 50 cc τείνουν να εκλείψουν από την Ευρώπη και την Βόρεια Αμερική γιατί είναι ρυπογόνοι. Αυτή είναι και η αιτία που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις χώρες της Ασίας και της Αφρικής.



Εικόνα 4.3: Κρος Suzuki RM



Εικόνα 4.4: Αλυσοπρίονα

4.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΙΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

- Οι δίχρονοι κινητήρες δεν έχουν βαλβίδες, απλουστεύοντας την κατασκευή τους.
- Μικρό βάρος
- Μικρό κόστος παραγωγής.
- Μεγάλο εύρος εφαρμογών.
- Σημαντική ωθητική δύναμη.
- Μεγάλη αξιοπιστία.

4.2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΙΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

- Οι δίχρονοι κινητήρες δεν ζουν όσο οι τετράχρονοι κινητήρες. Η έλλειψη ενός ειδικού συστήματος λίπανσης σημαίνει ότι τα μέρη ενός δίχρονου κινητήρα φθείρονται γρηγορότερα. Οι συγκεκριμένοι κινητήρες απαιτούν ένα μείγμα πετρελαίου με φυσικό αέριο για τη λίπανση του στροφαλοφόρου άξονα, που συνδέει βέργα και τοιχώματα των κυλίνδρων.
- Είναι έντονα ρυπογόνοι.
- Δεν χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τα καύσιμα και παράγουν λιγότερα μίλια ανά γαλόνι.
- Κάθε φορά που ένα νέο μείγμα αέρα είναι φορτωμένο στο θάλαμο καύσης, μέρος των διαρροών είναι έξω από το λιμάνι της εξάτμισης.

4.3 ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ



Εικόνα4.5: Τετράχρονος μον. Κινητήρας

χρειαζόμεσαν μεγάλη ροπή στρέψης και μικρή κατανάλωση όπως στις μικρές γεννήτριες που χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα, στις ποτιστικές μηχανές και στις αντλίες. Το παράδοξο με αυτό τον τύπο κινητήρα είναι ότι ενώ η αρχική κατασκευή ήταν σε μεγάλα κυβικά, στη συνέχεια άρχισε να μειώνεται παράλληλα σε κυβικά και σε μέγεθος.

Οι μονοκύλινδρος τετράχρονος κινητήρας άρχισε να έχει εφαρμογή σε μοτοσικλέτες μικρού κυβισμού γιατί ήταν συμφέρον για τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν τους δίχρονους που ήταν και είναι ακόμη φθηνότεροι σε σχέση με τους αντίστοιχους τετράχρονους στην κατασκευή τους. Οι δίχρονοι κινητήρες όμως έχουν λιγότερα εξαρτήματα.

Αυτό δεν εμπόδισε τον μονοκύλινδρο τετράχρονο να έχει άλλες εφαρμογές, όπου

Από τις πρώτες εφαρμογές σε μοτοποδήλατα ήταν το 1958 από τη Honda στο Cub 50 cc. Η πετρελαϊκή κρίση βοήθησε στην εξάπλωση αυτού του τύπου κινητήρα στη δεκαετία του 70'. Μέχρι σήμερα είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος κινητήρα και χρησιμοποιείται σε όλα τα μοτοποδήλατα του κόσμου από τα 50-125 cc. Οι μοτοσυκλέτες και τα μοτοποδήλατα έχουν αυτού του είδους έχουν το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς παγκοσμίως.

Σήμερα χρησιμοποιείται σε μικρές γεννήτριες, μικρές ποτιστικές μηχανές, μικρές αντλίες και σε όλα τα μονοκύλινδρα σκούτερ, μοτοποδήλατα και μονοκύλινδρες μηχανές



Εικόνα 4.6:Γεννήτρια



Εικόνα 4.7:αντλία

4.3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

- Ρυπαίνουν λιγότερο από τους δίχρονους.
- Κάνουν μικρή κατανάλωση καυσίμων.
- Έχουν μικρό κόστος κατασκευής σε σχέση με τους πολυκύλινδρους.
- Έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογής.
- Προσφέρουν μεγάλη αξιοπιστία.

4.3.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

- Μεγάλο κόστος κατασκευής σε σχέση με τους δίχρονους.
- Μεγάλο μέγεθος σε σχέση με τους δίχρονους.
- Μεγαλύτερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τους δίχρονους.
- Παραγωγή έργου μια φορά κάθε 2 περιστροφές.

4.4 ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΑΘΜΟΣ



Εικόνα 4.8: Honda cub 50

παγκοσμίως, αποτελώντας τον θεμελιώδη λίθο για την γιγάντωση της Honda. Αμέτρητοι ήταν οι αναβάτες που πραγματοποίησαν τα πρώτα τους μοτοχιλιόμετρα στην σέλα ενός Cub 50, το οποίο με την ευκολία του στην οδήγηση και την οικονομία του στην χρήση και την κτήση, αποτέλεσε τον καλύτερο πρεσβευτή της μοτοσικλέτας, εισάγοντας πολλούς ανθρώπους στο μαγικό κόσμο των δύο τροχών.

Το Cub 50 συνεχίζει να παράγεται και να διατίθεται σε διάφορες αγορές του κόσμου συμπληρώνοντας πλέον τα 50 του χρόνια, έχοντας στα σίγουρα θέση δίπλα σε πολύ πιο τεχνολογικά προηγμένα και ακριβά μοντέλα, στο πάνθεον των σημαντικότερων μοτοσικλετών της ιστορίας.

Piaggio vespa (σφίγκα)



Εικόνα 4.9: Piaggio vespa

Με μονοκύλινδρο δίχρονο κινητήρα. Έχει χαρακτηριστικό σχήμα κατασκευής ακόμη και σήμερα κατασκευάζεται με μονοκύλινδρο τετράχρονο κινητήρα έχοντας εκατομμύρια πωλήσεις παγκοσμίως.

Honda cub 50

Όλα ξεκίνησαν τον Αύγουστο του 1958, όταν το πρώτο Cub 50 ολοκλήρωσε την πορεία του στις γραμμές παραγωγής, της μικρής – εκείνη την εποχή- εταιρείας Honda. Επρόκειτο για το πρώτο «παπί» της ιστορίας με μονοκύλινδρο αερόψυκτο κινητήρα χωρητικότητας 49 κ.εκ. και απόδοση 2.0 ίππων.

Από τότε, περισσότερα από 60 εκατομμύρια Cub 50 πωλήθηκαν

Suzuki DR Big 800



Εικόνα 4.10: Suzuki dr big 800

Το μεγαλύτερο μονοκύλινδρο που πέρασε στην παραγωγή. Το μειονέκτημα του ήταν ότι είχε πολλούς κραδασμούς τους οποίους εξάλειψαν με τη χρήση 2 αντικραδασμικών αξόνων. Αυτό όμως είχε αρνητική επίπτωση στην ισχύ.

Endures

Μία κατηγορία μοτοσυκλετών Endures με πολλούς εκπροσώπους που όλοι τους έχουν μονοκινητήρες τετράχρονους.



Εικόνα 4.11: Yamaha xt 600



Εικόνα 4.12: Honda xr 250



Εικόνα 4.13: Suzuki dr 250

4.5 ΜΕΛΛΟΝ



Εικόνα 4.14: Κινέζικο μοτοποδήλατο

Το μέλλον ανήκει στους τετράχρονους κινητήρες γιατί μπορούν να εξελιχθούν με λογικές επενδύσεις. Όλοι οι κατασκευαστές παρουσιάζουν μονοκύλινδρα μοντέλα και τα πιο πολλά είναι σκούτερ και μοτοποδήλατα.

Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές της Ασίας έχουν μονοπωλήσει την αγορά κατασκευής τετράχρονων και δίχρονων μοτοποδηλάτων και σκούτερ με μικρό κόστος κατασκευής, τα οποία όμως είναι κατώτερα σε αξιοπιστία και ποιότητα από τα αντίστοιχα Ευρωπαϊκά μοντέλα. Το πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής τους είναι δέλεαρ για το αγοραστικό κοινό με αποτέλεσμα να έχουν κατακτήσει όλες τις αγορές του κόσμου, βάζοντας σε δεύτερη μοίρα την αξιοπιστία και την ποιότητα.

4.6 Διαδικασία κατασκευής

Η διαδικασία κατασκευής του κινητήρα άρχισε με το ξεμοντάρισμα του και την εύρεση των εξαρτημάτων που θα κόβαμε έτσι ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Υπήρχε η ανάγκη να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε ο κινητήρας της μελέτης να μπορεί με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού μοτέρ να λειτουργεί δείχνοντας τους τέσσερις χρόνους λειτουργίας του.

Το κόψιμο των διαφόρων εξαρτημάτων έγινε με την βοήθεια του τροχού και πριονιού χειρός για μέταλλα, μετά μοντάραμε τον κινητήρα και πραγματοποιήσαμε μερικές δοκιμές. Τέλος, κατασκευάσαμε μια ξύλινη βάση και προσαρμόσαμε το ηλεκτρικό μοτέρ.

4.7 Φωτογραφίες από την διαδικασία κατασκευής



Εικόνα 4.15: πλάγια όψη κινητήρα εργασίας



Εικόνα 4.16: πίσω όψη κινητήρα εργασίας



Εικόνα 4. 17: κάτω όψη κινητήρα π. εργασίας



Εικόνα 4.18: εμπρός όψη κινητήρα π. εργασίας



Εικόνα 4.19: κεφαλή κινητήρα πριν την τομή



Εικόνα 4.20: κεφαλή κινητήρα μετά την τομή



Εικόνα 4.21: κύλινδρος κιν. μετά την τομή



Εικόνα 4. 22: καπάκι κιν. πριν τη τομή



Εικόνα 4.23: στροφαλοφόρος άξονας κιν. μαζί με διωστήρα και πιστόνι



Εικόνα 4. 24: Κάρτερ κιν. πριν τη τομή



Εικόνα 4.24: πλάγια όψη κινητήρα σε τομή



Εικόνα 4.25: πλάγια όψη κινητήρα σε τομή



Εικόνα 4.26: πίσω όψη κινητήρα σε τομή



Εικόνα 4.27: κάτω όψη κινητήρα σε τομή



Εικόνα 4.28: κατασκευή βάσης κινητήρα



Εικόνα 4.29: κατασκευή βάσης κινητήρα



Εικόνα 4.30: τοποθέτηση ηλ. μοτέρ

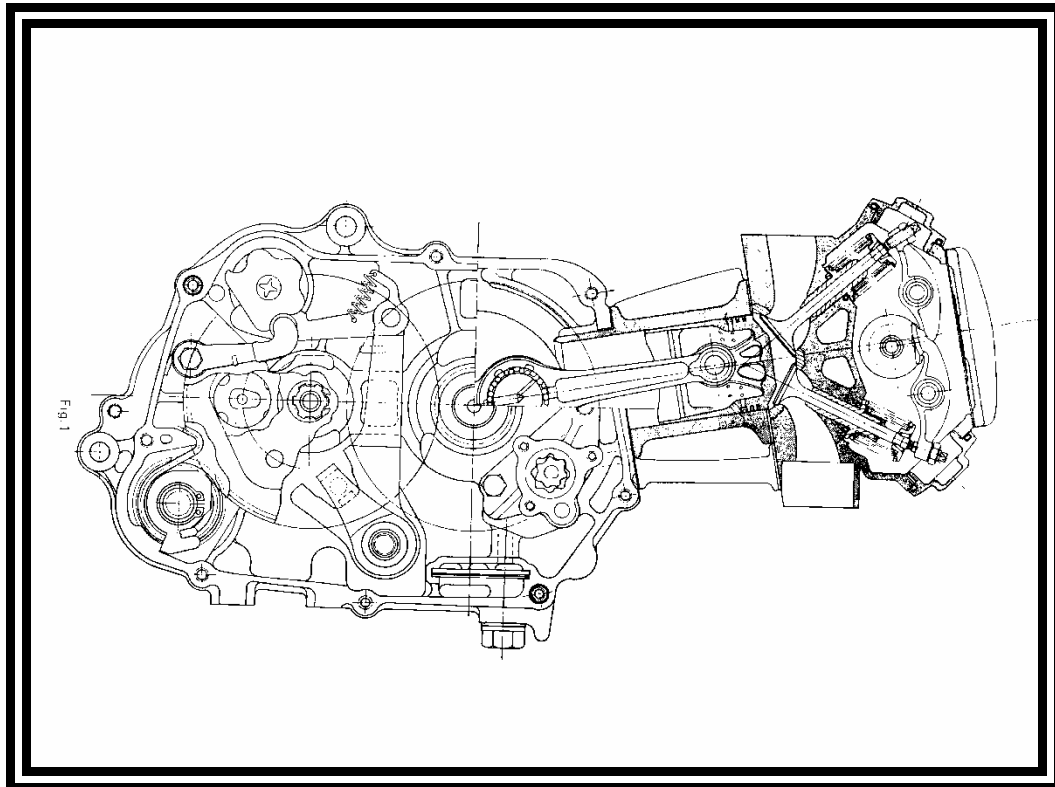


Εικόνα 4.31: κινητήρας σε τομή τοποθετημένος πάνω στη βάση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



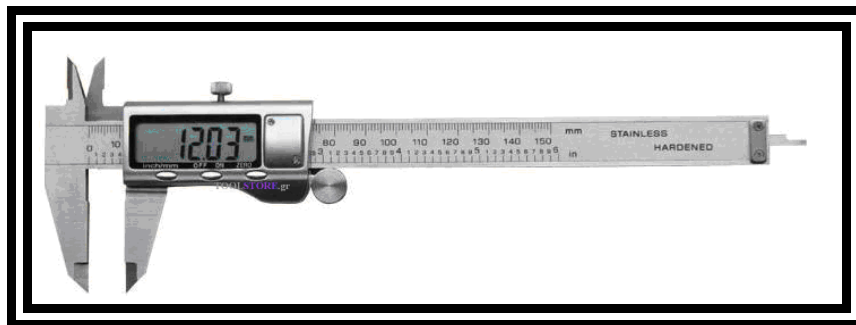
Εικόνα 5.1:Κινητήρας πειράματος σε τομή

5.1.1 Εργοστασιακές μετρήσεις

| ENGINE | |
|-------------------|---------------------------------------|
| Cylinder layout | Single, tilt up 10° from horizontal |
| Valve arrangement | OHV, overhead camshaft |
| Bore and stroke | 39×41.4 mm (1.535×1.630 in) |
| Compression ratio | 8.8 |
| Displacement | 49 cc (3.0 cu-in) |
| Oil capacity | 0.8 lit. (1.7 U.S. pt., 1.4 Imp. pt.) |
| Lubrication | Pressure lubrication & wet sump |
| Oil filters | Centrifugal and screen mesh |
| Reduction ratios | |
| Primary | 3.722 |
| Gear ratios | |
| 1st | 3.182 |
| 2nd | 1.824 |
| 3rd | 1.190 |
| Starting method | Kick starter |

5.2 Αποτελέσματα

Οι μετρήσεις της διαμέτρου και διαδρομής πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό παχύμετρο .



Εικόνα 5.2: Ηλεκτρονικό παχύμετρο



| | |
|---------------------|---------|
| Διάμετρος πιστονιού | 38,98mm |
| Διαδρομή πιστονιού | 41,4mm |

Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για να βρεθεί ο κυβισμός του κινητήρα είναι :

$$V = \pi * l * D * D / 4$$

Όπου

V = κυβισμός

$\pi = 3.14$

l = διαδρομή = 41.4mm = 4.14cm

D = διάμετρος = 38.98mm = 3.898cm

$$V=3.14*4.14*3.898*3.898/4= 49.38\text{cm}^3$$

Με βάση την εργοστασιακή διάμετρο έχουμε:

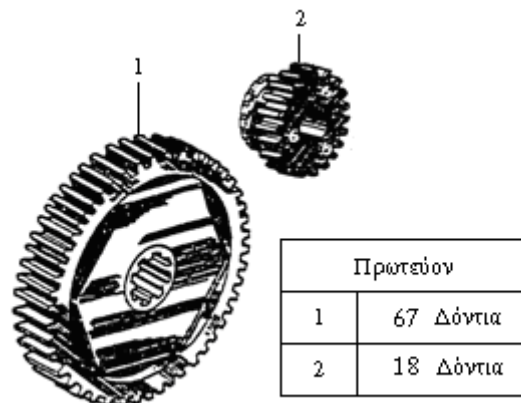
$$V=3.14*4.14*3.9*3.9/4= 49.43\text{cm}^3$$

Η συμπίεση μετρήθηκε με όργανο μέτρησης συμπίεσης και βρέθηκε 8,7



Εικόνα 5.3: Όργανο μέτρησης συμπίεσης

Πρωτεύουσα μετάδοση



Τη πρωτεύουσα μετάδοση τη βρήκαμε από τη σχέση $n=Z_1/Z_2$

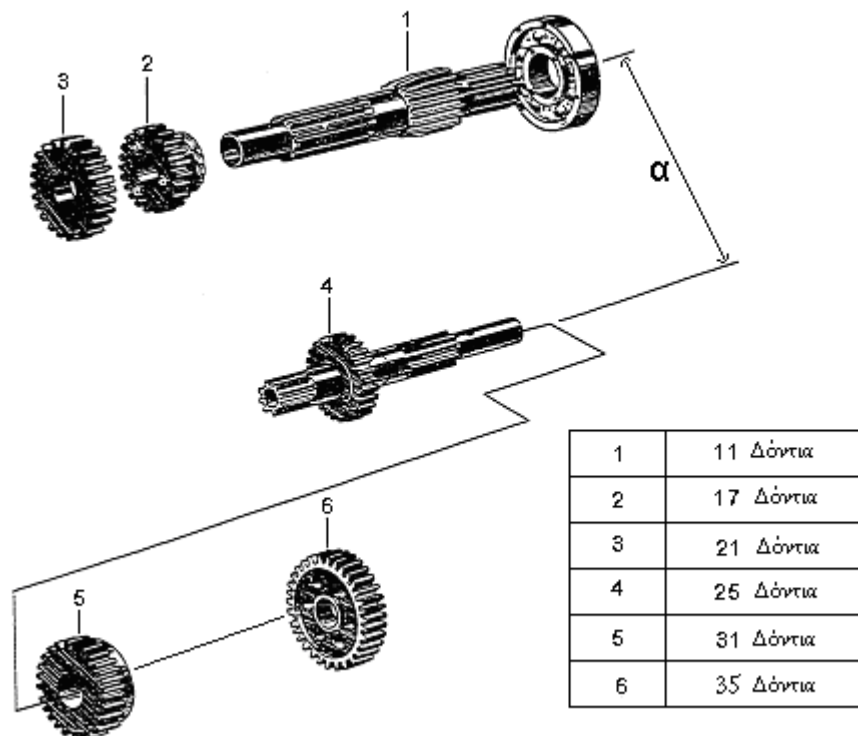
Οπου

$$Z_1=67 \delta$$

$$Z_2=18 \delta$$

$$n=67/18=3,722$$

Σχέση μετάδοσης ταχυτήτων



Στο κιβώτιο ταχυτήτων για την 1^η ταχύτητα εμπλέκονται τα γρανάζια Z_1 και Z_6 , στη 2^η ταχύτητα εμπλέκονται τα γρανάζια Z_2 και Z_5 και τέλος στη 3^η ταχύτητα εμπλέκονται τα γρανάζια Z_3 και Z_4 .

Όπου

$$n_1 = Z_6 / Z_1 = 35 / 11 = 3.182$$

$$n_2 = Z_5 / Z_2 = 31 / 17 = 1.824$$

$$n_3 = Z_4 / Z_3 = 25 / 21 = 1.190$$

με

$$Z_1 = 11$$

$$Z_2 = 17$$

$$Z_3 = 21$$

$$Z_4 = 25$$

$$Z_5 = 31$$

$$Z_6 = 35$$

5.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

| | |
|-------------|------------------------------------|
| $i_1=3.182$ | ΙσχύςN=1,95PS |
| $i_2=1,824$ | Στροφέςn=1343 rpm |
| $i_3=1,190$ | Απόσταση αξόνων κιβωτίου....α=45mm |

Οι στροφές στο στροφαλοφόρο άξονα είναι 5000rpm, στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι 1343 rpm γιατί παρεμβάλετε η πρωτεύουσα μετάδοση με $i=3,722$.

$$i=n_1/n_2= i =5000/n_2 \Rightarrow$$

$$n_2= 5000/3,722 =1343\text{rpm}$$

με

$$i=3,722 \quad 68/18$$

$$n_1=5000\text{rpm}$$

5.2.1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

(Σημείωση : Η μελέτη που ακολουθεί έγινε με βάση το βιβλίο σημειώσεων του κ. Μπαράκου το οποίο διδάσκεται στ ΑΤΕΙ Πάτρας, τμήμα Μηχανολογίας. Οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν είναι από το το βιβλίο Στοιχεία Μηχανών II Μετάδοση Κίνησης του Ιωάννη και Κωνσταντίνου Στεργίου)

Τα δεδομένα για την ανάλυση είναι η ισχύς N=1,95 PS στις $n_1 =1343$ σ.α.λ και η σχέση μετάδοσης για την πρώτη ταχύτητα είναι $i_1=3.182$ και $a=45\text{mm}$.

$$d_{01} = \frac{2 \cdot a}{i + 1} = \frac{2 \cdot 45}{4.182} = 21.5 \text{ mm}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \text{ rpm} \cdot 21.5 \text{ mm}}{19100} = 1.51 \text{ m/sec}$$

Από πίνακες [σελ. 145 σημειώσεων σημειώσεις κ.Μπαράκου] διαλέγω $z_1 = 18$ οπότε

$$z_2 = i \cdot z_1 = 3,182 \cdot 18 = 57$$

$$m = \frac{d_{01}}{z_1} = \frac{21,5\text{mm}}{18} = 1,194$$

Από τον πίνακα (44) [σελ. 145 σημειώσεων σημειώσεις κ.Μπαράκου] παίρνω το αμέσως μικρότερο τυποποιημένο, δηλαδή $m(\text{module})=1\text{mm}$.

$$d_{01} = m \cdot z_1 = 1 \cdot 18 = 18 \text{ mm}$$

$$d_{02} = m \cdot z_2 = 1 \cdot 57 = 57 \text{ mm}$$

$$a_0 = \frac{d_{01} + d_{02}}{2} = \frac{18 + 57}{2} = 37,5 \text{ mm}$$

Ως γνωστών οι διάμετροι κεφαλής δίδονται από τη σχέση:

$$d_{k1} = d_{01} + 2 h_k = d_{01} + 2 m = 18 + 2 \cdot 1 = 20 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = d_{02} + 2 h_k = d_{02} + 2 m = 57 + 2 \cdot 1 = 59 \text{ mm}$$

Όμως η απόσταση a που έχουμε σαν δεδομένη είναι 45mm. Αυτή η διάφορα των 7.5mm θα καλυφθεί με μετατόπιση της οδόντωσης .

$$d_{k1} = 20 \text{ mm} + 7.5 \text{ mm} = 27.5 \text{ mm}$$

Πλάτος δοντιών :

$$b_1 = \psi_d \cdot d_{01} = 1 \cdot 18 = 18 \text{ mm}$$

Το $\psi_d = 1$ από τον πίνακα (25) [σελ. 138 σημειώσεων].

$$b_1 = \psi_m \cdot m = 20 \cdot 1 = 20 \text{ mm}$$

Το $\psi_m = 20$ από τον πίνακα (24) [σελ. 138 σημειώσεων].

Παίρνω το μέσο όρο αυτών, δηλαδή $b_1 = 19 \text{ mm}$.

$$\text{Άρα : } b_2 = b_1 - 5 \text{ mm} = 19 - 5 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$$

Έλεγχος κάμψης :

$$\sigma_{\max} = \frac{P_u}{b_1 \cdot m \cdot c} q_k = \frac{116 \text{ kp} \cdot 3,5}{19 \cdot 1 \cdot 1,35} = \frac{406}{25,65} = 15,82 \text{ kp/mm}^2$$

c : το βρίσκω από τον πίνακα (28) [σελ. 140 σημειώσεων] ίσο με $c = 1,35$

q_k : από τον πίνακα (27) [σελ. 140 σημειώσεων] έχω $q_k = 3,5$

$$P_u = \frac{75 \cdot N_1}{u_1} = \frac{75 \cdot 1,95}{1,26 \text{ m/sec}} = 116 \text{ kp}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \cdot 18}{19100} = 1,26 \text{ m/sec}$$

Θεωρούμε ότι τα φορτία είναι στατικά οπότε έχουμε :

$$\sigma_{\text{βεπ}} = \sigma_B / 2 = 55 / 2 = 27,5 \text{ kp/mm}^2$$

σ_B : χρησιμοποιώ βελτιωμένο χάλυβα C10 και από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] παίρνω $\sigma_B = 55 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Άρα $\sigma_{\text{max}} = 15,82 \text{ Kp} / \text{mm}^2 \leq \sigma_{\text{βεπ}} = 27,5 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Έλεγχος σε πίεση επιφανείας :

$$P_c = \sqrt{\frac{P_u \cdot (i+1)}{b_1 \cdot d_{01} \cdot i} \cdot y_w \cdot y_c \cdot y_l} =$$

$$P_c = \sqrt{\frac{116 \cdot 4,182}{19 \cdot 18 \cdot 3,182}} \cdot 90 \cdot 1,76 \cdot 1 = 104,5 \text{ kp/mm}^2$$

y_w : από τον πίνακα (30) [σελ. 141 σημειώσεων] παίρνω $y_w = 90$ για το ίδιο υλικό.

y_c : $y_c = 1,76$ για κανονική οδόντωση

y_L : $y_L = 1$

$$P_{\varepsilon\pi} = \frac{P_0 \cdot y_1 \cdot y_2}{1,25} = \frac{175 \cdot 1 \cdot 0,9}{1,25} = 126 \text{ kp/mm}^2$$

P_0 : από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] $P_0 = 175 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

y_1 : $y_1 = 1$ όπου y_1 είναι παράμετρος υλικού, από τον πίνακα (44α) [σελ. 145 σημειώσεων].

y_2 : $y_2 = 0,9$ από τον πίνακα (31) [σελ. 141 σημειώσεων], με ιξώδες λιπαντικού 70 cst στους 60 C

Άρα $P_c = 104,5 \text{ Kp} / \text{mm}^2 \leq P_{\varepsilon\pi} = 126 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

5.2.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Τα δεδομένα για τη ανάλυση είναι η ισχύς $N=1,95$ PS στις $n_1 = 1343$ σ.α.λ και η σχέση μετάδοσης για τη δεύτερη ταχύτητα που είναι $i_2=1.824$ και $a=45$ mm.

$$d_{01} = \frac{2 \cdot a}{i + 1} = \frac{2 \cdot 45}{2,824} = 31,8 \text{ mm}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \cdot 31,8}{19100} = 2,23 \text{ m/sec}$$

Από πίνακα 46 [σελ. 145 σημειώσεων σημειώσεις κ.Μπαράκου] παίρνω $z_1 = 18$ οπότε $z_2 = i \cdot z_1 = 1,824 \cdot 18 = 33$ δόντια

$$m = \frac{d_{01}}{z_1} = \frac{31,8 \text{ mm}}{18} = 1,76$$

Από τον πίνακα (44) [σελ. 145 σημειώσεων] παίρνω το αμέσως μικρότερο τυποποιημένο, δηλαδή m (module)= 1,75mm.

$$d_{01} = m \cdot z_1 = 1,75 \cdot 18 = 31,5 \text{ mm}$$

$$d_{02} = m \cdot z_2 = 1,75 \cdot 33 = 57,75 \text{ mm}$$

$$a_0 = \frac{d_{01} + d_{02}}{2} = \frac{18 + 33}{2} = 44,6 \text{ mm}$$

Ως γνωστόν οι διάμετροι κεφαλής δίδονται:

$$d_{k1} = d_{01} + 2 h_k = d_{01} + 2 m = 31,5 + 2 \cdot 1,75 = 35 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = d_{02} + 2 h_k = d_{02} + 2 m = 57,75 + 2 \cdot 1,75 = 61,25 \text{ mm}$$

Όμως η απόσταση a που έχουμε σαν δεδομένη είναι 45mm. Αυτή η διάφορα των 0.4mm θα καλυφτεί με μετατόπιση της οδόντωσης .

$$d_{k1} = 35 \text{ mm} + 0,4 \text{ mm} = 35,4 \text{ mm}$$

Πλάτος δοντιών :

$$b_1 = \psi_d \cdot d_{01} = 0.9 \cdot 31.5 = 28.35 \text{ mm}$$

Το $\psi_d = 0.9$ από τον πίνακα (25) [σελ. 138 σημειώσεων].

$$b_1 = \psi_m \cdot m = 20 \cdot 1.75 = 35 \text{ mm}$$

Το $\psi_m = 20$ από τον πίνακα (24) [σελ. 138 σημειώσεων].

Παίρνω το μέσο όρο αυτών, δηλαδή $b_1 = 31.6 \text{ mm}$.

$$\text{Άρα : } b_2 = b_1 - 5 \text{ mm} = 31.6 - 5 \text{ mm} = 26.6 \text{ mm}$$

Έλεγχος κάμψης :

$$\sigma_{\max} = \frac{P_u}{b_1 \cdot m \cdot c} q_k = \frac{66,17 \cdot 3,5}{31,6 \cdot 1,75 \cdot 1,3} = 3,22 \text{ kp/mm}^2$$

c : το βρίσκω από τον πίνακα (28) [σελ. 140 σημειώσεων] ίσο με $c = 1,3$

q_k : από τον πίνακα (27) [σελ. 140 σημειώσεων] έχω $q_k = 3,5$

$$P_u = \frac{75 \cdot N_1}{u_1} = \frac{75 \cdot 1,95}{2,21} = 66,17 \text{ kp}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \cdot 31,5}{19100} = 2,21 \text{ m/sec}$$

Θεωρούμε ότι τα φορτία είναι στατικά οπότε έχουμε :

$$\sigma_{\text{βεπ}} = \sigma_B / 2 = 55 / 2 = 27.5 \text{ kp/mm}^2$$

σ_B : χρησιμοποιώ βελτιωμένο χάλυβα C10 και από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] παίρνω $\sigma_B = 55 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Άρα $\sigma_{\max} = 3,22 \text{ Kp} / \text{mm}^2 \leq \sigma_{\text{βεπ}} = 27,5 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Έλεγχος σε πίεση επιφανείας :

$$P_c = \sqrt{\frac{P_u \cdot (i + 1)}{b_1 \cdot d_{01} \cdot i} \cdot y_w \cdot y_c \cdot y_L} =$$

$$P_c = \sqrt{\frac{66,17 \cdot 2,824}{31,6 \cdot 31,5 \cdot 1,824}} \cdot 90 \cdot 1,76 \cdot 1 = 50,81 \text{ kp/mm}^2$$

y_w : από τον πίνακα (30) [σελ. 141 σημειώσεων] παίρνω $y_w = 90$ για το ίδιο υλικό.

y_c : $y_c = 1,76$ για κανονική οδόντωση

y_L : $y_L = 1$

$$P_{\varepsilon n} = \frac{P_0 \cdot y_1 \cdot y_2}{1,25} = \frac{175 \cdot 1 \cdot 0,9}{1,25} = 126 \text{ Kp/mm}^2$$

P_0 : από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] $P_0 = 175 \text{ Kp/mm}^2$

y_1 : $y_1 = 1$ όπου y_1 είναι παράμετρος υλικού, από τον πίνακα (44α) [σελ. 145 σημειώσεων].

y_2 : $y_2 = 0,9$ από τον πίνακα (31) [σελ. 141 σημειώσεων], με ιξώδες λιπαντικού 70 cst στους 60 C .

Άρα $P_c = 50,81 \text{ Kp/mm}^2 \leq P_{\varepsilon n} = 126 \text{ Kp/mm}^2$

5.2.1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΙΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Τα δεδομένα για την ανάλυση είναι η ισχύς $N=1,95 \text{ PS}$ στις $n_1=1343 \text{ σ.α.λ}$ και η σχέση μετάδοσης για την τρίτη ταχύτητα είναι $i_3=1,190$ και $a=45 \text{ mm}$

$$d_{01} = \frac{2 \cdot a}{i + 1} = \frac{2 \cdot 45}{2,190} = 41,09 \text{ mm}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \cdot 41,09}{19100} = 2,94 \text{ m/sec}$$

Από πίνακα 46 [σελ. 145 σημειώσεων σημειώσεις κ.Μπαράκου] παίρνω $z_1 = 20$ οπότε $z_2 = i \cdot z_1 = 1,190 \cdot 20 = 24$ δόντια

$$m = \frac{d_{01}}{z_1} = \frac{41,09 \text{ mm}}{20} = 2,05$$

Από τον πίνακα (44) [σελ. 145 σημειώσεων] παίρνω το αμέσως μικρότερο τυποποιημένο, δηλαδή m (module) = 2mm.

$$d_{01} = m \cdot z_1 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mm}$$

$$d_{02} = m \cdot z_2 = 2 \cdot 24 = 48 \text{ mm}$$

$$a_0 = \frac{d_{01} + d_{02}}{2} = \frac{40 + 48}{2} = 44 \text{ mm}$$

Ως γνωστών οι διάμετροι κεφαλής δίδονται:

$$d_{k1} = d_{01} + 2 h_k = d_{01} + 2 m = 40 + 2 \cdot 2 = 44 \text{ mm}$$

$$d_{k2} = d_{02} + 2 h_k = d_{02} + 2 m = 48 + 2 \cdot 2 = 52 \text{ mm}$$

Όμως η απόσταση a που έχουμε σαν δεδομένη είναι 45mm. Αυτή η διάφορα των 1mm θα καλυφτεί με μετατόπιση της οδόντωσης .

$$d_{k1} = 44 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

Πλάτος δοντιών :

$$b_1 = \psi_d \cdot d_{01} = 0.8 \cdot 40 = 32 \text{ mm}$$

Το $\psi_d = 0.8$ από τον πίνακα (25) [σελ. 138 σημειώσεων].

$$b_1 = \psi_m \cdot m = 25 \cdot 2 = 50 \text{ mm}$$

Το $\psi_m = 20$ από τον πίνακα (24) [σελ. 138 σημειώσεων].

Παίρνω το μέσο όρο αυτών, δηλαδή $b_1 = 41 \text{ mm}$.

$$\text{Άρα : } b_2 = b_1 - 5 \text{ mm} = 41 - 5 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$$

Έλεγχος κάμψης :

$$\sigma_{\max} = \frac{P_u}{b_1 \cdot m \cdot c} q_k = \frac{52,04 \text{ kp } 3,3}{41 \cdot 2 \cdot 1,3} = \frac{171,75}{106,6} = 1,61 \text{ kp/mm}^2$$

c : το βρίσκω από τον πίνακα (28) [σελ. 140 σημειώσεων] ίσο με $c = 1,3$

q_k : από τον πίνακα (27) [σελ. 140 σημειώσεων] έχω $q_k = 3,3$

$$P_u = \frac{75 \cdot N_1}{u_1} = \frac{75 \cdot 1,95}{2,81} = 106,6 \text{ kp}$$

$$u_1 = \frac{n_1 \cdot d_{01}}{19100} = \frac{1343 \cdot 40}{19100} = 2,81 \text{ m/sec}$$

Θεωρούμε ότι τα φορτία είναι στατικά οπότε έχουμε :

$$\sigma_{\text{βεπ}} = \sigma_B / 2 = 55 / 2 = 27.5 \text{ kp/mm}^2$$

σ_B : χρησιμοποιώ βελτιωμένο χάλυβα C10 και από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] παίρνω $\sigma_B = 55 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Άρα $\sigma_{\max} = 1,61 \text{ Kp} / \text{mm}^2 \leq \sigma_{\text{βεπ}} = 27,5 \text{ Kp} / \text{mm}^2$

Έλεγχος σε πίεση επιφανείας :

$$P_c = \sqrt{\frac{P_u \cdot (i+1)}{b_1 \cdot d_{01} \cdot i}} \cdot y_w \cdot y_c \cdot y_L =$$

$$P_c = \sqrt{\frac{50,78 \cdot 2,190}{41 \cdot 40 \cdot 1,190}} \cdot 90 \cdot 1,76 \cdot 1 = 37,81 \text{ kp/mm}^2$$

y_w : από τον πίνακα (30) [σελ. 141 σημειώσεων] παίρνω $y_w = 90$ για το ίδιο υλικό.

y_c : $y_c = 1,76$ για κανονική οδόντωση

y_L : $y_L = 1$

$$P_{\varepsilon\pi} = \frac{P_0 \cdot y_1 \cdot y_2}{1,25} = \frac{175 \cdot 1 \cdot 0,9}{1,25} = 126 \text{ kp/mm}^2$$

P_0 : από τον πίνακα (26) [σελ. 139 σημειώσεων] $P_0 = 175 \text{ Kp / mm}^2$

y_1 : $y_1 = 1$ όπου y_1 είναι παράμετρος υλικού, από τον πίνακα (44a) [σελ. 145 σημειώσεων].

y_2 : $y_2 = 0,9$ από τον πίνακα (31) [σελ. 141 σημειώσεων], με ιξώδες λιπαντικού 70 cst στους 60 C .

Άρα $P_c = 37,81 \text{ Kp / mm}^2 \leq P_{\varepsilon\pi} = 126 \text{ Kp / mm}^2$

5.3 Θεωρητικά αποτελέσματα

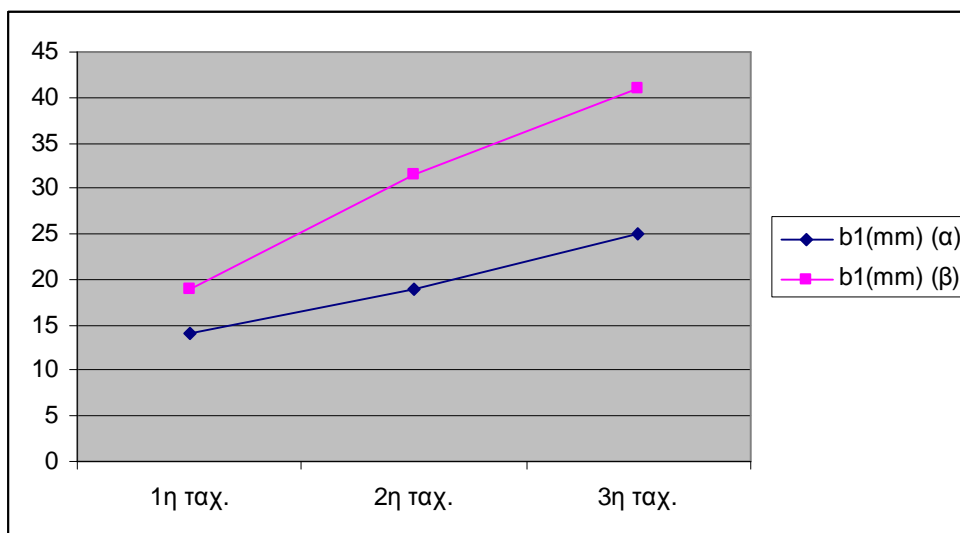
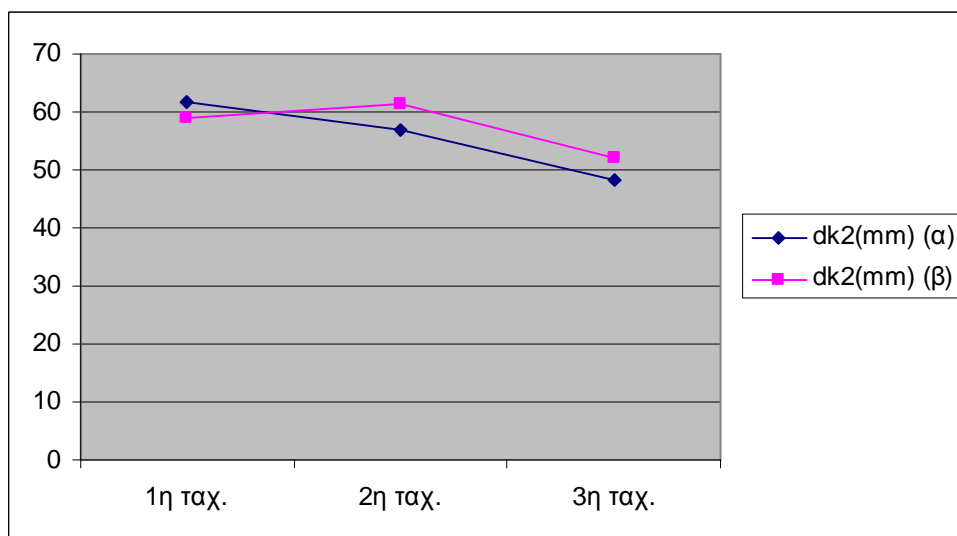
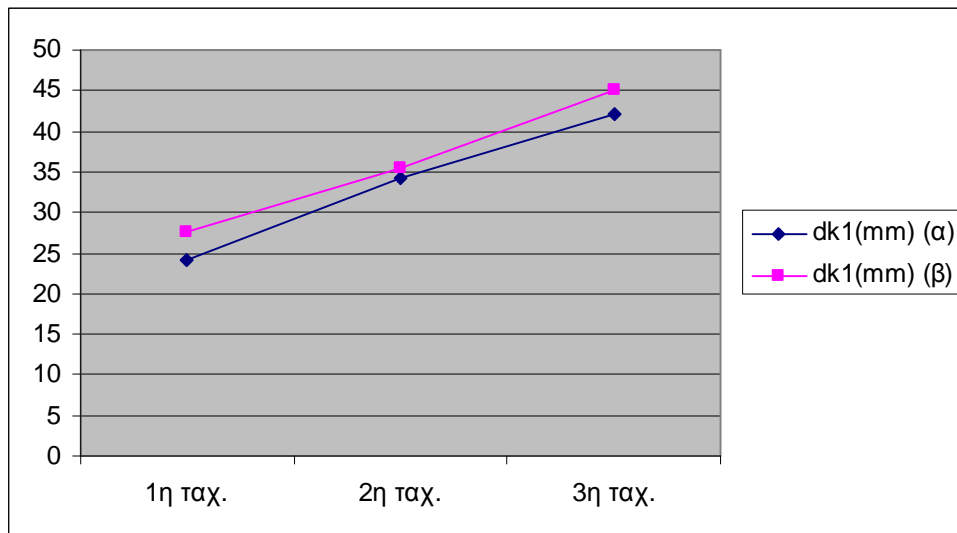
| ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ | |
|----------------------|----------------------|
| Διάμετρος * Διαδρομή | 38,98*41,4 |
| Συμπίεση | 8,7:1 |
| Κυβισμός | 49,38cm ³ |
| Πρωτεύων | 3,722 |
| Ταχύτητες | |
| 1 ^η | 3,182 |
| 2 ^η | 1,824 |
| 3 ^η | 1,190 |

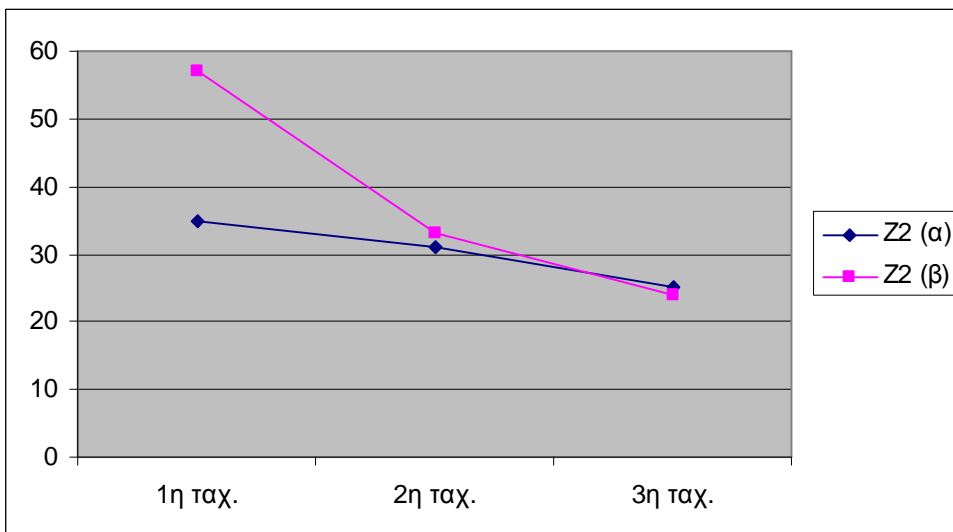
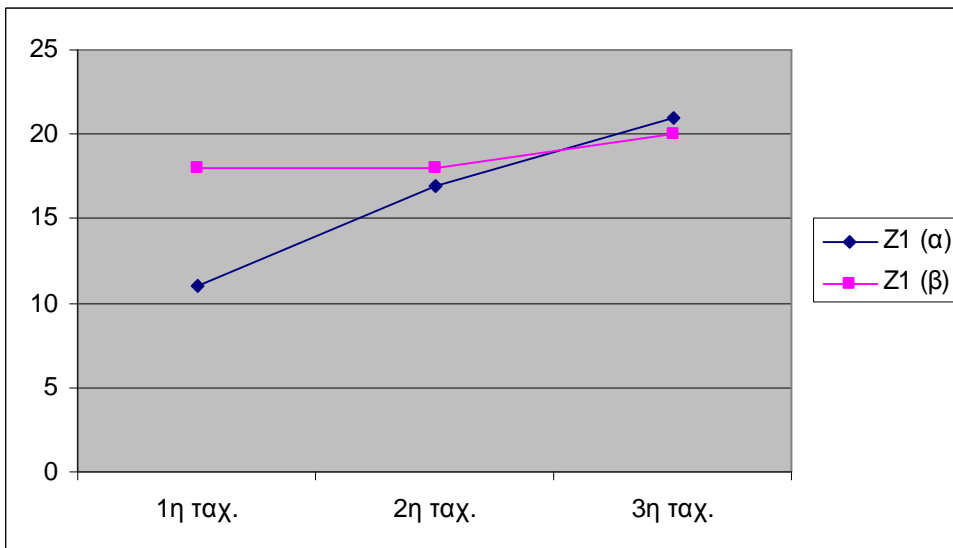
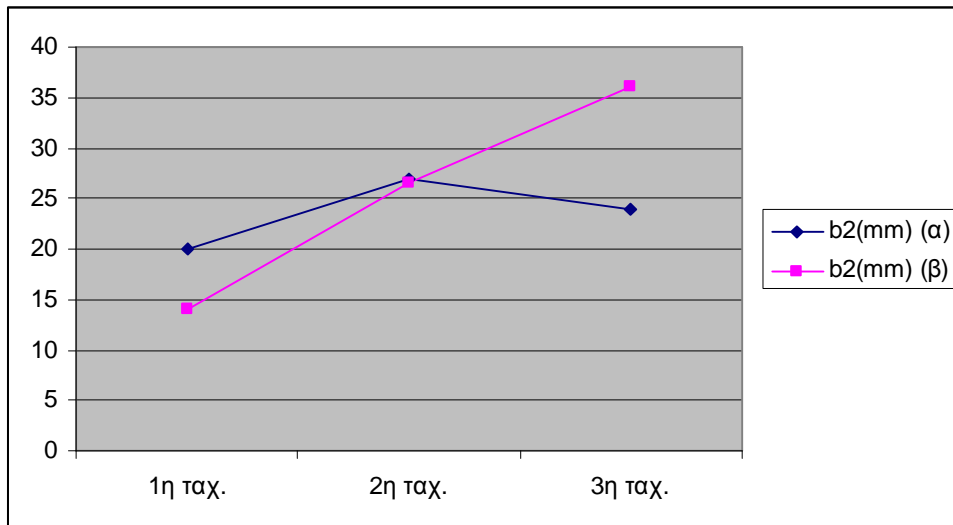
| | d _{k1} (mm) | | d _{k2} (mm) | | b ₁ (mm) | | b ₂ (mm) | |
|---------------------|----------------------|------|----------------------|-------|---------------------|------|---------------------|------|
| | (α) | (β) | (α) | (β) | (α) | (β) | (α) | (β) |
| 1 ^η ταχ. | 24,1 | 27,5 | 61,6 | 59 | 14 | 19 | 20 | 14 |
| 2 ^η ταχ. | 34,25 | 35,4 | 56,8 | 61,25 | 19 | 31,6 | 27 | 26,6 |
| 3 ^η ταχ. | 42 | 45 | 48,4 | 52 | 25 | 41 | 24 | 36 |

| | Z ₁ | | Z ₂ | |
|---------------------|----------------|-----|----------------|-----|
| | (α) | (β) | (α) | (β) |
| 1 ^η ταχ. | 11 | 18 | 35 | 57 |
| 2 ^η ταχ. | 17 | 18 | 31 | 33 |
| 3 ^η ταχ. | 21 | 20 | 25 | 24 |

α) = πειραματικές μετρήσεις

β) = θεωρητικά αποτελέσματα





α) = πειραματικές μετρήσεις
 β) = θεωρητικά αποτελέσματα

5.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την σχέση συμπίεσης η πειραματική τιμή είναι λίγο μικρότερη από την εργοστασιακή και αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι υπάρχει φθορά στα ελατήρια συμπίεσης του πιστονιού από την χρήση του κινητήρα και από τη μειωμένη στεγανότητα των βαλβίδων.

Ο πειραματικός κυβισμός βρέθηκε μικρότερος από τον εργοστασιακό γιατί το πιστόνι βρέθηκε μικρότερο κατά 0.02 mm μετά από τη μέτρηση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη φθορά του πιστονιού λόγω τριβής με τον κύλινδρο, από την παρατεταμένη λειτουργία και από κακή συντήρηση του κινητήρα.

Όλες αυτές οι φθορές είναι αναμενόμενες και αναπόφευκτες, το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι να καθυστερήσουμε την εμφάνισή τους. Αυτό επιτυγχάνεται με το να πραγματοποιούμε τα απαιτούμενα service που προτείνει ο κατασκευαστής και να χρησιμοποιούμε τον κινητήρα με βάση τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Για την ανάλυση του κιβωτίου και την εξαγωγή αποτελεσμάτων έχουμε να παρατηρήσουμε ότι η μεγάλη απόκλιση που παρατηρείται στην 1^η ταχύτητα για Z_1 και Z_2 οφείλετε στο γεγονός ότι για την ταχύτητα u_1 υπάρχει περιορισμός από τον πίνακα 46 των σημειώσεων του μαθήματος Στοιχεία Μηχανών II (κ.Μπαράκος) να πάρουμε Z_1 από 18-22, γι'αυτό επιλέξαμε το μικρότερο δηλ 18, ενώ έχουμε στο κιβώτιο μας $Z_1=11$. Στις υπόλοιπες δυο ταχύτητες οι τιμές των Z_1 και Z_2 είναι πολύ κοντά και μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Για τις τιμές d_{k1} , d_{k2} και b_1, b_2 παρατηρούμε ότι έχουμε κάποια απόκλιση που είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Οι διαφορές στις τιμές του d_{k1}, d_{k2} και b_1, b_2 οφείλονται τόσο στο σφάλμα μέτρησης του παχυμέτρου, όσο και στο υλικό κατασκευής από το οποίο πήραμε αυθαίρετα, σε σχέση με αυτό που μάλλον χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής και το οποίο δεν μας ανακοινώθηκε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Έντυπη μορφή

- Βιβλίο Μ.Ε.Κ (Κ.Π. Μαυρίδη)
- Σημείωσης στοιχεία μηχανών 2 (Γ.Κ.Μπαράκος)
- Βιβλίο στοιχειά μηχανών 2 (Κ.Ι.Στεργίου,Ι.Κ.Στεργίου)
- Περιοδικό R&D
- Περιοδικό Moto
- ΣΚΑΙ βιβλίο (Η ζωή σε δυο ρόδες)
- Power pedia (Option press)

Ηλεκτρονική μορφή

- www.wikipedia.org
- www.livepedia.gr
- www.howstaffworks.com
- www.teipat.e-class.gr
- <http://sfrang.com>
- <http://library.techlink.gr>
- Για το φωτογραφικό υλικό χρησιμοποιήσαμε τη μηχανή αναζήτησης www.google.gr