

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΩΝ
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΥ
ΤΕΤΡΑΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΑΛΙΦΙΕΡΗΣ ΚΩΣΤΑΣ – ΚΟΛΩΝΙΑΤΗΣ-ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΘΩΜΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ:

**ΒΑΣΙΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ
ΔΡ. ΚΑΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ**

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ :

ΜΟΥΖΑΚΙΤΗ ΑΛΙΚΗ MSC ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΠΑΤΡΑ ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας. Σκοπός του είναι η παρουσίαση της σχεδιαστικής αποτύπωσης των εξαρτημάτων ενός τετράχρονου τετρακύλινδρου κινητήρα και η συνακόλουθη ανάλυση της περιγραφής αυτών των εξαρτημάτων.

Όντας μηχανολόγοι που η ενασχόληση μας στον χώρο των μηχανοκίνητων είναι κάτι που μας ενδιαφέρει πολύ, η εργασία αυτή αποτέλεσε το πρώτο βήμα με ένα πολύ ευχάριστο αντικείμενο μελέτης καθώς μας παρείχε πολύτιμες γνώσεις και εφόδια για το μέλλον.

Στην αρχή γίνεται μια εισαγωγή στον μηχανολογικό σχεδιασμό που αναφέρεται στην χρήση του προγράμματος AutoCAD και στους κανονισμούς διαστασιολόγησης. Στη συνέχεια αναλύεται και περιγράφεται η λειτουργία όλων των εξαρτημάτων που αποτελούν μέρη του κινητήρα και παρουσιάζονται με την μορφή σχεδίων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εξοικείωση των αναγνωστών με τον κόσμο των μηχανών.

Ευχαριστούμε θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Χρήστο Κατσιρόπουλο, Δρ.Μηχανολόγο και Αεροναυπηγό Μηχανικό, Επιστημονικού Συνεργάτη του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας που μας ανέλαβε υπό αντίξοες συνθήκες με περιορισμένο χρόνο και μας καθοδήγησε ώστε να καταφέρουμε να ολοκληρώσουμε την πτυχιακή μας εργασία. Παράλληλα θερμές ευχαριστίες από την πλευρά μας οφείλουμε επίσης να δώσουμε στον πρώτο Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Βασιλάκη, Εργαστηριακού Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας. Δεν ξεχνάμε την κ. Αλίκη Μουζακίτη, Καθηγήτρια Εφαρμογών που μας βοήθησε οικιοθελώς παρέχοντας μας όσες πληροφορίες χρειαζόμασταν. Ακολούθως, κρίνεται απαραίτητο να ευχαριστήσουμε θερμά τους ανθρώπους της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και τους ανθρώπους στο Ευγενίδειο Ίδρυμα για τη στήριξη και την πολύτιμη βοήθεια τους αναφορικά με την συλλογή στοιχείων.

Οι εκπονητές
Κολωνιάτης – Αρβανίτης Θωμάς
& Αλιφίερης Κωνσταντίνος
Ιούλιος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας αποτέλεσε η σχεδίαση και η λεπτομερής αποτύπωση ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης της Nissan του E10, ο οποίος εγκαταστάθηκε στα Nissan Cherry και Nissan Sunny.

Θεωρείται απαραίτητο να ειπωθεί ότι η παρούσα εργασία δεν στοχεύει μόνο στη λεπτομερή παρουσίαση (από άποψη πληροφοριών και σχεδίων) του κινητήρα E10 αλλά θέτει και ως στόχο του να καταδείξει την σπουδαιότητα χρήσης του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD όπως επίσης και των αρχών που διέπουν το μηχανολογικό σχέδιο.

Η κυρίως μελέτη κατά την σύνταξη της προσανατολιζόταν προς δύο κατευθύνσεις. Αφενός για τους μελετητές-συγγραφείς-συντάκτες να αποκομισθούν τα μέγιστα, μέσα από αυτή την εμβάθυνση στο μηχανολογικό σχέδιο και αφετέρου η μελέτη να μπορεί να γίνει κατανοητή από το μέσο σπουδαστή του ιδρύματος.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αναπτύσσει την εργασία σε 14 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική παρουσίαση του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD και των βασικών αρχών που το διέπουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η αναγραφή διαστάσεων όπου ο αναγνώστης μπορεί να ενημερωθεί για τις βασικές αρχές σχεδιασμού του μηχανολογικού σχεδίου ώστε σε συνδυασμό με τις γνώσεις που αποκόμισε από το πρώτο κεφάλαιο να μπορεί να σχεδιάσει "στη γλώσσα των μηχανολόγων."

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι κατασκευαστικές προδιαγραφές που περιέχουν τη τυποποίηση χαλύβων, συναρμογές, ανοχές και άλλα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύουμε τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν για να συλλέξουμε ακριβείς μετρήσεις για τα σχέδια μας, και διάφορες πληροφορίες για αυτά.

Στο πέμπτο, έκτο και έβδομο κεφάλαιο αναλύσαμε τα στοιχεία σύνδεσης, κύλισης και στεγάνωσης αντίστοιχα, που αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για την δόμηση ενός κινητήρα.

Στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται αρχικά μια γενική αναφορά στους κινητήρες. Στην συνέχεια προχωρήσαμε στην παρουσίαση του κινητήρα μας E10, στα τεχνικά στοιχεία που τον απαρτίζουν και στην σχεδίαση του. Έτσι από τις ενδιαφέρουσες πληροφορίες που δίνονται στην αρχή ο αναγνώστης μπορεί να κατανοήσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα μας E10.

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι βαλβίδες αλλά και τα συνεργαζόμενα εξαρτήματα που μεταδίδουν την κίνηση σε αυτές. Παρουσιάζονται τα σχέδια όλων αυτών, και από τις μετρήσεις των σχεδίων διαπιστώνεται η ύπαρξη φθορών ή όχι.

Ακόλουθα, όπως έγινε και στο ένατο κεφάλαιο έτσι και στα τελευταία κεφάλαια της Πτυχιακής μας Εργασίας δηλαδή στο δέκατο, ενδέκατο, δωδέκατο και δέκατο-τρίτο γίνεται περιγραφή του εκκεντροφόρου άξονα, του εμβόλου, του διωστήρα και του στροφαλοφόρου άξονα, αντίστοιχα. Στα συγκεκριμένα κεφάλαια αναπτύσσονται και περιγράφονται αναλυτικά τα παραπάνω εξαρτήματα με τα αντίστοιχα σχέδια τους και γίνεται σύγκριση των τιμών τους με τις ορισμένες από τον κατασκευαστή τιμές, για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Μέρος της πειραματικής διαδικασίας της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση των εξαρτημάτων του κινητήρα και η διεξαγωγή συμπερασμάτων. Το κάθε εξάρτημα αναλύεται και αξιολογείται ξεχωριστά, παρουσιάζοντας τα συμπεράσματα στην αντίστοιχη θεωρία του. Επομένως θα ήταν κρίμα να αποκαλύψουμε στο σημείο αυτό

την τελική αξιολόγηση του κινητήρα. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί εδώ είναι ότι ο κινητήρας E10 της NISSAN μας εξέπληξε.

ABSTRACT

The main subject of study of the present dissertations focuses on the design and the detailed record of Nissan E10 internal combustion engine, which was applied in both the Nissan Cherry and Nissan Sunny.

It is essential to mention that the present dissertation does not only aim at the detailed presentation (from the informative and designing point of view) of the engine E10 but sets as a target to demonstrate the importance of using the designing programme AutoCAD as well as the disciplines that govern the mechanical design.

The main study during its composition was orientated towards two directions. Firstly, for the authors to benefit the possible maximum knowledge via this deepening to the mechanical design; secondly, for this study to become understandable by the average student of the institution.

The methodology which was followed develops the study in 14 chapters. In the first chapter, there is an analytical presentation of the designing programme AutoCAD and of the fundamental disciplines which govern it.

The second chapter analyses the display of the dimensions in which the reader can be informed about the basic disciplines of the mechanical design which in combination with the given knowledge from the first chapter can design in the "engineer's language".

The third chapter analyses the manufacturing standards that include the standardization of steel, the assembly and other.

In the fourth chapter we analyze the instruments used to collect the exact measurements for our design and some various related information.

In the fifth, sixth and seventh chapter we analyzed the connecting elements for movement and waterproofing which are the essential elements for the establishment of an engine.

In the eighth chapter, there is initially a general reference to the presentation of the E10 engine, regarding both the technical information and its design. Thus, from the interesting information given in the beginning the reader can fully understand the technical characteristics of the E10 engine.

The ninth chapter describes not only the values but also the cooperating accessories which transmit motion to them. The designs of those are presented. From the measurements of the design we can discover whether or not there is wear.

Following the above and similarly to the ninth chapter, the final chapters of our dissertation (that is the tenth, eleventh, twelfth and thirteenth chapter) there is a description of the camshaft, of the piston, the rod's and of the crankshaft axis respectively. In the specific chapters there is a description and a thorough development of the previous parts respectively, with the designs. Additionally, there is a price comparison defined by the manufacturing owner for drawing further conclusions.

Part of this experimental procedure of our study, is the evaluation of the engine's parts and the final drawing of conclusion. Each part is being analyzed and evaluated separately by presenting the conclusions in each theory. Therefore, it would be a shame at this point to disclose the final evaluation of the engine. What is worth mentioning, is that the E10 Nissan Engine has surprising findings.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. AUTOCAD

1.1 Μενού File.....	3
1.2 Μενού Edit.....	5
1.3 Μενού View.....	6
1.4 Μενού Format.....	8
1.5 Μενού Draw.....	9
1.6 Μενού Dimension.....	12
1.7 Μενού Modify.....	13

2. ΑΝΑΓΡΑΦΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

2.1 Βασικοί κανόνες.....	19
2.2 Τεχνική αναγραφή διαστάσεων.....	20
2.3 Παραδείγματα διαστασιολόγησης.....	22
2.4 Διαστασιολόγηση ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σύστημα.....	25
2.5 Παρατηρήσεις και παραδείγματα.....	28

3. ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΛΥΒΩΝ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΧΕΣ

3.1 Τυποποίηση χαλύβων.....	31
3.2 Ποιότητες επιφανειών και σύμβολα.....	37
3.3 Ανοχές.....	39

4. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

4.1 Παχύμετρο.....	48
4.1.1 Περιγραφή.....	48
4.2 Μικρόμετρο.....	51
4.2.1 Περιγραφή.....	51
4.2.2 Είδη μικρομέτρων.....	52

5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

5.1 Κοχλίες.....	56
5.1.1 Περιγραφή.....	56
5.1.2 Κατηγορίες – Τύποι σπειρωμάτων.....	58
5.1.3 Τυποποιήσεις κοχλιών Υλικό κατασκευής.....	59
5.1.4 Υλικό κατασκευής Σχεδίαση κοχλιών.....	61
5.1.5 Σχεδίαση κοχλιών.....	62
5.1.6 Κοχλίες του κινητήρα E 10.....	63
5.2 Περικόχλια.....	64
5.2.1 Περιγραφή.....	64

5.2.2	Τύποι περικόχλιων	64
5.2.3	Τυποποίηση περικόχλιων	65
5.2.4	Περικόχλια του κινητήρα E10	65
5.3	Ασφάλειες	66
5.4	Ροδέλες	67
6.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΛΙΣΗΣ	
6.1	Περιγραφή	70
6.2	Είδη ρουλεμάν και εφαρμογές τους	71
6.3	Τυποποιήσεις των ρουλεμάν	74
6.4	Λίπανση των ρουλεμάν	78
6.5	Υλικό κατασκευής	78
6.6	Ρουλεμάν του κινητήρα E10	78
7.	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ	
7.1	Φλάντζες	80
7.2	Τσιμούχες	83
8.	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	
8.1	Περιγραφή των κινητήρων	86
8.2	Χρησιμοποιούμενα καύσιμα	88
8.3	Τύποι κινητήρων και χρόνοι λειτουργίας	88
8.3.1	Τετράχρονος	89
8.3.2	Δίχρονος	91
8.3.3	Wankel	93
8.4	Συστήματα ψύξης	96
8.4.1	Αερόψυκτοι κινητήρες	96
8.4.2	Υδρόψυκτοι κινητήρες	97
8.4.3	Κεραμικός κινητήρας	98
8.5	Διατάξεις των κυλίνδρων	99
8.6	Κινητήρας E10	102
8.6.1	Τεχνικά στοιχεία του κινητήρα E10	103
8.6.2	Καπάκι	109
8.6.3	Κεφαλή	110
8.6.4	Σώμα (μπλοκ κυλίνδρων).....	111
8.6.5	Ελαιολεκάνη (κάρτερ).....	112
9.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΥΝ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΑΥΤΕΣ	
9.1	Συστήματα για την μετάδοση της κίνησης στις βαλβίδες	114
9.2	Περιγραφή εξαρτημάτων	116
9.2.1	Ζύγωθρα η (κοκοράκια	116
9.2.2	Πιανόλα η (πληκτροφορέας	117
9.2.3	Ελατήρια των βαλβίδων	118
9.2.4	Ασφάλειες για την συγκράτηση του ελατηρίου	119
9.2.5	Οδηγοί βαλβίδων	120
9.3	Βαλβίδες	121

9.3.1 Σκοπός των βαλβίδων	121
9.3.2 Περιγραφή των βαλβίδων	121
9.3.3 Τεχνάσματα κατά την κατασκευή των βαλβίδων για την Βελτίωση Της Ψύξης	124
9.3.4 Διάγνωση και αιτία βλαβών των βαλβίδων	126
9.3.5 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών των βαλβίδων	127
9.4 Περιγραφή των βαλβίδων του κινητήρα E10	128
9.4.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής	129

10. ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ – ΤΡΙΒΕΙΣ (ΔΑΚΤΥΛΙΔΙΑ)

10.1 Εκκεντροφόρος	
10.1.1 Σκοπός του εκκεντροφόρου	133
10.1.2 Περιγραφή του εκκεντροφόρου	133
10.1.3 Περιγραφή έκκεντρων	135
10.1.4 Υλικό κατασκευής του εκκεντροφόρου	138
10.1.5 Έλεγχος του εκκεντροφόρου άξονα	138
10.1.6 Διάγνωση και θεραπεία βλαβών του εκκεντροφόρου άξονα	139
10.2 Τριβείς (δακτυλίδια)	140
10.2.1 Υλικό κατασκευής τριβών	141
10.3 Περιγραφή του εκκεντροφόρου του κινητήρα E10	142
10.3.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο Κατασκευαστής	144

11. ΕΜΒΟΛΟ (ΠΙΣΤΟΝΙ)

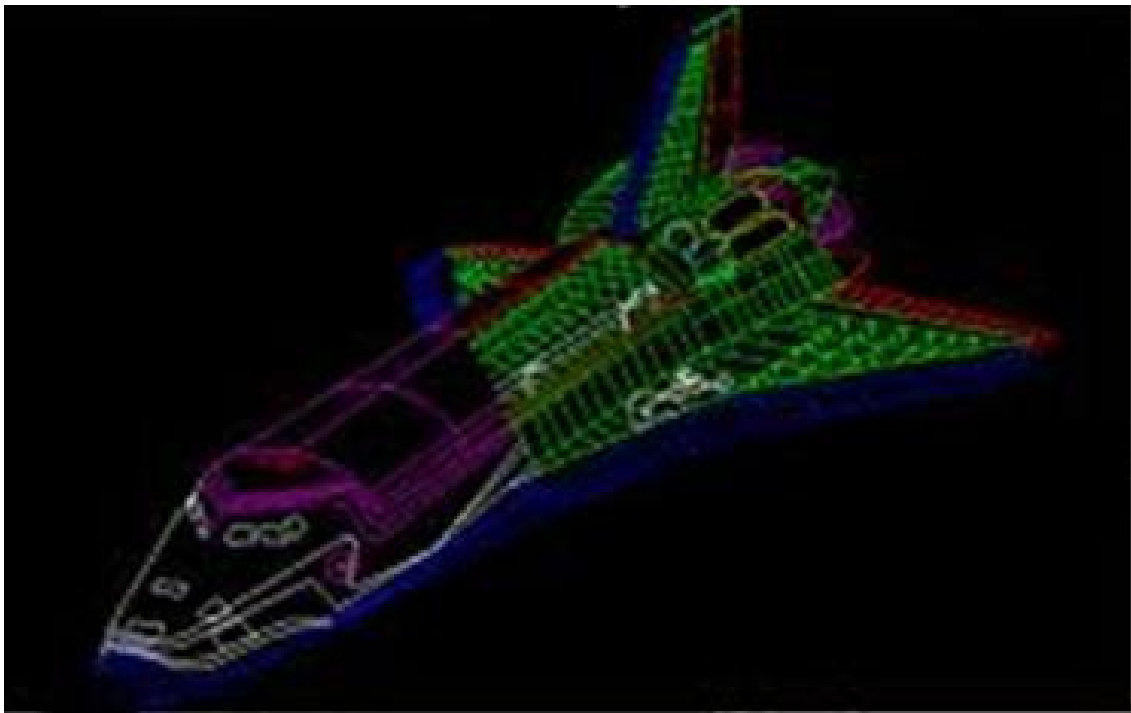
11.1 Γενικά για το έμβολο	147
11.1.1 Σκοπός του εμβόλου	147
11.1.2 Περιγραφή του εμβόλου	147
11.1.3 Είδη των εμβόλων για την μείωση των διαστολών	151
11.1.4 Τεχνικές για τον περιορισμό των τριβών	154
11.1.5 Υλικό κατασκευής των εμβόλων πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα	156
11.1.6 Τρόποι κατασκευής των εμβόλων	157
11.1.7 Ελατήρια των εμβόλων	157
11.1.8 Διάγνωση και αιτία βλαβών του εμβόλου	159
11.1.9 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών του εμβόλου	159
11.2 Περιγραφή του εμβόλου του κινητήρα E10	161
11.2.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο Κατασκευαστής	164

12. ΜΠΙΕΛΑ (ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ)

12.1 Γενικά για την μπιέλα	168
12.1.1 Σκοπός της μπιέλας	168
12.1.2 Περιγραφή της μπιέλας	169
12.1.3 Υλικό κατασκευής της μπιέλας	174
12.1.4 Διάγνωση και αιτία βλαβών της μπιέλας	174
12.1.5 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών της μπιέλας	175

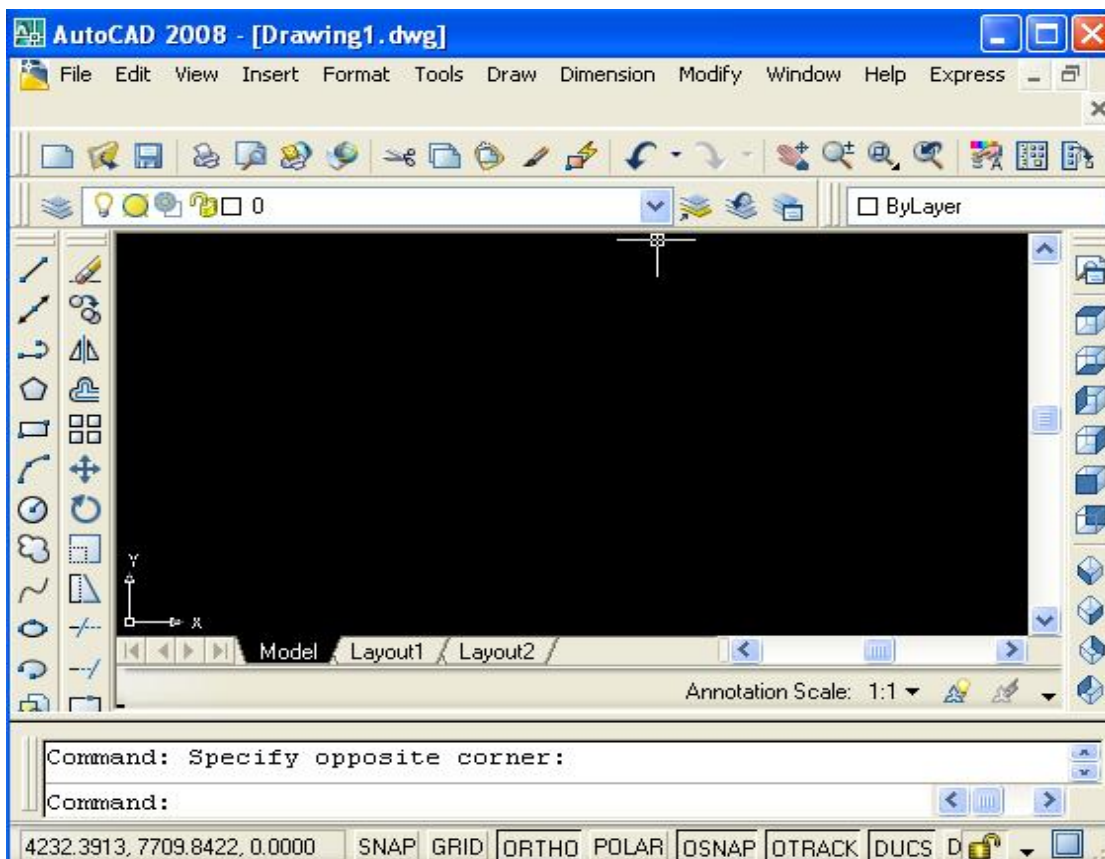
12.2 Περιγραφή της μπιέλας του κινητήρα E10	176
12.2.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο Κατασκευαστής	179
13. ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ	
13.1 Γενικά για τον στροφαλοφόρο	180
13.1.1 Σκοπός του στροφαλοφόρου	181
13.1.2 Περιγραφή του στροφαλοφόρου	181
13.1.3 Υλικό κατασκευής του στροφαλοφόρου	188
13.1.4 Διάγνωση και αιτία βλαβών του στροφαλοφόρου	188
13.1.5 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών του στροφαλοφόρου	189
13.1.6 Τριβείς ολίσθησης	191
13.2 Περιγραφή του στροφαλοφόρου του κινητήρα E10	194
13.2.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο Κατασκευαστής	196
14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	198
15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	200
16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ	201

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΧΕΔΙΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ Η/Υ (AUTOCAD)



Άνοιγμα του Προγράμματος

Το πρόγραμμα AutoCAD τίθεται σε λειτουργία κάνοντας διπλό κλικ πάνω στην επιφάνεια εργασίας της οθόνης. Στην οθόνη τότε εμφανίζεται το πεδίο λειτουργίας του προγράμματος, το οποίο αποτελείται από το πεδίο σχεδιασμού, μία γραμμή από μενού(File, Edit, κλπ), όπως και διάφορες μπάρες από συντομεύσεις εντολών όπως φαίνεται στην (εικόνα 1.1). Οι εντολές που εμφανίζονται στα μενού υπάρχουν και στις μπάρες με τις συντομεύσεις. Στο κάτω μέρος της οθόνης εμφανίζεται μία μπάρα στην οποία μπορούμε να γράψουμε τις εντολές από το πληκτρολόγιο και κάτω από αυτή υπάρχει μία γραμμή, στην οποία αναφέρονται οι απόλυτες συντεταγμένες του σταυρού που υπάρχει στην οθόνη, και οχτώ (8) συντομεύσεις εντολών.



Εικόνα 1.1 :Το κεντρικό παράθυρο της εφαρμογής, με τις μπάρες επιλογών

Το πρόγραμμα ξεκινάει πάντοτε τη λειτουργία του, με την εμφάνιση ενός παράθυρου, μέσω του οποίου επιλέγεται:

- ◆ Εάν ξεκινάμε ένα καινούργιο σχέδιο
- ◆ Να ανοίξουμε ένα ήδη υπάρχον σχέδιο
- ◆ Να επιλέξουμε από την βάση δεδομένων του προγράμματος τι ακριβώς θέλουμε να σχεδιάσουμε

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να ξεκινήσουμε το πρόγραμμα ανοίγοντας απευθείας το σχέδιο το οποίο επιθυμούμε, είτε αυτό είναι στον υπολογιστή είτε στην δισκέτα. Στη συνέχεια ακολουθεί μια περιληπτική αναφορά και επεξήγηση των εντολών που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στο σχεδιασμό δισδιάστατων σχεδίων.

1.1 MENOY FILE

New : Ανοίγει ένα καινούργιο αρχείο του Autocad για να σχεδιάσουμε βλέπε (εικόνα 1.2).

Open : Ανοίγει το σχέδιο, το οποίο επιθυμούμε να εμφανίσουμε στην οθόνη μας. Επίσης ανοίγει ένα παράθυρο στην οθόνη, μέσα από το οποίο ψάχνουμε να βρούμε το σχέδιο που εμείς θέλουμε να ανοίξουμε.

Close : Κλείνει το σχέδιο, το οποίο βρίσκεται ενεργοποιημένο στην οθόνη μας εκείνη τη στιγμή.

Save : Αποθηκεύει το σχέδιο που χρησιμοποιούμε. Την πρώτη φορά που χρησιμοποιούμε τη συγκεκριμένη εντολή σε κάποιο σχέδιο, ανοίγει παράθυρο για να επιλέξουμε το χώρο αποθήκευσης. Έπειτα, κάθε φορά που την χρησιμοποιούμε, αποθηκεύει το αρχείο όπως ορίστηκε την πρώτη φορά. Η λειτουργία της πρώτης χρήσης της εντολής γίνεται μόνο όταν το σχέδιο είναι καινούργιο. Αν το σχέδιο έχει ανοιχτεί μέσω της εντολής Open, τότε από την πρώτη φορά που έχει χρησιμοποιηθεί αυτό σώζεται στο μέρος στο οποίο εμείς το ανοίξαμε.

Save as : Επιτελεί την ίδια λειτουργία με την παραπάνω εντολή με την διαφορά ότι, κάθε φορά που χρησιμοποιείται ανοίγει παράθυρο στο οποίο ζητείται να γίνει ορισμός του χώρου αποθήκευσης του σχεδίου, όπως επίσης και το όνομά του.

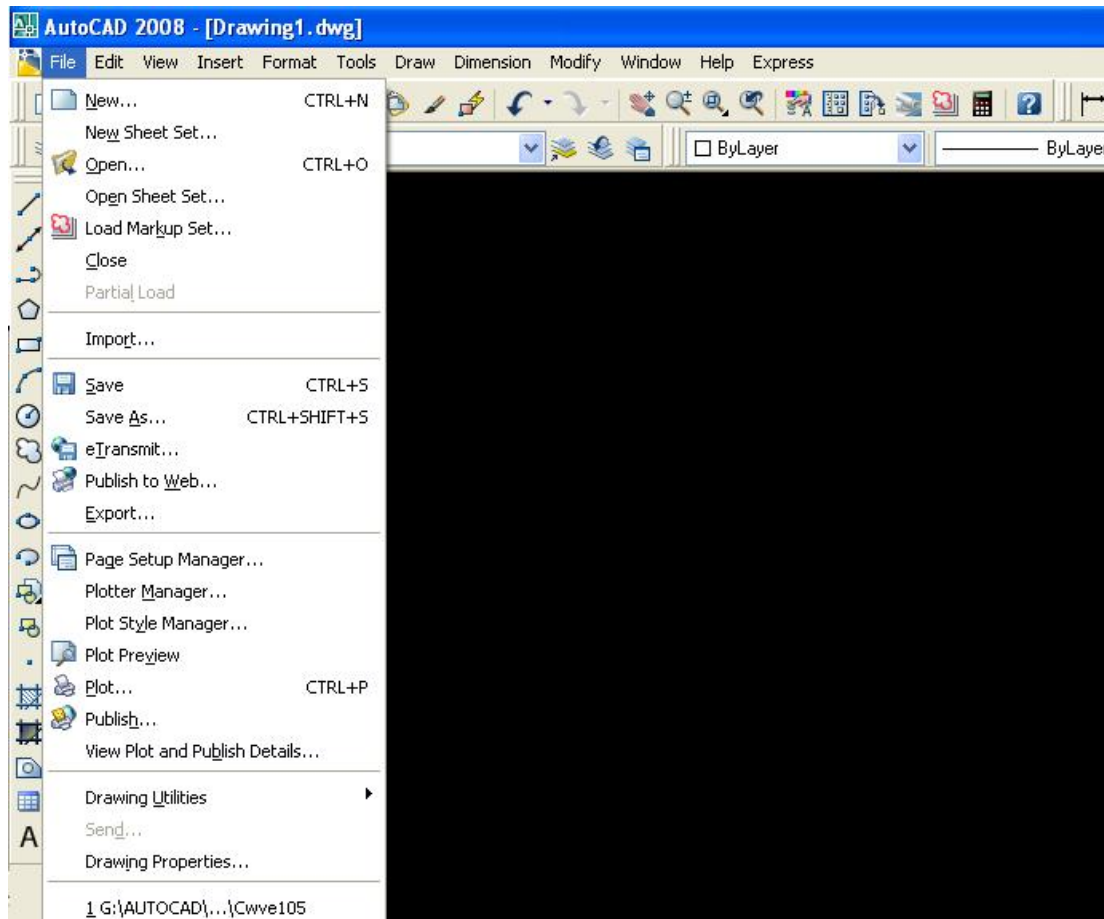
Page setup : Ρυθμίζει τις ιδιότητες της σελίδας εκτύπωσης.

Plot preview : Κάνει προεπισκόπηση της σελίδας σχεδίου που θέλουμε να εκτυπωθεί. Για να γίνει η προεπισκόπηση, ανοίγει ένα παράθυρο αρχικά στο οποίο ζητούνται διάφορα στοιχεία, όπως το μέγεθος της σελίδας που θα τυπωθεί, την κλίμακα στην οποία θα τυπώσει το σχέδιο, το ζητούμενο τύπωσης του σχεδίου και τον ορισμό τους πάχους και χρώματος γραμμών. Όταν τέλος, αυτά οριστούν τότε εμφανίζει στην οθόνη τον τρόπο με τον οποίο θα τυπωθεί η σελίδα.

Plot : Με τη συγκεκριμένη εντολή τυπώνεται το σχέδιο ή ένα κομμάτι του σε χαρτί. Ανοίγει ένα παράθυρο όπου ζητάει σε ποιόν εκτυπωτή να στείλει το σχέδιο για εκτύπωση και όλα αυτά που αναφέραμε στην παραπάνω εντολή. Δίνει επίσης την δυνατότητα να γίνει προεπισκόπηση πριν την εκτύπωση για την αποφυγή κάποιου

λάθους που μπορεί να γίνει. Στο τέλος επιλέγουμε Plot και το σχέδιο βρίσκεται εκτυπωμένο σε χαρτί στον εκτυπωτή.

Exit : Κλείνει το πρόγραμμα, αφού πρώτα ρωτήσει εάν θέλουμε να σώσουμε το ή τα σχέδια που πιθανόν να υπάρχουν ανοικτά εκείνη την στιγμή.

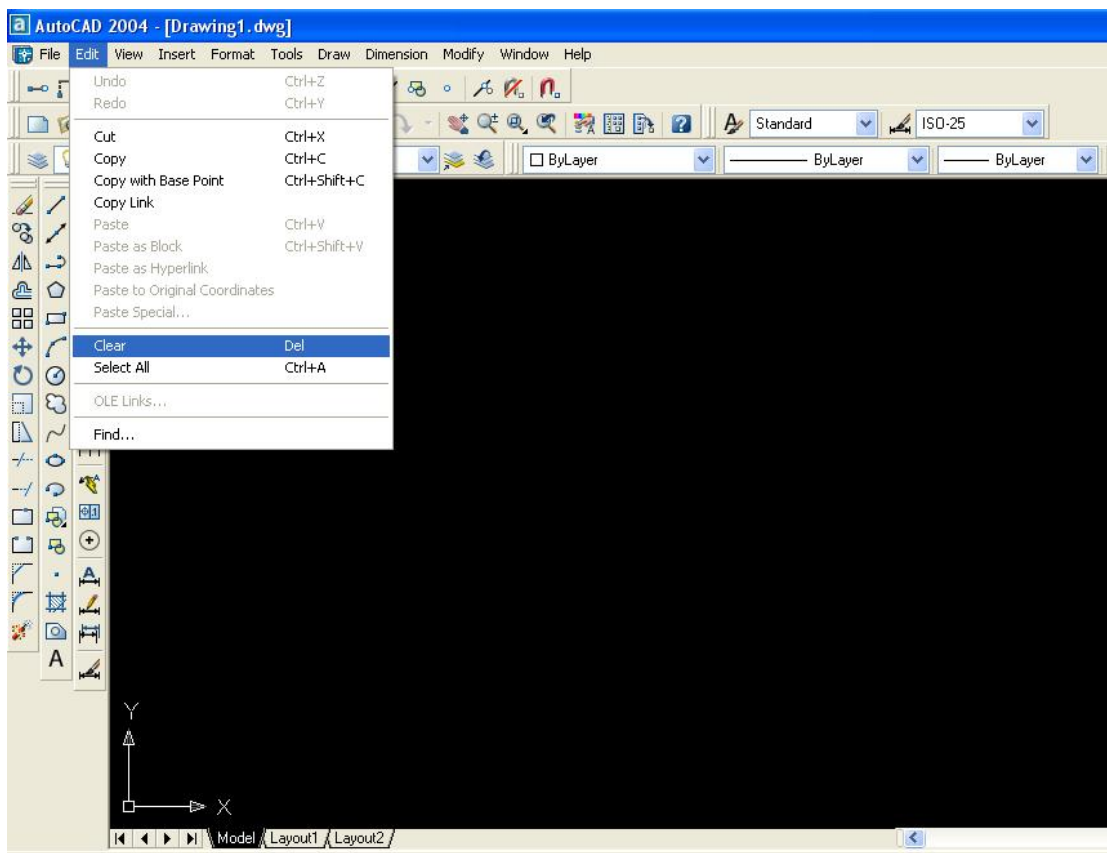


Εικόνα 1.2 : Οι επιλογές αποθήκευσης της εργασίας, όπως και έναρξης νέας βρίσκονται στην επιλογή File.

1.2 ΜΕΝΟΥ EDIT

Undo: Με αυτήν την εντολή δίνεται η δυνατότητα απεριόριστων βημάτων προς τα πίσω, σε περίπτωση που ανακαλύψουμε ότι από ένα σημείο και μετά αυτά που έχουμε σχεδιάσει πιθανόν να είναι λάθος (εικόνα 1.3).

Redo: Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί η εντολή Undo για κάποια βήματα και μετά παρατηρηθεί ότι προχωρήσαμε πολύ προς τα πίσω, τότε με αυτή την εντολή προχωράμε μπροστά.



Εικόνα 1.3 : Η επιλογή menu edit

1.3 MENOY VIEW

Zoom : Στην περίπτωση αυτή έχουμε την ύπαρξη ενός υπομενού, το οποίο δίνει την δυνατότητα διαφορετικού τρόπου χρήσης αυτής της εντολής όπως φαίνεται (εικόνα 1.4).

Zoom Previous : Γυρνάει στην προηγούμενη θέση από την οποία κοιτάμε το σχέδιο, όταν έχουμε κάποια αλλαγή ως προς την θέση αυτή.

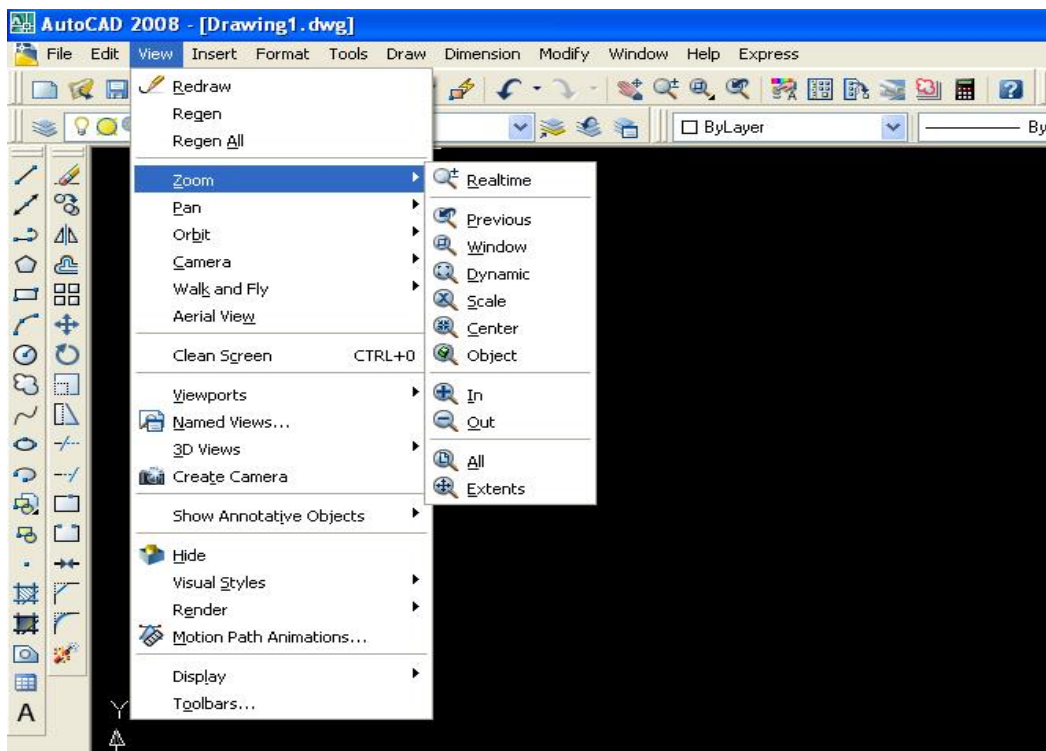
Zoom all: Εμφανίζει στην οθόνη όλα όσα είναι σχεδιασμένα.

Zoom window : Επιλέγουμε με αυτή την εντολή, τη δημιουργία ενός παραθύρου και το κομμάτι του σχεδίου στο οποίο θέλουμε να ζουμάρουμε.

Zoom in : Ζουμάρει προς το σχέδιο

Zoom out: Επιτελεί την αντίθετη κίνηση με την παραπάνω εντολή.

Zoom realtime : Εμφανίζεται στην οθόνη ένας φακός με τα σύμβολα +,- σε δύο πλευρές του. Έπειτα κρατώντας πατημένο το αριστερό κουμπί του ποντικιού και κινώντας δεξιά ή αριστερά το φακό αυτό ζουμάρει ή ξεζουμάρει αντίστοιχα.

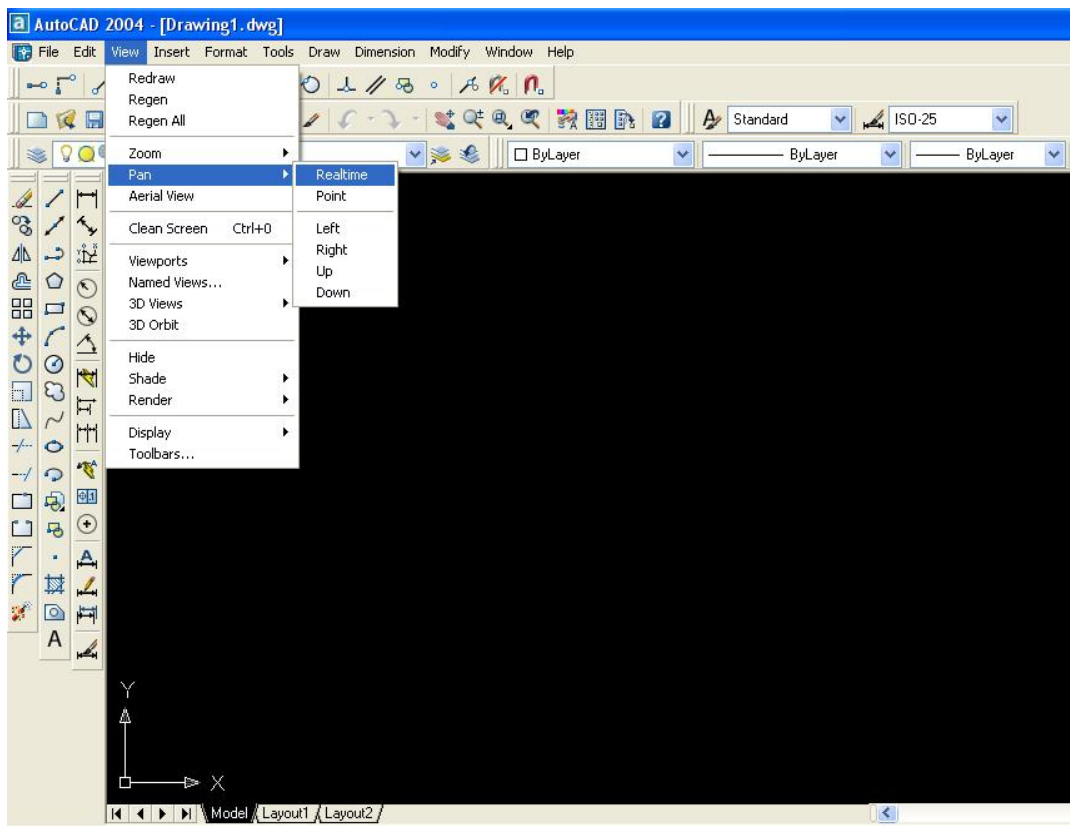


Εικόνα 1.4 : Μενού view και επιλογή zoom

Pan : Πάλι έχουμε την περίπτωση του υπομενού.

Pan realtime : Εμφανίζεται στην οθόνη ένα χέρι όπου χρησιμοποιώντας το πιάνουμε το σχέδιο και το κουνάμε προς όποια κατεύθυνση επιθυμούμε βλέπε (εικόνα 1.5).

Toolbars : Ανοίγει παράθυρο στο οποίο επιλέγουμε ποιες μπάρες με συντομεύσεις εντολών θέλουμε να φαίνονται στην οθόνη μας.

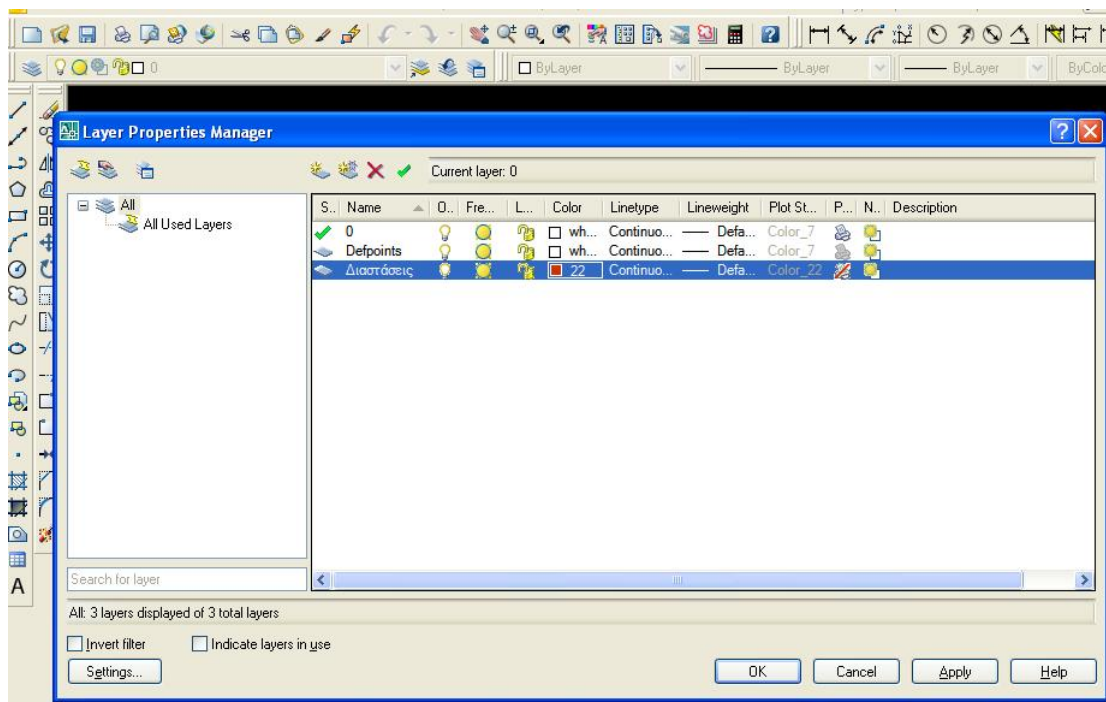


Εικόνα 1.5 : Μενού view και επιλογή pan και επιλογή realtime

1.4 ΜΕΝΟΥ FORMAT

Layer : Ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο μπορούμε να δημιουργήσουμε και να κάνουμε αλλαγές στα επίπεδα σχεδίασης όπως φαίνεται (εικόνα 1.6). Στα επίπεδα σχεδίασης δίνεται η δυνατότητα να χωριστεί το σχέδιο σε κομμάτια και κάθε φορά να επιλέγουμε ποια θέλουμε να εμφανίζονται στην οθόνη μας για επεξεργασία. Π.χ. Όταν θέλουμε να βλέπουμε χωρίς διαστάσεις το σχέδιο, τότε απενεργοποιούμε το επίπεδο σχεδίασης των διαστάσεων. Σε κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα, δύναται να οριστεί με τι πάχος γραμμής μπορούμε να σχεδιάσουμε, τι χρώμα θα έχει κάθε τι που σχεδιάζουμε στο επίπεδο που είναι ενεργοποιημένο και άλλα πολλά.

Drawing Limits : Με αυτή την εντολή παρέχεται η ευκολία περιορισμών των ορίων σχεδίασης π.χ. σε κόλλα A4 έτσι ώστε ότι σχεδιάζουμε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι θα χωρέσει στο μέγεθος της κόλλας που θέλουμε να τυπώσουμε.

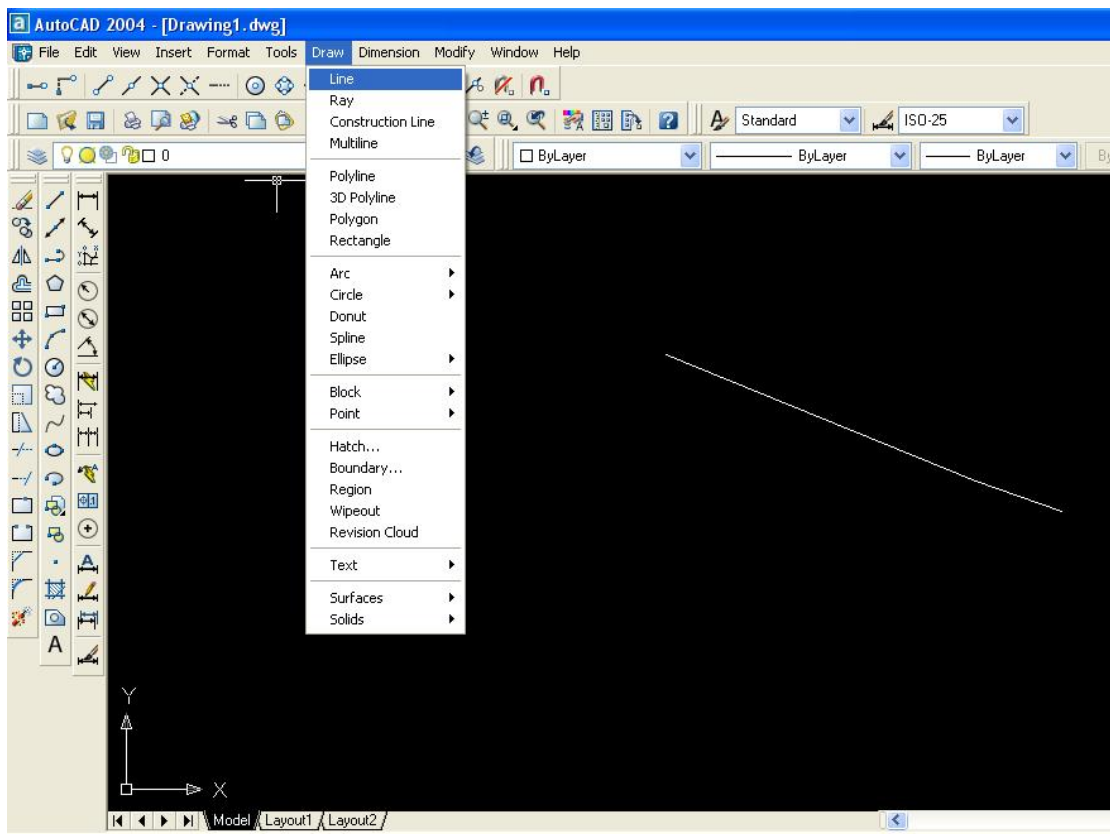


Εικόνα 1.6 : Μενού format και επιλογή drawn limits

1.5 ΜΕΝΟΥ DRAW

Line : Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να σχεδιάσουμε γραμμές. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι να σχεδιαστεί μία γραμμή. Παραδείγματος χάριν μπορούμε απλά με το ποντίκι να ορίσουμε αρχή και τέλος ή μπορούμε να δώσουμε συντεταγμένες αρχής και τέλους ή και με συνδυασμό των δύο τρόπων βλέπε (εικόνα 1.7).

Εδώ υπάρχουν διάφορες εντολές οι οποίες συντελούν στην επιλογή του σωστού σημείου αρχής ή τέλους μίας γραμμής. Η εντολή Osnap βρίσκεται στην μπάρα στο κάτω μέρος της οθόνης. Ενεργοποιώντας την, μπορούμε να επιλέξουμε το σημείο που εμείς θέλουμε πάνω από μία γραμμή, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις τις οποίες εμείς θέτουμε. Οι ρυθμίσεις αυτές γίνονται πατώντας δεξί πλήκτρο ποντικιού πάνω στην εντολή και τότε ανοίγει παράθυρο με τις ρυθμίσεις της εντολής.



Εικόνα 1.7 : Μενού drawn και επιλογή line

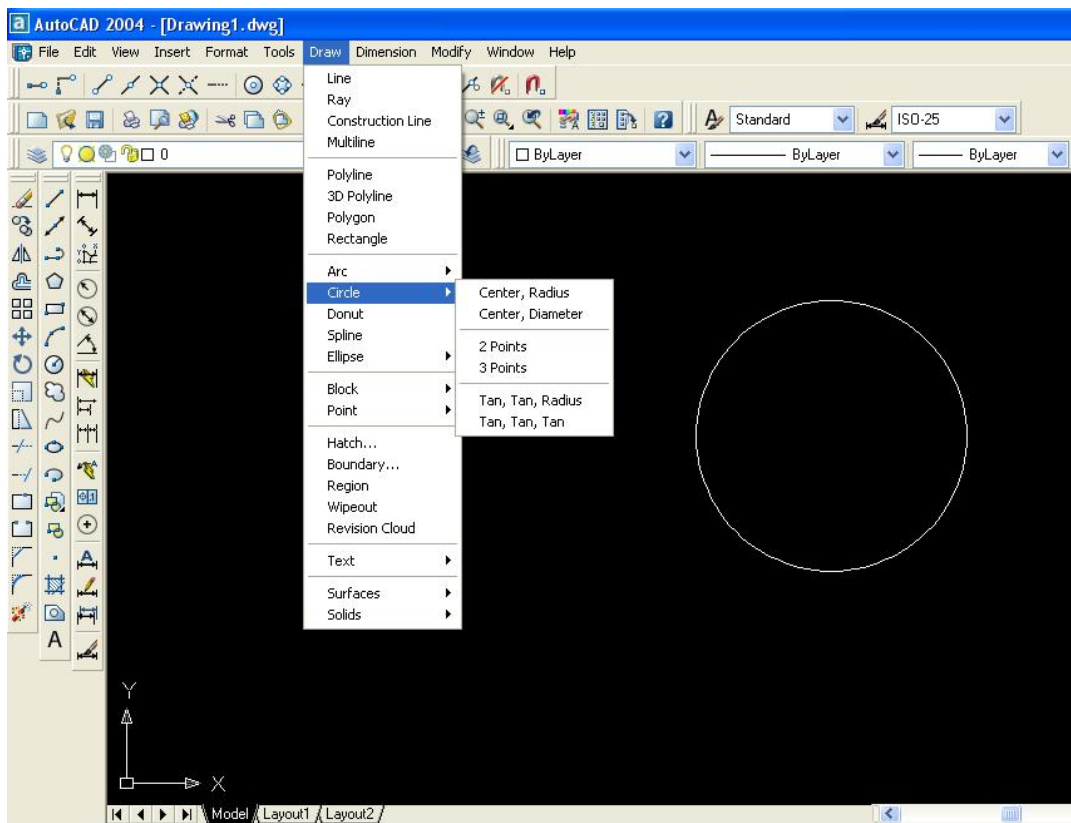
Επίσης δυνάμεθα να θέτουμε συντεταγμένες. Αυτές χωρίζονται σε καρτεσιανές και σε πολικές και αυτές με την σειρά τους, απόλυτες και σχετικές. Οι καρτεσιανές είναι σύμφωνα με τους άξονες X,Y που φαίνονται κάτω αριστερά στην οθόνη. Οι απόλυτες είναι οι αποστάσεις (x,y) από τους άξονες Y,X αντίστοιχα. Οι σχετικές

συνταγμένες διαφέρουν από τις απόλυτες, στο γεγονός ότι δίνουμε συντεταγμένες από το σημείο που εμείς έχουμε ορίσει ότι η γραμμή μας ξεκινάει, ουσιαστικά σαν να μεταφέρουμε τους καρτεσιανούς άξονες σε ένα νέο σημείο και να δίνουμε συντεταγμένες από την νέα θέση των αξόνων. Όταν βάζουμε σχετικές συντεταγμένες βάζουμε μπροστά από τις συντεταγμένες το σύμβολο @.

Στις πολικές συντεταγμένες δίνουμε το μήκος της γραμμής (α) και την γωνία (β) που σχηματίζεται από αυτή και τον άξονα X ($\alpha < \beta$). Πάλι διαχωρίζονται σε απόλυτες και σχετικές με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω.

Arc : Υπομενού με το οποίο δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστεί με διαφορετικούς τρόπους μία καμπύλη.

Circle : Υπομενού με το οποίο δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστεί ένας κύκλος με διαφορετικούς τρόπους όπως φαίνεται (εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8: Μενού draw και επιλογή circle

Rectangle : Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο

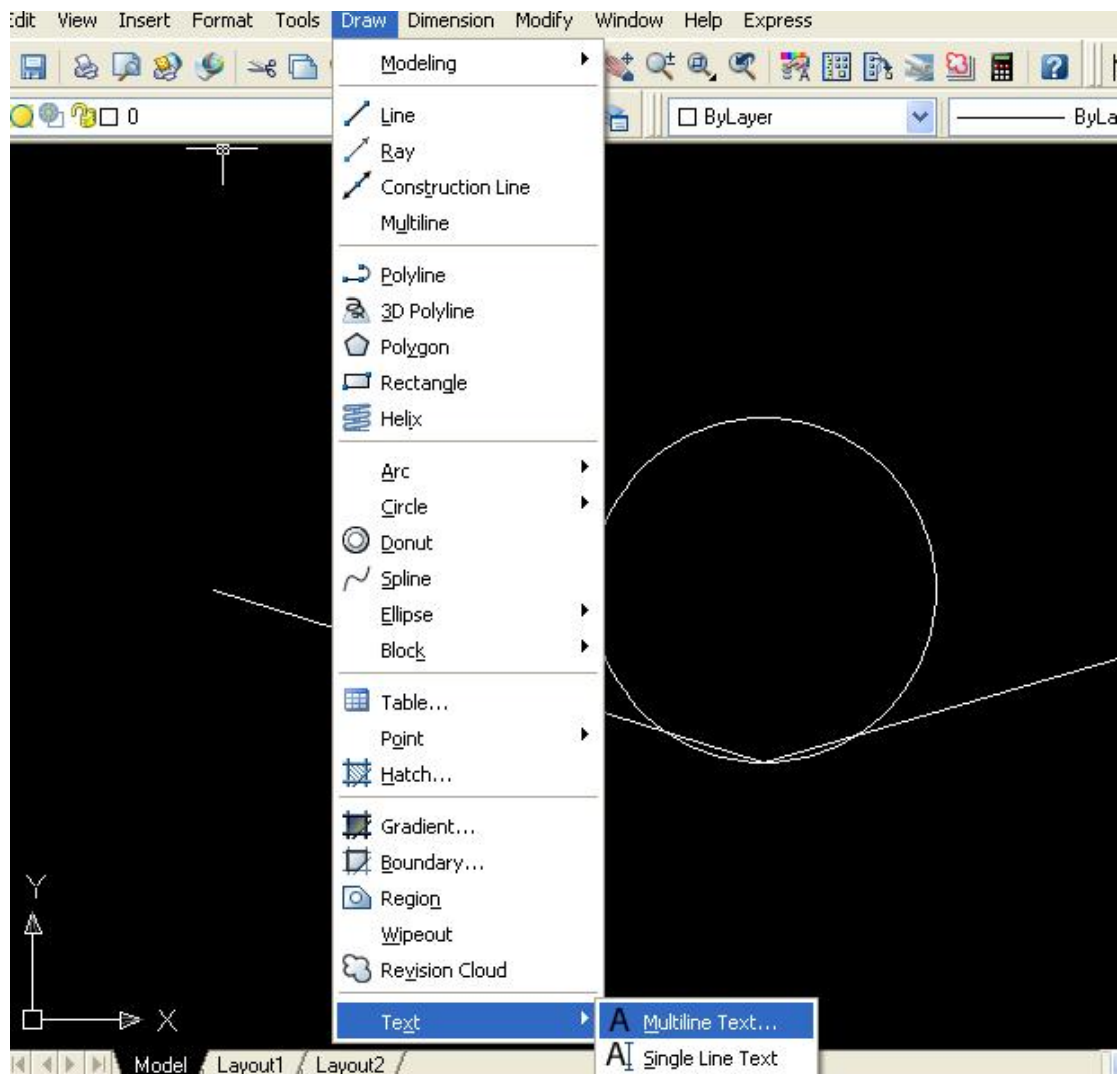
Polygon : Σχεδιάζουμε ένα πολύγωνο

Ellipse : Υπομενού μέσω του οποίου επιτυγχάνεται ο σχεδιασμός με διαφορετικούς τρόπους μίας έλλειψης.

Polyline : Οι εντολές Line και Arc χρησιμοποιούνται για να σχεδιάσουν κάτι διαφορετικό, δηλαδή μία ευθεία γραμμή και μία καμπύλη. Η εντολή Polyline είναι δύο σε ένα. Δυνάμεθα να ξεκινήσουμε να σχεδιάσουμε μία ευθεία γραμμή και μετά να την κάνουμε καμπύλη, χωρίς κάθε φορά να επιλέγουμε εξ αρχής την εντολή που θέλουμε και να ορίζουμε από ποιο σημείο να ξεκινήσει. Ουσιαστικά επιταχύνεται ο τρόπος σχεδίασης ενώ επιπρόσθετα δίνει και κάποιες άλλες δυνατότητες, όπως η αλλαγή του πάχους γραμμής.

Hatch : Στις τομές των κομματιών που σχεδιάζονται, τοποθετείται διαγράμμιση για τον ορισμό του κομμένου κομματιού. Όταν επιλέγετε το Hatch τότε ανοίγει ένα παράθυρο από το οποίο επιλέγεται η μορφή των γραμμών που θα χρησιμοποιηθούν για την διαγράμμιση και ο χώρος μέσα στον οποίο θα γίνει η διαγράμμιση.

Text : Υπομενού το οποίο δίνει την δυνατότητα να γραφτεί ένα κείμενο είτε σε μία γραμμή (single line text) είτε σε πολλές γραμμές (multiline text) βλέπε (εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9: Μενού drawn και επιλογή multiline

1.6 ΜΕΝΟΥ DIMENSION

Quick Dimension : Με αυτή την εντολή δύναται να θέσουμε μία διάσταση σε μία γραμμή ή σε καμπύλη, χωρίς να χρειάζεται να ορίσουμε το τύπο της διάστασης (ευθυγραμμισμένη με την γραμμή, κατακόρυφη κ.α).

Linear : Ορίζει διάσταση μόνο σε ευθύγραμμα τμήματα ή ανάμεσα σε δύο σημεία και την τοποθετεί κατακόρυφα ή οριζόντια.

Aligned : Ορίζει διαστάσεις ευθυγραμμισμένες με την κλίση που μπορεί να έχει το ευθύγραμμο τμήμα

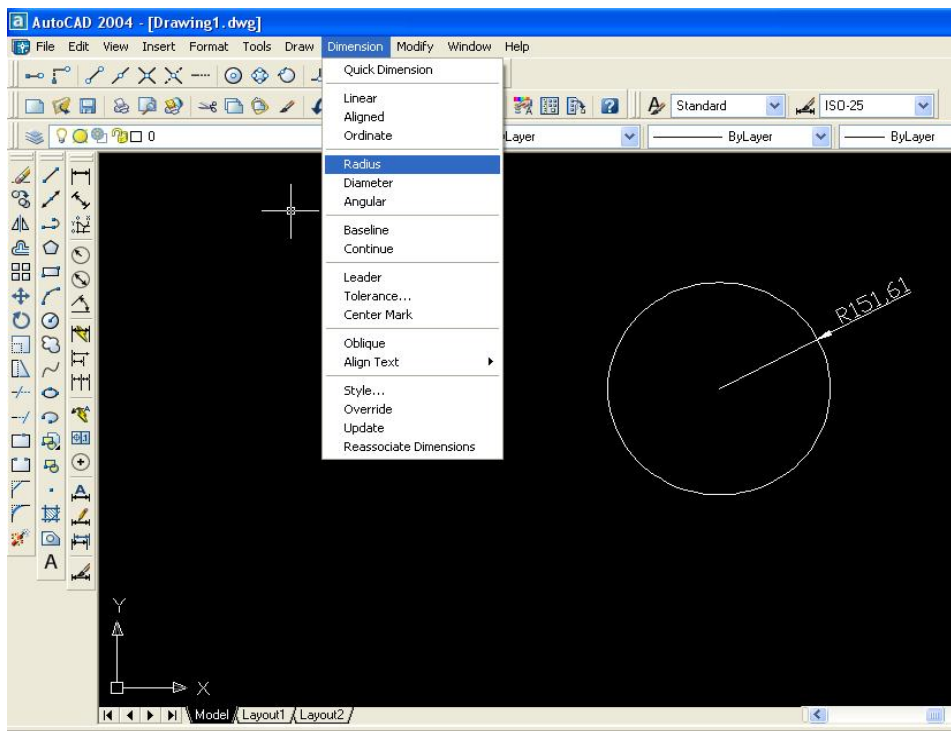
Radius : Θέτει διάσταση σε καμπύλη ή κύκλο, δείχνοντας όμως την ακτίνα όπως φαίνεται στην (εικόνα 1.10).

Diameter: Χρησιμοποιείται για να βάζει διάσταση σε κύκλους και αναγράφει μόνο την διάμετρο.

Angular : Χρησιμοποιείται για να ορίζει διάσταση σε γωνίες

Style : Με αυτή την εντολή ορίζονται οι ιδιότητες των διαστάσεων, όπως το πάχος της γραμμής, το μέγεθος και το σχέδιο των βελών που ορίζουν την αρχή και το τέλος των διαστάσεων.

Override : Με αυτή την εντολή μπορούμε να αλλάξουμε τον αριθμό που γράφει η διάσταση με κάποιο άλλο νούμερο ή με κάποιο κείμενο.



Εικόνα 1.10: Μενού dimension και επιλογή radius

1.7 MENOY MODIFY

Properties : Δίνεται η δυνατότητα αλλαγής των ιδιοτήτων οποιουδήποτε στοιχείου που αποτελεί το σχέδιο μας. Αυτό μπορεί να είναι γραμμή, διάσταση, διαγράμμιση και πολλά άλλα. Όταν ενεργοποιείται αυτή η εντολή ανοίγει ένα παράθυρο το οποίο περιέχει ιδιότητες για όλα τα στοιχεία. Για να αλλαχθούν οι ιδιότητες π.χ. μίας γραμμής, την επιλέγουμε και μετά επιλέγουμε αυτή την εντολή. Τότε ανοίγει ένα παράθυρο το οποίο περιέχει όλες τις ιδιότητες της συγκεκριμένης γραμμής, οι οποίες είναι ελεύθερες να αλλάξουν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχεδιαστή.

Match Properties: Όταν έχουμε δύο στοιχεία τα οποία επιθυμούμε να έχουν τις ίδιες ιδιότητες και δη το ένα στοιχείο να έχει τις συγκεκριμένες ιδιότητες ήδη. Τότε χρησιμοποιώντας αυτή την εντολή μετατρέπουμε τις ιδιότητες και του δεύτερου στοιχείου να ταιριάζουν με του πρώτου.

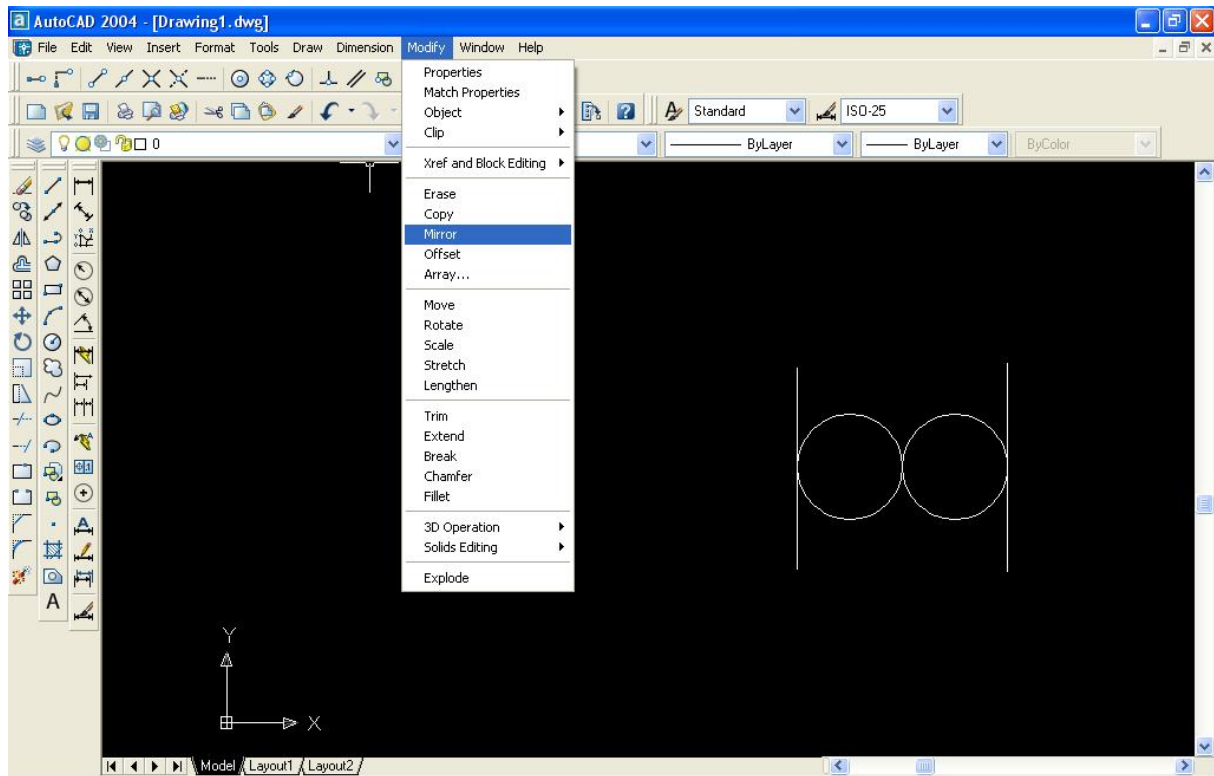
Erase: Σε περίπτωση λάθους ή όταν έχει σχεδιαστεί μία βοηθητική γραμμή και πρέπει να σβηστεί, τότε χρησιμοποιούμε αυτή την εντολή.

Copy: Σε ένα σχέδιο πολλές φορές μπορεί να υπάρχουν αντικείμενα τα οποία ή να είναι ακριβώς ίδια, ή απλώς να βρίσκονται σε διαφορετικό σημείο. Με αυτή την εντολή δυνάμεθα να αντιγραφθεί αυτό που επιθυμούμε και να μεταφερθεί εκεί που χρειάζεται.

Offset : Με αυτή την εντολή μπορούμε να σχεδιάσουμε παράλληλες γραμμές, χρησιμοποιώντας ως βάση ήδη σχεδιασμένες γραμμές, ευθείες ή καμπύλες. Εδώ ορίζεται η απόσταση που είναι επιθυμητό να απέχουν μεταξύ τους και ενεργοποιούμε ξανά την εντολή για να σχεδιαστούν οι παράλληλες γραμμές.

Array : Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν πολλά όμοια αντικείμενα προς σχεδιασμό, τα οποία είναι τοποθετημένα με κάποια σειρά , π.χ. γραμμές και στήλες σε ίσες αποστάσεις ή σε κύκλο με συγκεκριμένη γωνία μεταξύ τους. Τότε ανοίγει ένα παράθυρο, όπου αρχικά ορίζεται ο τρόπος σύμφωνα με τον οποίο πρέπει να τοποθετηθούν (κύκλο ή γραμμή ή στήλη). Μετά ορίζεται το αντικείμενο και τέλος η απόσταση μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομείται χρόνος και αποφεύγεται η βαρετή εργασία να σχεδιάζονται συνεχώς ίδια αντικείμενα.

Mirror: Πολλά σχέδια μπορεί να είναι συμμετρικά, δηλαδή η δεξιά πλευρά του να είναι ακριβώς ίδια με την αριστερή. Ουσιαστικά αποτελεί χάσιμο χρόνου να σχεδιαστεί ένα τέτοιο σχέδιο. Με αυτήν την εντολή δίνεται η δυνατότητα σχεδιασμού του μισού σχεδίου και μετά χρησιμοποιώντας μία γραμμή, που παίζει το ρόλο του καθρέπτη βλέπε (εικόνα 1.11), να σχεδιαστεί αυτόματα ακριβώς ανάποδα το υπόλοιπο συμμετρικό σχέδιο.



Εικόνα 1.11: Μενού modify και επιλογή mirror

Move : Με αυτή την εντολή μπορούμε να μετακινήσουμε κάτι και να το τοποθετήσουμε στη σωστή του θέση γιατί αρκετές φορές σχεδιάζουμε κάτι και μετά αντιλαμβανόμαστε ότι είναι σε λάθος θέση.

Rotate : Με αυτή την εντολή υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής ενός σχεδιασμένου αντικείμενου σύμφωνα με κάποια γωνία. Αρχικά ορίζεται το κομμάτι, μετά το σημείο περιστροφής και στο τέλος η επιθυμητή γωνία.

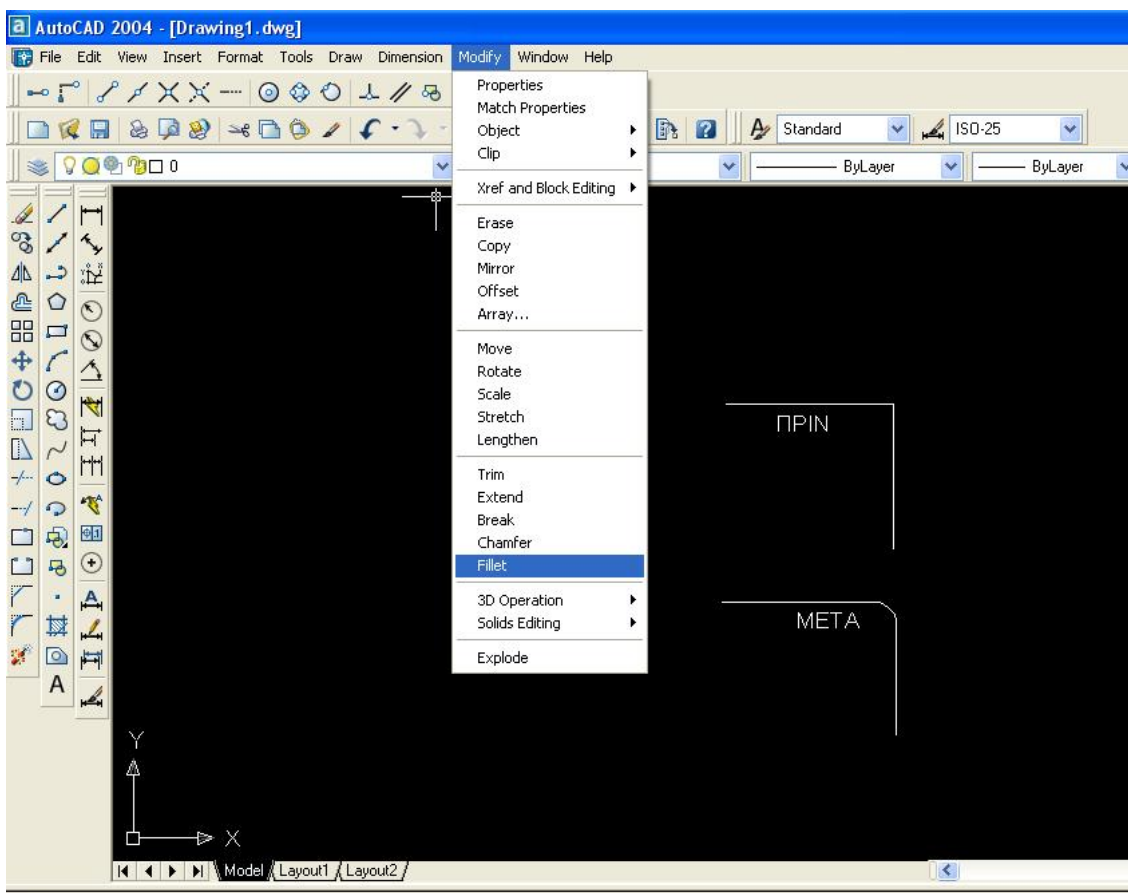
Trim : Για να σχεδιάσουμε ένα αντικείμενο αρκετές φορές χρησιμοποιούνται βοηθητικές γραμμές προς επιτάχυνση του τρόπου σχεδίασης. Γι' αυτό τον λόγο στο τέλος του σχεδίου υπάρχουν γραμμές, που ενώ μπορεί να ανήκουν στο αντικείμενο, έχουν τμήματα τα οποία δεν ανήκουν στο σχέδιο. Με αυτή την εντολή μπορούμε να διαγράψουμε αυτά τα τμήματα χωρίς να επηρεαστεί το σχέδιο. Ουσιαστικά φαλλιδίζεται η γραμμή με την βοήθεια άλλων γραμμών του σχεδίου. Πρώτα ορίζονται οι γραμμές , με τις οποίες θέλουμε να φαλλιδίσουμε και μετά το τμήμα που επιθυμούμε να διαγραφεί.

Extend : Για λόγους όμοιους με τη παραπάνω εντολή, υπάρχουν φορές που θέλουμε να επεκτείνουμε κάποια γραμμή. Τότε με αυτή την εντολή ορίζεται η γραμμή μέχρι την οποία θέλουμε να δείξουμε ότι θα επεκταθεί η γραμμή μας και μετά επιλέγουμε την προς επέκταση γραμμή.

Chamfer : Όταν έχουμε μία γωνία που σχηματίζεται από δύο ευθείες, την οποία επιθυμούμε να σπάσει .

Τότε χρησιμοποιούμε το chamfer. Υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνει αυτό, α) να δοθούν οι αποστάσεις του αρχικού και τελικού σημείου της ευθείας από την κορυφή της γωνίας και β) να δοθεί η απόσταση του αρχικού σημείου της ευθείας από την κορυφή και η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της μίας ευθείας και της κεκλιμένης ευθείας που θα δημιουργηθεί.

Fillet : Όμοια με την παραπάνω περίπτωση , με την διαφορά ότι είναι επιθυμητό μία καμπύλη να ενώνει τις δύο ευθείες. Τότε χρησιμοποιούμε το Fillet, όπου ορίζουμε την ακτίνα της καμπύλης και τέλος την γωνία που θέλουμε να μετατρέψουμε όπως φαίνεται στην (εικόνα 1.12).

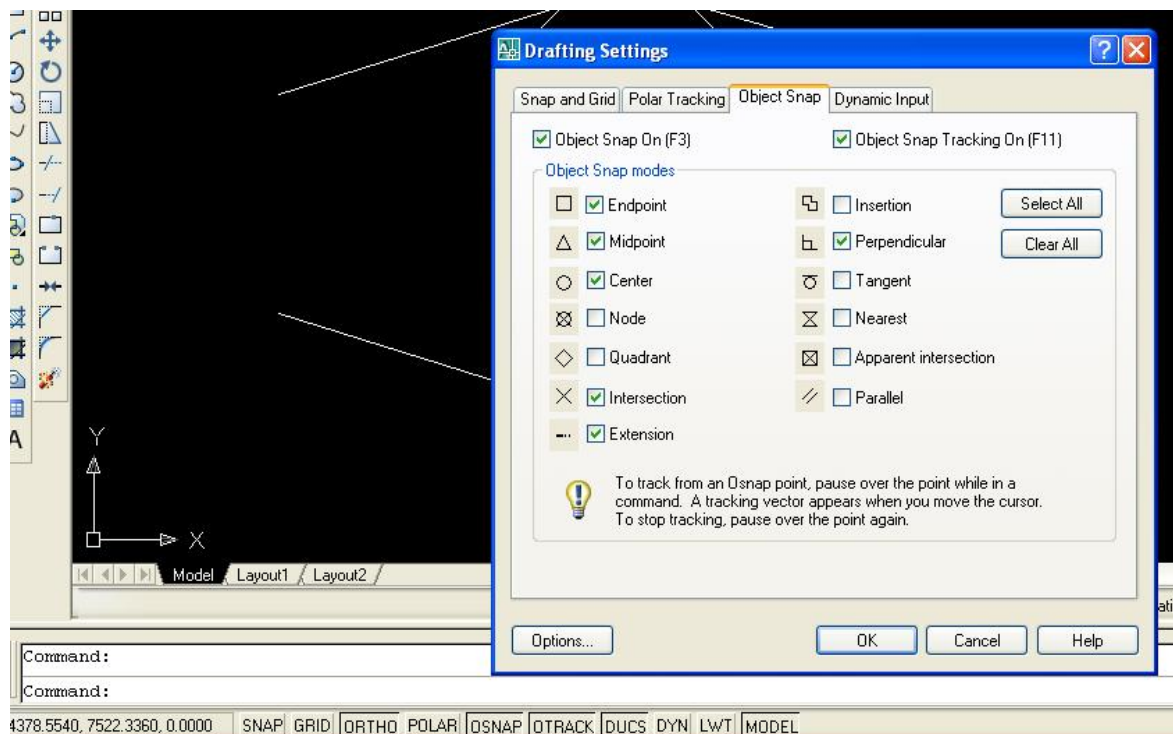


Εικόνα 1.12: Μενού modify και επιλογή fillet

Μπάρες συντομεύσεων

Ortho : Όταν είναι ενεργοποιημένο τότε οι γραμμές που θέλουμε να σχεδιάσουμε είναι πάντοτε ευθυγραμμισμένες με τους καρτεσιανούς άξονες που βλέπουμε στην οθόνη μας.

Otrack : Όταν είναι ενεργοποιημένο προεκτείνει νοητά γραμμές που υπάρχουν ήδη στο σχέδιο μας και σε συνδυασμό με την εντολή Osnap συντελεί στην επιλογή σημείων, τα οποία είναι τομή κάποιων ευθειών, που όμως δεν φαίνονται εκτός και αν προεκταθούν.



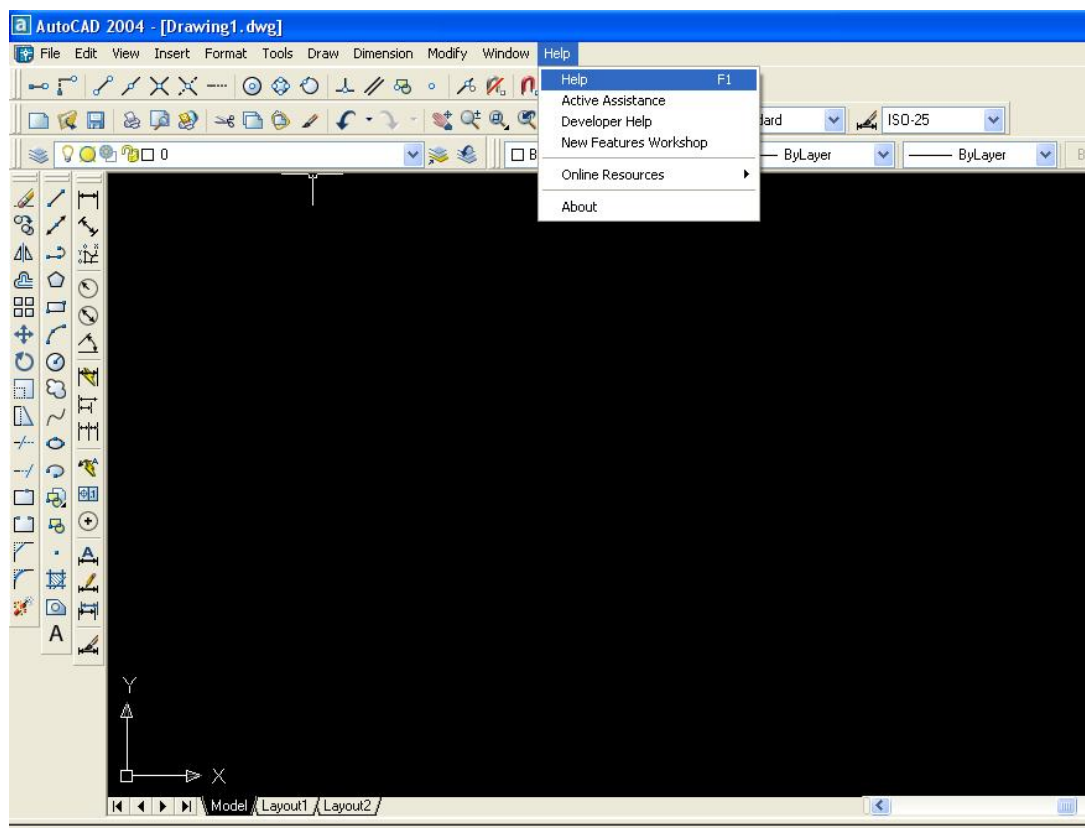
Εικόνα 1.13 : Μπάρα συντομεύσεων και εντολή drafting settings

Μενού Window

Αυτό το μενού περιέχει εντολές που βοηθούν στην τοποθέτηση των παράθυρων που περιέχουν διαφορετικά σχέδια (Cascade, Tile, Arrange Icons), το κλείσιμο τους (Close, Close All) και την επιλογή ποιο είναι ενεργοποιημένο.

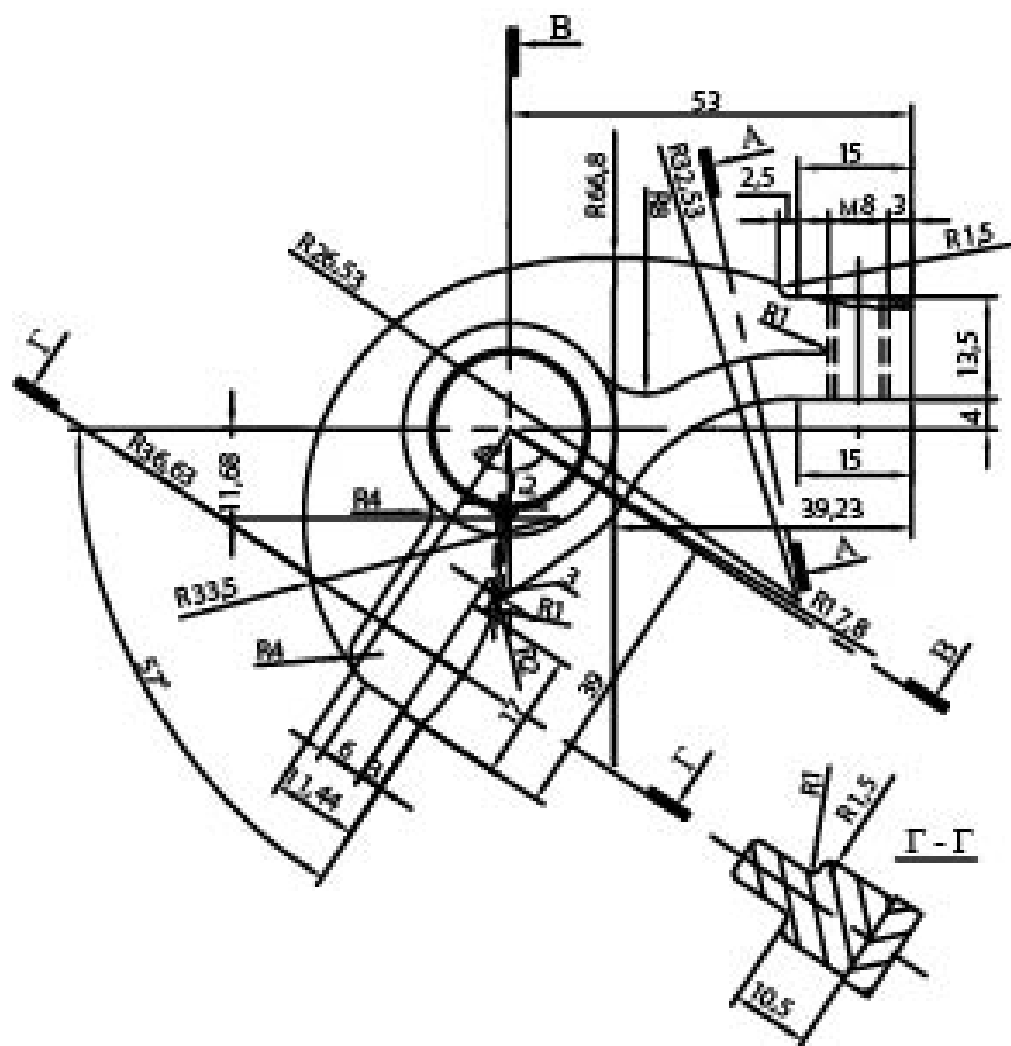
Μενού Help

Σε αυτό το μενού περιλαμβάνεται η λεγόμενη βοήθεια και κάποια άλλα στοιχεία που αφορούν το πρόγραμμα (εικόνα 1.14).



Εικόνα 1.14 : Μενου Help

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΓΡΑΦΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ



Εισαγωγή

Μια από τις βασικότερες εργασίες του σχεδιαστή, αλλά και πιο δύσκολη και υπεύθυνη είναι η σωστή τοποθέτηση των διαστάσεων στο σχέδιο.

Με την τοποθέτηση των διαστάσεων, των συμβόλων ποιότητας επιφανειών, των ανοχών και των συναρμογών, ολοκληρώνεται η διαδικασία σχεδίασης. Θα πρέπει λοιπόν να τοποθετηθούν τόσες διαστάσεις ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί το εξάρτημα χωρίς εμείς να δώσουμε κάποια άλλη πληροφορία.

Η αναγραφή σωστών διαστάσεων είναι τέχνη, που η εκμάθησή της εκτός από τις θεωρητικές και τεχνικές γνώσεις απαιτεί και πάρα πολύ εξάσκηση και εμπειρία. Κατά την τοποθέτηση των διαστάσεων γεννιούνται τα εξής τρία βασικά ερωτήματα.

- Πόσες διαστάσεις πρέπει να τοποθετηθούν
- Που πρέπει να τοποθετηθούν
- Πως θα τοποθετηθούν

Από τα τρία αυτά ερωτήματα το πρώτο μπορεί να απαντηθεί σχετικά εύκολα. Τοποθετούνται τόσες διαστάσεις, όσες είναι απαραίτητες για να οριστεί πλήρως το εξάρτημα,

Στο μηχανολογικό σχέδιο δεν επιτρέπεται να μετρούνται διαστάσεις από το σχέδιο, παρά να χρησιμοποιούνται αυτές που είναι γραμμένες. Αυτό συμβαίνει διότι η ακρίβεια του μετρήματος δεν επαρκεί για την κατασκευή και οι διαστάσεις αλλοιώνονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τον τρόπο πολυγράφησης του σχεδίου.

2.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

Για την σχεδίαση του μηχανολογικού σχεδίου πρέπει να τηρούνται κάποιες βασικές αρχές που στόχο έχουν την απλούστευση του σχεδίου και την διευκόλυνση του σχεδιαστή κατά το σχεδιασμό του εξαρτήματος.

- Οι διαστάσεις στο μηχανολογικό σχέδιο γράφονται πάντα σε χιλιοστά για αυτό και πίσω από τον αριθμό δεν τοποθετούμε μονάδα. Αν μια διάσταση γραφεί σε διαφορετική μονάδα τότε γράφουμε οπωσδήποτε πίσω από τον αριθμό τη μονάδα αυτή.
- Όλες οι διαστάσεις του σχεδίου αντιστοιχούν στο επεξεργασμένο εξάρτημα, εκτός από μερικές περιπτώσεις που δίνονται και οι αρχικές διαστάσεις του εξαρτήματος, π.χ. σε χυτά ή αν αυτό διαμορφωθεί σε πρέζα ή στράντζα.
- Πρώτα δίνουμε τις κύριες διαστάσεις του εξαρτήματος (μήκος πλάτος ύψος) και μετά των λεπτομερειών.
- Η διάσταση τοποθετείται στην όψη εκείνη που φαίνεται το πραγματικό της μέγεθος.
- Διαστάσεις μιας λεπτομέρειας φροντίζουμε να τις τοποθετούμε στην ίδια όψη.
- Δεν πρέπει να τοποθετούμε περισσότερες διαστάσεις από αυτές που είναι απολύτως απαραίτητες για την κατασκευή του εξαρτήματος

- Δίδουμε κατά προτίμηση τις διαστάσεις εκείνες που είναι δυνατό και εύκολο να μετρηθούν με τα συνηθισμένα όργανα μέτρησης¹.
- Κάθε διάσταση τοποθετείται μια και μόνο φορά ή στην πρόσοψη ή στην κάτοψη ή στις πλάγιες όψεις ή στις τομές, και αυτό για να μειώσουμε στο ελάχιστο τις πηγές λαθών. Γιατί αν χρειαστεί να γίνει μια αλλαγή διάστασης τότε μπορεί να ξεχαστεί η ίδια σε μια όψη και το εξάρτημα να κατασκευαστεί σύμφωνα με τη παλαιά.
- Απαγορεύεται η τοποθέτηση διαστάσεων σε διακεκομμένες γραμμές.
- Το πάχος λαμαρίνες ή ισοπαχούς εξαρτήματος, αν δεν υπάρχει άλλη όψη ή τομή όπου να φαίνεται ορίζεται με το t .
- Γενικά τα παραπάνω ισχύουν τόσο για την σχεδίαση με το χέρι όσο και με τον Ηλεκτρονική υπολογιστή

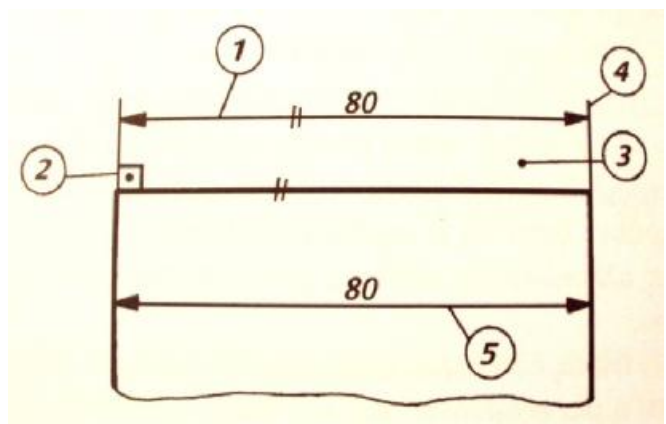
2.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΓΡΑΦΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ο τρόπος αναγραφής διαστάσεων είναι τυποποιημένος κατά τον DIN 406-11, παράλληλα όμως πρέπει αν ληφθούν υπόψη και οι σχετικές προδιαγραφές σχετικά με την τυποποίηση της γραφής, ποιότητας επιφανειών, ανοχές, κλπ. στο υποκεφάλαιο αυτό θα δοθούν οι κατευθυντήριες γραμμές. Οδηγός για την σωστή τοποθέτηση αποτελεί το ίδιο το εξάρτημα καθώς και η εμπειρία του εκάστοτε μελετητή. Πιο συγκεκριμένα.

Για την τοποθέτηση των διαστάσεων χρησιμοποιούμε τις κύριες 1 (που διακρίνουμε στο (σχήμα 2.1) και τις βοηθητικές γραμμές διαστάσεων 2. Το πάχος των γραμμών αυτών αντιστοιχεί προς το πάχος της λεπτής συνεχούς γραμμής.

Η κύρια γραμμή διάστασης είναι πάντοτε παράλληλη προς την ακμή που ορίζει το μέγεθος της. Η βοηθητική γραμμή διάστασης είναι σχεδόν πάντοτε κάθετη προς την ακμή που ορίζουμε το μέγεθος, άρα και προς την κύρια, εκτός ειδικών περιπτώσεων π.χ. (κώνος) Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της κύριας γραμμής διάστασης και της ακμής είναι περίπου 10 χιλιοστά και μεταξύ παραλλήλων γραμμών περίπου 7 με 8 χιλιοστά.

Η βοηθητική γραμμή προεξέχει του βέλους της κύριας 2 με 3 χιλιοστά.



Σχήμα 2.1 : Γραμμές διαστάσεων

Πρέπει να αποφεύγεται :

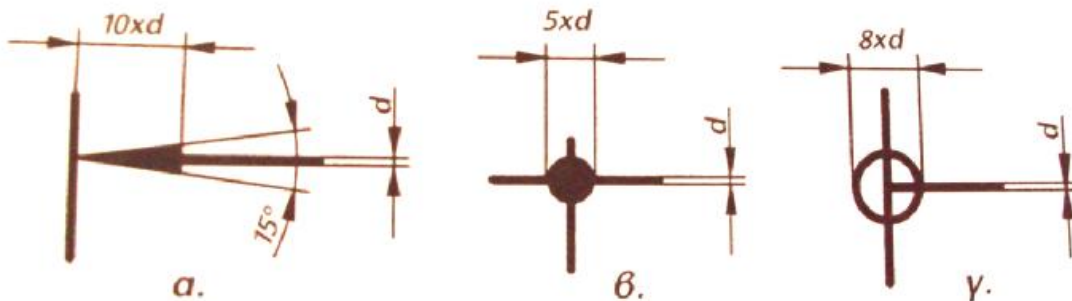
Οι κύριες και οι βοηθητικές γραμμές διαστάσεων να τέμνονται μεταξύ τους ή να τέμνουν ακμές.

Να χρησιμοποιούνται ακμές ως βοηθητικές γραμμές διαστάσεων, εκτός περιπτώσεων όπου δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα ή δεν επηρεάζεται η σαφήνεια του σχεδίου.

Οι βοηθητικές γραμμές διαστάσεων απαγορεύεται να χαράσσονται από τη μια όψη ως την άλλη.

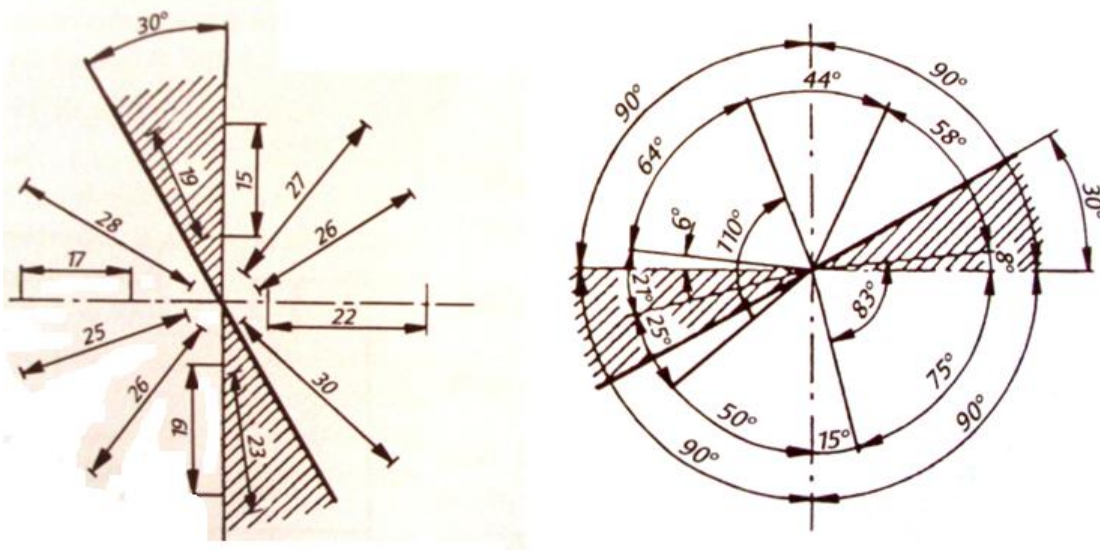
Στις άκρες της κύριας γραμμής διαστάσεων τοποθετούμε βέλη

Το άνοιγμα του βέλους είναι 15° όπως φαίνεται στο (σχήμα 2.2) το μήκος $L = 10 \cdot d$, όπου d είναι το πάχος της γραμμής των γραμμών διαστάσεων. Για κλίμακα σχεδίου 1:1 είναι $L = 3,5 \text{ mm}$. σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει χώρος βάζουμε αντι για βέλος τελεία με διάμετρο $5 \cdot d$. Σε περίπτωση αλληπάλληλης τοποθέτησης διαστάσεων βάζουμε στην αρχή το σύμβολο της εικόνας.

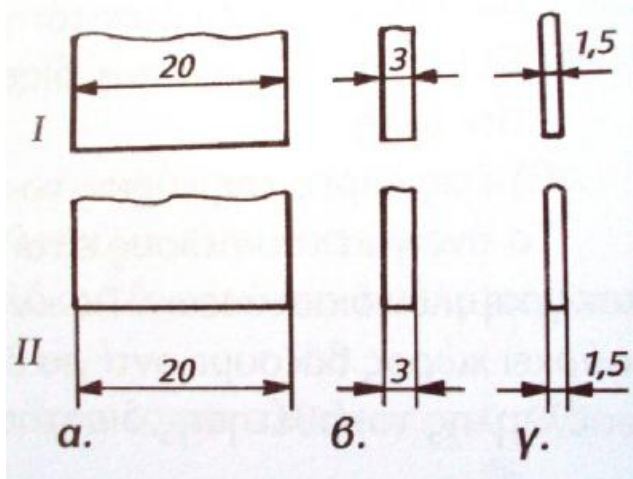


Σχήμα 2.2 : α. βέλος, β. τελεία, γ. αρχή μέτρησης διάστασης

Οι αριθμοί των διαστάσεων έχουν τυποποιημένο ύψος γράφονται στο μηχανολογικό σχέδιο κυρίως σε πλάγια γραφή και τοποθετούνται έτσι ώστε που να διαβάζονται από μπροστά ή από δεξιά. Στα (σχήματα 2.3 και 2.4) που ακλουθούν φαίνεται η φορά γραφής των διαστάσεων σε ευθείες και σε γωνίες. Η τοποθέτηση διαστάσεων στους διαγραμμισμένους τομείς πρέπει να αποφεύγεται.



Οι αριθμοί πρέπει να γράφονται με ευκρίνεια. Το ύψος τους είναι τυποποιημένο DIN6776 – 1 και εξαρτάται από τη κλίμακα του σχεδίου, πρέπει όμως να μην είναι μικρότερο από 3,5 χιλιοστά και να παραμένει το ίδιο για όλες τις διαστάσεις της ίδιας κόλλας. Για τις επόμενες περιπτώσεις βλέπουμε το (σχήμα 2.5) α) Οι αριθμοί διαστάσεων τοποθετούνται επάνω και περίπου στη μέση της κυρίας γραμμής διαστάσεων. β) Αν το κενό μεταξύ των βοηθητικών γραμμών είναι μικρό τότε τα βέλη τοποθετούνται εκτός και ο αριθμός γράφεται μεταξύ αυτών. γ) Σε πολύ μικρό κενό βάζουμε τα βέλη εξωτερικά και γράφουμε τον αριθμό επάνω δεξιά.



Σχήμα 2.5 : Αριθμοί διαστάσεων

2.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

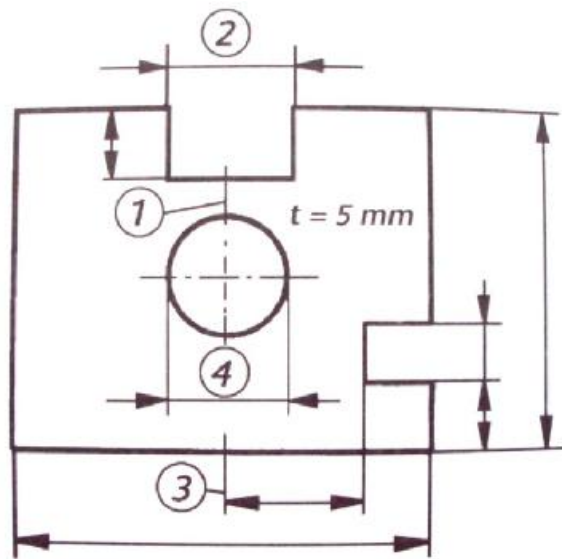
Κριτήρια για την εκλογή του τρόπου τοποθέτησης διαστάσεων, είναι η μορφή της όψης που έχουμε ή η διαδικασία κατασκευής του εξαρτήματος.

Συμμετρικές όψεις

Ένα εξάρτημα ή μηχανήμα κατά τη σχεδίαση του σε όψεις και τομές μπορεί να μας δώσει και συμμετρικές και ασύμμετρες όψεις. Μια όψη μπορεί να είναι συμμετρική προς τον οριζόντιο, κάθετο ή και τους δύο άξονες. Ο άξονας συμμετρίας χωρίζει το εξάρτημα σε δύο όμοια κομμάτια. Η όψη χαρακτηρίζεται συμμετρική και αν ακόμη στο ένα κομμάτι υπάρχουν διαφορετικές λεπτομέρειες από το άλλο, π.χ. σπή εγκοπτή κλ.π. . η συμμετρία του εξαρτήματος σημειώνεται με τον άξονα συμμετρίας, που είναι γνωστή ως αξονική γραμμή. Η γραμμή αυτή προεξέχει από τις πλευρές του εξαρτήματος περίπου 3 χιλιοστά. Το πλεονέκτημα των αξόνων είναι ότι διευκολύνεται η τοποθέτηση των διαστάσεων και ελαττώνεται ο απαιτούμενος αριθμός τους.

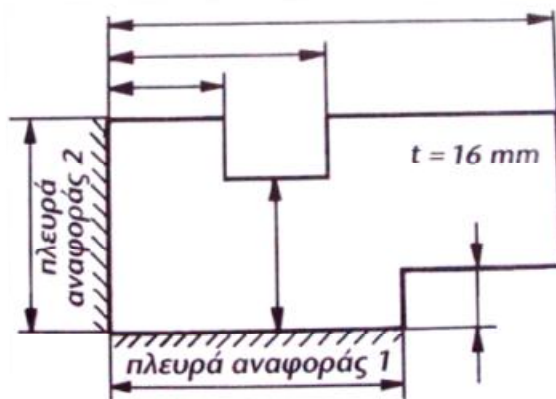
Στο (σχήμα 2.6) έχουμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

- Η θέση της αξονικής γραμμής δεν ορίζεται 1.
- Οι διαστάσεις γίνονται με βάση την αξονική γραμμή 2.
- Οι άξονες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοηθητικές γραμμές διαστάσεων 3.
- Στη θέση που υπάρχει διάσταση πρέπει η αξονική γραμμή να διακόπτεται 4.



Σχήμα 2.6 : Συμμετρική όψη

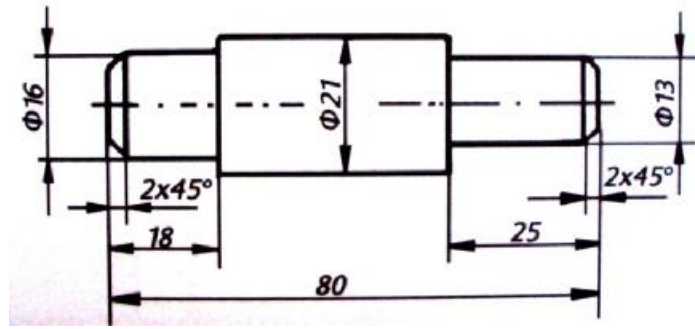
Μη συμμετρικές όψεις



Σχήμα 2.7 : Μη συμμετρική όψη

Ανάλογα με το τρόπο κατασκευής του εξαρτήματος

Τις περισσότερες φορές και ιδιαίτερα σε εξαρτήματα που διαμορφώνονται σε εργαλειομηχανές ο τρόπος διαμόρφωσης τους μας αναγκάζουν να ακολουθούμε έναν ορισμένο τρόπο τοποθέτησης των διαστάσεων όπως φαίνεται στο (σχήμα 2.8). Φυσικά ο σχεδιαστής θα πρέπει να γνωρίζει το τρόπο λειτουργίας των διαφόρων εργαλειομηχανών.



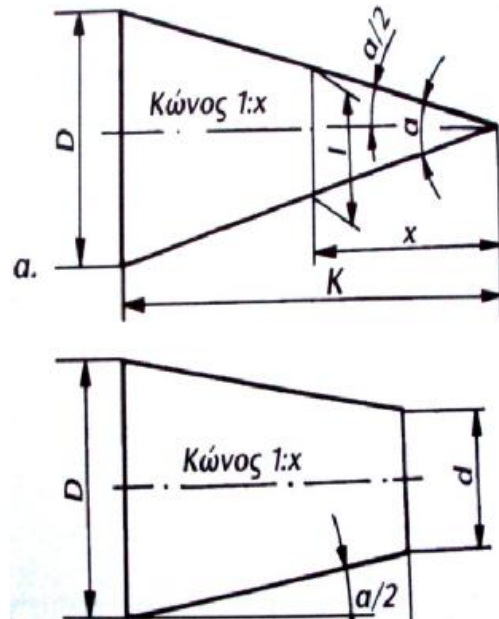
Σχήμα 2.8 : Αξονας

Διαστασιολόγηση κώνων

Στις κωνικές επιφάνειες διακρίνουμε κατά DIN 254 τις παρακάτω διαστάσεις.

Πίνακας 2.1 : Διαστάσεις των κώνων

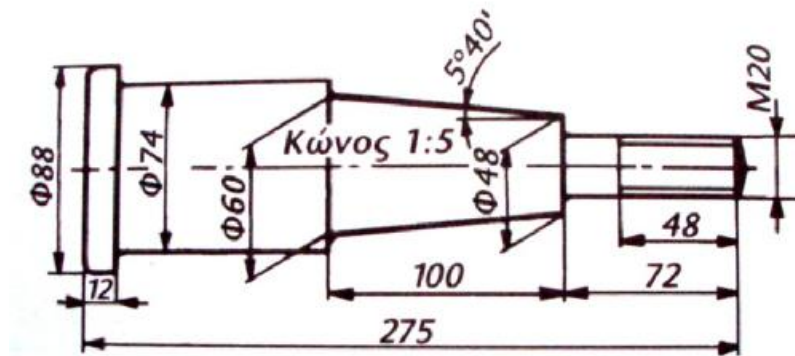
	Κώνος	Κόλουρος Κώνος
Μεγάλη Διάμετρος	D	D
Μικρή Διάμετρος		d
Μήκος	K	l
Κωνικότητα	1:x = D:K	1:x = (D-d) : l
Κλίση του κώνου	(D:2)/K	(D-d)/2:l
Γωνία κλίσης	a/2	a/2



Σχήμα 2.9 : Διαστάσεις με κώνους

Από τα παραπάνω μεγέθη για τη σχεδίαση του κώνου ή κόλουρο κώνου είναι απαραίτητα τα D, K, d,l. Κατά την κατεργασία όμως μιας κωνικής επιφάνειας χρειάζεται οπωσδήποτε η γωνία κλίσης α για τη ρύθμιση του εργαλειοφορέα βλέπε (σχήμα 2.10). Η λέξη κώνος πρέπει οπωσδήποτε να αναγράφεται πάνω από τον

άξονα του κώνου. Η γωνία κλίσης του κώνου υπολογίζεται με τη σχέση $\epsilon\phi \alpha/2 = (D-d)/2.l$



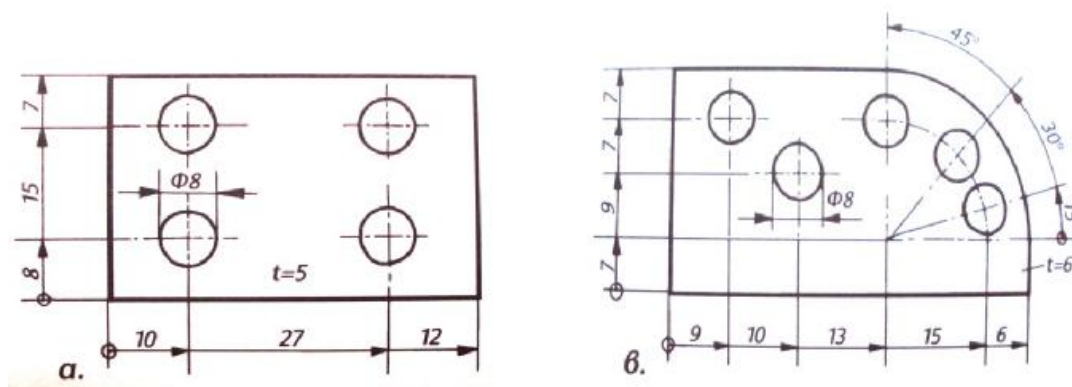
Σχήμα 2.10: Αναγραφή διαστάσεων σε κώνους

Στους κώνους και ιδιαίτερα όταν η κλίση είναι μικρή, για λόγους καλλίτερης σαφήνειας του σχεδίου, η γωνία μεταξύ της κύριας και της βοηθητικής γραμμής διαστάσεων είναι 60° (σχήμα 2.10).

2.4 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Αυξανόμενη διαστασιολόγηση.

Στην περίπτωση αυτή καθορίζουμε μια αρχή (0,0) από την οποία ξεκινώντας γράφουμε τη μια διάσταση πίσω από την άλλη. Το μηδενικό σημείο μπορεί να συμπίπτει με μια από τις γωνίες του εξαρτήματος ή με κάποια χαρακτηριστική λεπτομέρεια βλέπε (σχήματα 2.11 και 2.12).



Εικόνα 2.11 – 2.12 : Τοποθέτηση διαστάσεων από σταθερή αρχή

Διαστασιολόγηση γεωμετρικής μορφής

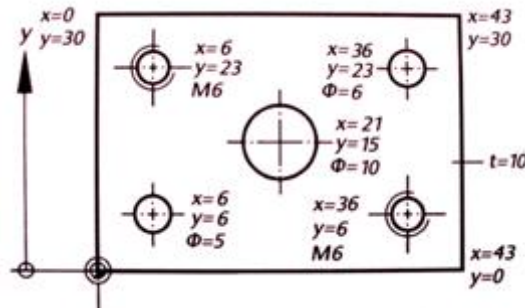
Πολλές φορές δίνουμε τη γεωμετρική μορφή και τις σταθερές διαστάσεις ενός εξαρτήματος, τις δε μεταβαλλόμενες τις χαρακτηρίζουμε με γράμματα. Στη συνέχεια γράφουμε σε έναν πίνακα τις μεταβαλλόμενες διαστάσεις ανάλογα με τα προκαθορισμένα δεδομένα.

Διαστασιολόγηση βάσει αξόνων

Στο τρόπο αυτό προσδιορίζουμε το μέγεθος και τις λεπτομέρειες του εξαρτήματος με βάση το σύστημα των αξόνων x, y, z . Αυτό το είδος της διαστασιολόγησης, διευκολύνει τη δημιουργία των προγραμμάτων των NC-εργαλειομηχανών.

Καρτεσιανό σύστημα αξόνων

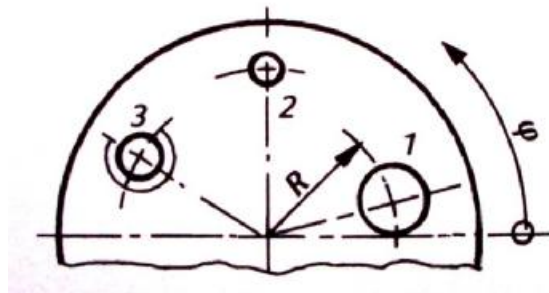
Οι άξονες x, y, z σχηματίζουν μεταξύ τους ορθή γωνία. Ανάλογα με το είδος της εργαλειομηχανής έχουμε και τη θέση των αξόνων. Παράλληλα με το βασικό σύστημα αξόνων (καρτεσιανό) χρησιμοποιούμε πολλές φορές, ανάλογα με τη θέση των λεπτομεριών και τον τρόπο λειτουργίας της εργαλειομηχανής, και βοηθητικά συστήματα αξόνων όπως φαίνεται (σχήμα 2.13).



Εικόνα 2.13 : Αναγραφή διαστάσεων επί της όψεως

Πολικό σύστημα αξόνων

Στο σύστημα αυτό προσδιορίζουμε τη θέση των λεπτομεριών με την ακτίνα R και τη γωνία ϕ . Η ακτίνα ξεκινά από το κέντρο της λεπτομέρειας η δε γωνία έχει φορά αντίθετη της φοράς των δεικτών του ορολογίου και είναι πάντοτε θετική.



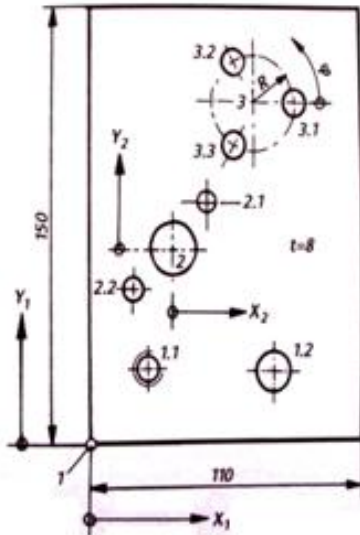
Εικόνα 2.14 : Διαστασιολόγηση σε πολικό σύστημα αξόνων

Πίνακας 2.2 : Διαστάσεις στο πολικό σύστημα

Nr	R	ϕ°	d
1	20	15	$\Phi 14$
2	30	90	$\Phi 4$
3	27	150	M10

Μεικτό σύστημα διαστασιολόγησης

Τα διάφορα συστήματα διαστασιολόγησης μπορούν να συνδυαστούν. Αυτό εξαρτάται από τη μορφή και τις λεπτομέρειες του εξαρτήματος και το είδος και τον τρόπο λειτουργίας των εργαλειομηχανών. Προτιμότερο αν δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι λόγοι να μην γίνεται ανάμειξη των διάφορων συστημάτων, επειδή αυτό ενδεχομένως να οδηγήσει σε λανθασμένη κατανόηση και αναγνώριση των διαστάσεων (σχήμα 2.15).



Πίνακας 2.3 : Παράδειγμα μεικτής διαστασιολόγησης

	Nr	x1x2	y1y2	R	f	d
1	1	0	0			
1	1.1	25	25			M10
1	1.2	66	25			Φ12
1	2	28	60			Φ30
1	3	58	105			
2	2.1	12,5	12,5			Φ6
2	2.2	-12,5	-12,5			Φ6
3	3.1			15	0	Φ8
3	3.2			15	120	Φ8
3	3.3			15	240	Φ8

Σχήμα 2.15 : Μεικτή διαστασιολόγηση

2.5 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Πίνακας συμβόλων

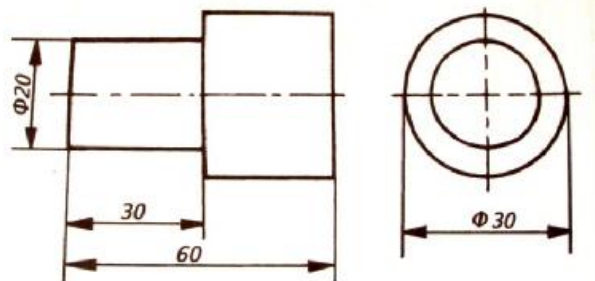
Προτού δοθούν και επεξηγηθούν μερικά παραδείγματα, είναι σκόπιμο να δοθεί ο συγκεντρωτικός (πίνακας 2.4) των πιο συνηθισμένων συμβόλων που χρησιμοποιούνται κατά την αναγραφή των διαστάσεων

Πίνακας 2.4 : Σύμβολα διαστάσεων

α/α	Σύμβολο	Χρήση	α/α	Σύμβολο	Χρήση
1		Βέλος διαστάσεων	9	SW 12	Άνοιγμα κλειδιού
2		Σημείο αντι για βέλος	10	t = 5	Δηλώνει πάχος
3		Αρχή μέτρησης	11	-25	Βοηθητική διάσταση
4	Φ 100	Διάμετρος π.χ. 100mm	12	[100]	Αρχική προ της κατεργασίας διάσταση
5	R 10	Ακτίνα π.χ. 10mm	13	<u>50</u>	Διάσταση δε συμφωνεί με τη κλίμακα
6	10	Τετράγωνο π.χ. 10mm	14		Διάσταση που θα ελεγχθεί σε όλα τα τεμάχια
7	S Φ 50	Διάμετρος σφαίρας π.χ. 50mm	15		Σύμβολο Συμμετρίας
8	SR 25	Ακτίνα σφαίρας π.χ. 25mm	16	200	Μήκος τόξου

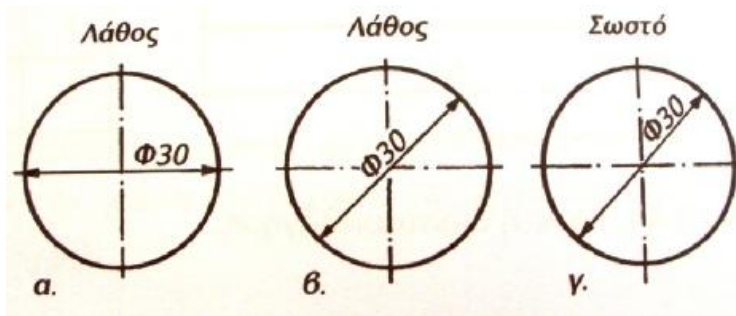
Στη συνέχεια θα δούμε και θα επεξηγήσουμε διάφορες περιπτώσεις αναγραφής διαστάσεων που συναντούμε συχνά στη πράξη.

Με το σύμβολο Φ χαρακτηρίζουμε διαμέτρους κυλίνδρων και οπών σε όψη ή τομή όπως φαίνεται στο (σχήμα 2.16).



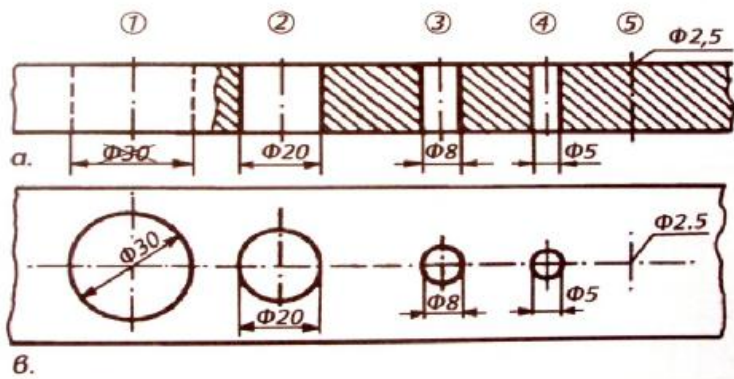
Σχήμα 2.16 Παράδειγμα διαστασιολόγησης

Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για γραμμή διάστασης άξονα περιφέρειας, ούτε και η διάσταση να γράφεται στο κέντρο της περιφέρειας (σχήμα 2.17).



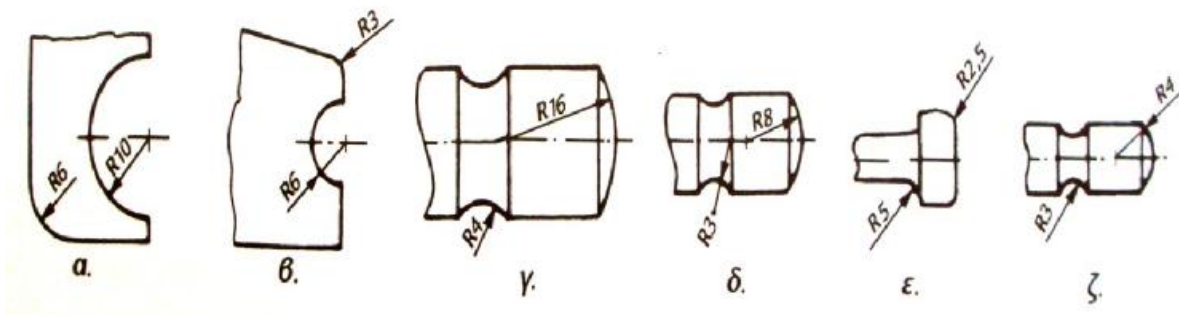
Σχήμα 2.17 : Διαστασιολόγηση κύκλων

Στο (σχήμα 2.18) φαίνονται διάφορες δυνατότητες τοποθέτησης διαστάσεων σε περιφέρειες (κάτοψη και τομή). Αν μια οπή είναι πολύ μικρή, τότε κατ' εξαίρεση η διάμετρος της δίνεται με το Φ και τον αριθμό χωρίς γραμμές διάστασης.



Σχήμα 2.18 : Αναγραφή διαστάσεων οπών α. σε τομή, β. σε όψη

Ημιπεριφέρειες ή καμπυλότητες δίνονται με ακτίνα. Αυτή έχει μονό βέλος, εκεί που συναντά τη καμπύλη. Το κέντρο χαρακτηρίζεται με άξονες, μικρό κύκλο, τελεία, ή δεν σημειώνεται καθόλου, η δε ακτίνα γράφεται με κλίση 45°. σε όλες τις περιπτώσεις βάζουμε μπροστά από τον αριθμό το γράμμα R (radius), ο δε αριθμός γράφεται πάντοτε πάνω από την ακτίνα όπως φαίνεται στο (σχήμα 2.19)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΛΥΒΩΝ – ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΧΕΣ



3.1 ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΛΥΒΩΝ

Σύμφωνα με την τυποποίηση DIN EN 10 020 έχουμε τα παρακάτω είδη χαλύβων:

Βασικοί χάλυβες (BS) Ανθρακοχάλυβες με αξιώσεις ποιότητας δεσμευτικές κατά την παραγωγική τους διαδικασία, ευαισθησία σε ψαθυρή θραύση.

Ποιοτικοί χάλυβες(QS) Ανθρακοχάλυβες και κραματούχοι χάλυβες με αυξημένη επιμέλεια παραγωγής ως προς το μέγεθος των κόκκων, τη δυνατότητα κατεργασίας, καλές δυνατότητες διαμόρφωσης και ευαισθησία σε ψαθυρή θραύση.

Ευγενείς χάλυβες(SS) Ανθρακοχάλυβες και κραματωμένοι χάλυβες με υψηλό βαθμό καθαρότητας ως προς μη μεταλλικά στοιχεία και με επιμελημένη παραγωγή. Είναι κατάλληλοι για επιβελτίωση και επιφανειακή σκλήρυνση.

Οι χάλυβες χαρακτηρίζονται σύμφωνα με το DIN 1027-1 με το βασικό σύμβολο και άλλα πρόσθετα γραμματικά επιθέματα που μας δίνουν ειδικά στοιχεία σχετικά με ιδιαιτερότητες ως προς τον τρόπο παραγωγής, τις θερμικές κατεργασίες που έχουν προηγηθεί, τις δυνατότητες διαμόρφωσης, τη χρήση, τις μηχανικές και χημικές ιδιότητες κ.λπ. Η τυποποίηση γίνεται σύμφωνα με το παρακάτω σύστημα: (DIN EN 10027-2)

Στη θέση I : Γράφουμε το βασικό σύμβολο του χάλυβα που μας δίνει στοιχεία ως προς τη δυνατότητα χρησιμοποίησής του και την αντοχή του. Π.χ. S185 = χάλυβας για δευτερεύουσες σιδηροκατασκευές με τάση διαρροής ,Re min=185 N/mm² για την μικρότερη διατομή. Re min (σF ή σ_{0,2}) = Ελάχιστη τάση διαρροής(ορθό όριο πλαστικότητας) όπως φαίνεται στον (πίνακα 3.1).

Πίνακας 3.1 : Βασικά σύμβολα

Γράμμα	Χαρακτηριστικές Ιδιότητες	Είδη Χαλύβων
S	Re min (σF ή σ _{0,2})	Χάλυβες σιδηροκατασκευών
E	Re min (σF ή σ _{0,2})	Χάλυβες μηχανολογικών κατασκευών
C	Μέση περιεκτικότητα Cx 100	Ανθρακοχάλυβες με μέση περιεκτικότητα Mn < 1%
	Μέση περιεκτικότητα Cx 100 στη συνέχεια σύμβολα προσθηκών κραμάτωσης	Ανθρακοχάλυβες με μέση περιεκτικότητα Mn > 1%. Κραματωμένοι χάλυβες με μέση περιεκτικότητα προσθηκών κραμάτωσης > 5%
X	Μέση περιεκτικότητα Cx 100 στη συνέχεια σύμβολα προσθηκών κραμάτωσης	Κραματωμένοι χάλυβες με μέση περιεκτικότητα προσθηκών κραμάτωσης > 5%

Στη θέση II: Γράφουμε τα πρόσθετα σύμβολα του χάλυβα. Αυτά αποτελούνται από δύο ομάδες. Ομάδα 1 και ομάδα 2. Τα σύμβολα της ομάδας 2 γράφονται πάντοτε σε συνδυασμό με τα της ομάδας 1. Στην ομάδα 1 δίδουμε στοιχεία ως προς την σκληρότητα του υλικού σε διαφορετικές θερμοκρασίες δοκιμής και στην ομάδα 2, τις ιδιαίτερες χαρακτηριστικές προεργασίες που έχει δεχθεί και τις χρήσεις του βλέπε (πίνακα 3.2).

Πίνακας 3.2 : Πρόσθετα γραμματικά επιθέματα για κατασκευαστικούς χάλυβες

Ομάδα 1			Ομάδα 2		
Ενέργεια δυσθραυστότητας σε joule			Θερμοκρασία ψαθυρότητας °C	C	Ιδιαίτερα κατάλληλος για κατεργασία εν ψυχρώ
27J	40J	60J	20	E	Για επίστρωση εμαγέ
JR	KR	LR	0	F	Για σφυρηλάτηση
J0	K0	L0	-20	L	Για χαμηλές θερμοκρασίες
J2	K2	L2	-30	N	Χάλυβας εξομαλυνθείς
J3	K3	L3	-40	S	Για τη ναυπηγική
J4	K4	L4		Q	Χάλυβας επιβελτιωμένος
				W	Ανθεκτικός στη διάβρωση (ανοξειδωτος)

Τέλος, στη **θέση III** γράφουμε πρόσθετα σύμβολα(επιθέματα) , για τα παράγωγα του χάλυβα και πάλι σε τρεις ομάδες βλέπε (πίνακα 3.3). Στην ομάδα 1 σύμβολα για ειδικές ιδιότητες, π.χ. +F χάλυβας λεπτόκοκκος, στη 2 σύμβολα για το είδος της επικάλυψης π.χ. +CE = ηλεκτροστατική επιχρωμίωση, και στη τρίτη ομάδα στοιχεία για τις διάφορες κατεργασίες που έχει υποστεί ο χάλυβας, π.χ. +C= ψυχρή συμπίεση. Το σύμβολο γράφεται πίσω από το κυρίως σύμβολο και φέρει πάντοτε το +.

Πίνακας 3.3 : Πρόσθετα σύμβολα για παράγωγα του χάλυβα (θέση III)

Ομάδα 1 Σύμβολα ειδικών απαιτήσεων	Ομάδα 2 Σύμβολα για το είδος της επικάλυψης	Ομάδα 3 Σύμβολα για το είδος της κατεργασίας
+C = Χονδρόκοκκος	+A Επικάλυψη αλουμινίου μεπυράκτωση	+A Αν.οπτιση σφαιριοποίησης καρβιδίων
+F = Λεπτόκοκκος	+CE Ηλεκτροστατική Επιχρωματίωση	+Cψυχρή συμπίεση
+H = Ιδιαίτερα σκληρός	+CU Επίστρωση χαλκού	+CR Ψυχρή εξέλαση

Οι κατασκευαστικοί ανθρακοχάλυβες κατά το DIN EN 10025 κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες : στους βασικούς ανθρακοχάλυβες και στους ανθρακοχάλυβες υψηλής ποιότητας.

Οι ποιότητες χαρακτηρίζονται με: JR, JO, J2 και K2.

Οι J2 και K2 υποδιαιρούνται και σε: J2G3, J2G4, K2G3, K2G4.

Βασικοί ανθρακοχάλυβες είναι χάλυβες που δεν ορίζεται η χημική σύστασή τους και παράγονται συνήθως χωρίς θερμική κατεργασία. Χρησιμοποιούνται στη γενική μηχανολογία. Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι : S185, S235 JR, S275 JR, S355 JR, E295, E335, και E360.

Ανθρακοχάλυβες υψηλής ποιότητας παρέχουν εγγύηση για τις μηχανικές ιδιότητές τους και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξαρτημάτων, τα οποία υποβάλλονται σε θερμική κατεργασία. Στη κατηγορία αυτή ανοίκουν όλοι οι χάλυβες που έχουν την ποιότητα JO, J2, K2, και J2G3, J2G4, K2G3, K2G4.

Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία που δίδουμε στους πίνακες είναι και γραμματικά υποθέματα που δηλώνουν το βαθμό αποξειδωσης που επιτυγχάνεται με την προσθήκη σιδηροπυριτίου ή αλουμινίου στο τέλος της διαδικασίας παραγωγής του. Τα αντίθετα σύμβολα είναι:

Ελεύθερο : Σύμφωνα με την εκλογή του κατασκευαστή.

FU Χάλυβας μη καθισχυασμένος (μη αποξειδωμένος, αναβράζων)

FN Χάλυβας μή καθισχυασμένος μη αποδεκτός

FF Χάλυβας 100% καθισχυασμένος (αποξειδωμένος)

Παράδειγμα: S235/2+C σημαίνει:

- I. Βασικό σύμβολο S235= Ανθρακοχάλυβας κατασκευών με ελάχιστη αντοχή διαρροής $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$
- II. Πρόσθετο σύμβολο. για χάλυβες J2 = Ελάχιστη ενέργεια δυσθραυστότητας 27joule σε -20 βαθμούς κελσίου.
- III. Πρόσθετο σύμβολο. για παράγωγα : +C = Ανθρακοχάλυβας χονδρόκοκκος.
Παρατήρηση: απο το πλήθος των απαιτήσεων εξαρτάται και ο αριθμός των γραμματικών επιθεμάτων.

Στον (πίνακα 3.4) έχουμε ένα μέρος ανθρακοχαλύβων υψηλής περιεκτικότητας σε C και μερικά είδη ελαφρά κραματούχων χαλύβων. Οι χάλυβες αυτοί λόγω της χημικής τους σύστασης μπορούν να σκληρυνθούν και, όταν επιβελτιωθούν, παρουσιάζουν υψηλές τιμές αντοχής με ταυτόχρονη ελαστικότητα. Η συγκόλληση είναι δυνατή μόνο αν τα τεμάχια προθερμανθούν.

Οι ανθρακοχάλυβες δίδουν καλή ποιότητα επιφάνειας, έχουν δυνατότητα επιφανειακής βαφής (σκλήρυνσης) και χρησιμοποιούνται για εξαρτήματα με χαμηλές καταπονήσεις, όπως π.χ. για άξονες και ατράκτους, τροχαλίες, οδοντωτούς τροχούς, στροφαλοφόρους άξονες κ.λπ.

Πίνακας 3.4 : Ανθρακοχάλυβες υψηλής περιεκτικότητας σε c και ελαφρά κραματούχοι χάλυβες, επιβελτιωμένοι DIN EN 10083-1 και ενανθράκωσης DIN EN 10084

Είδος χάλυβα			Επιμή- κυνση θραύ- σης A % min	Τιμές αντοχής σε N/mm ²				
Χαρακτηρι- σμός	Παλαιά DIN 17200	Αριθμός υλικού		R _m N min	R _e N R _{p0.2} N min	σ _{zδwN} (σ _{zδschN})	σ _{δwN} (σ _{δschN})	τ _{wN} (τ _{schN})
Επιβελτιωμένοι χάλυβες				(Τιμές αντοχής για d _N = 16 mm)				
C 22E	CK 22	1.1151	20	500	340	200(320)	250(375)	150(235)
C 25E	CK 25	1.1158	19	550	370	220(350)	275(410)	165(255)
C 35E	CK 35	1.1181	17	630	430	250(400)	315(470)	190(300)
C 40E	CK 40	1.1186	16	650	460	260(415)	325(490)	200(320)
C 45E	CK 45	1.1191	14	700	490	280(450)	350(525)	210(340)
C 50E	CK 50	1.1206	13	750	520	300(480)	375(560)	220(360)
38 Cr 2		1.7003	14	800	550	320(510)	400(600)	240(380)
34 Cr 4		1.7033	12	900	700	360(575)	450(675)	270(460)
41 Cr 4		1.7035	11	1000	800	400(640)	500(750)	300(510)
...								
...								
25 CrMo 4		1.7218	12	900	700	360(575)	450(675)	270(460)
34 CrMo 4		1.7220	11	1000	800	400(640)	500(750)	300(510)
42 CrMo 4		1.7228	9	1100	900	440(705)	550(825)	330(560)
...								
...								
36 CrNiMo 4		1.6511	10	1100	900	440(705)	550(825)	330(560)
36NiCrMo16		1.6773	9	1250	1050	500(800)	625(935)	375(635)
51 Cr V 4		1.8159	9	1100	900	400(705)	550(825)	330(500)
Χάλυβες ενανθράκωσης				(Τιμές αντοχής για d _N = 11 mm)				
C 10 E	C 10		16	650	380	260(380)	325(455)	195(265)
C 15 E	C15		14	750	430	300(430)	375(515)	235(300)
17 Cr 3		1.7016	11	1050	750	420(670)	525(785)	315(520)
16 Mn Cr 5		1.7131	10	900	630	360(575)	450(675)	270(435)
20 MnCr 5		1.7147	8	1100	730	440(705)	550(825)	330(505)
22CrMo53-5		1.7333	8	1100	730	440(705)	550(825)	330(505)
15 CrNi 6		1.5919	9	1000	680	400(640)	500(750)	300(470)

Οι κραματούχοι χάλυβες, ανάλογα με την ποιότητά τους, χρησιμοποιούνται για εξαρτήματα με υψηλή ή και πολύ υψηλή φόρτιση, όπως άξονες και ατράκτους, πολύσφηνα, στροφαλοφόρους άξονες, μακρύς ατράκτους μειωτήρων, οδοντωτούς τροχούς, εξαρτήματα στροβίλων, αυτοκίνητων κ.λπ.

Τέλος, στους (πίνακες 3.5, 3.6, 3.7), δίδονται μερικά στοιχεία αντοχής μέρους τυποποιημένων χυτοσιδήρων, φαιών χυτοσιδήρων και χυτοχαλύβων.

Πίνακας 3.5 : Στοιχεία αντοχής χυτοσιδήρων κατά DIN EN 1561

Χαρακτ. συμβολισμός		Επιμήκυνση θραύσης A % min	Τάση θραύσης Rm N/mm ² min	Τάση διαρροής Re (R _{ρ0,2}) N/mm ² min	Δυναμική σ _{δυν} N/mm ²	Μέτρο ελαστι- κότητας E KN/mm ²
Νέα EN 1561	Παλαιά DIN 1691					
EN GJL-100	GG-10		100	–	–	–
EN GJL-150	GG-15	0,8	150	98	70	78-103
EN GJL-200	GG-20		200	130	90	88-113
EN GJL-250	GG-25	μέχρι	250	165	110	103-118
EN GJL-300	GG-30		300	195	140	108-137
EN GJL-350	GG-35	0,3	350	228	145	123-143

Πίνακας 3.6 : στοιχεία αντοχής φαιών χυτοσιδήρων κατά DIN EN 1563

Χαρακτ. συμβολισμός		Επιμήκυνση θραύσης A % min	Τάση θραύσης Rm N/mm ² min	Τάση διαρροής Re (R _{ρ0,2}) N/mm ² min	Δυναμική σ _{δυν} N/mm ²	Μέτρο ελαστι- κότητας E KN/mm ²
Νέα EN 1563	Παλαιά DIN 1693					
ENGJL-400-15	GGG-40	15	400	250	195	169
EN GJL-500-7	GGG-50	7	500	320	224	169
EN GJL-600-3	GGG-60	3	600	370	248	174
EN GJL-700-2	GGG-70	2	700	420	280	174
EN GJL-800-2	GGG-80	2	800	500	300	176

Πίνακας 3.7 : στοιχεία αντοχής φαιών χυτοσιδήρων κατά DIN EN 1563

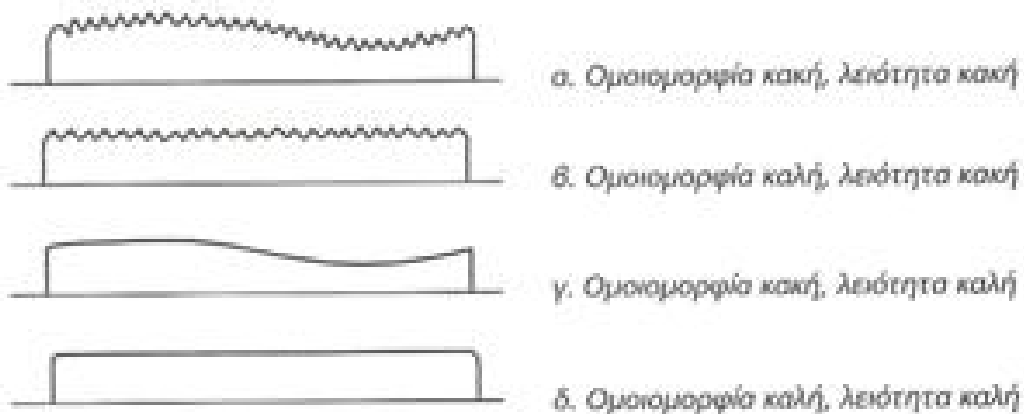
Χαρακτ. συμβολισμός		Επιμήκυνση θραύσης A % min	Τάση θραύσης Rm N/mm ² min	Τάση διαρροής Re (R _{ρ0,2}) N/mm ² min	Δυναμική σ _{δυν} N/mm ²	Μέτρο ελαστι- κότητας E KN/mm ²
Νέα DIN EN 1559	Παλαιά DIN 1681					
GE 200	GS 38	25	380	200	15	210
GE 240	GS 45	22	450	240	180	210
GE 260	GS 52	18	520	260	205	210
GE 300	GS 60	15	600	300	235	210

3.2 ΠΟΙΟΤΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΑΤΑ DIN 140 ΚΑΙ DIN 3141 ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

Κάθε επιφάνεια μιας μηχανής, για λόγους λειτουργικούς και εμφάνισης, πρέπει να έχει μια ορισμένη ποιότητα.

Η ποιότητα αυτή εξαρτάται από την ομοιομορφία και τη λειότητα της.

Η ομοιομορφία αναφέρεται στη γεωμετρική μορφή της επιφάνειας και η λειότητα στο είδος και την εμφάνιση των ιχνών κατεργασίας. Μια επιφάνεια μπορεί να είναι λεία αλλά ανομοιόμορφη, και το αντίθετο. Αυτό θα το καταλάβουμε καλύτερα αν παρατηρήσουμε το (σχήμα 3.1)










Σχήμα 3.1 : Ομοιομορφία και λειότητα μιας επιφάνειας

Η ποιότητα της επιφάνειας κατά το DIN 140 εκτιμάται με την αφή ή την όραση και κατά το DIN 3141(πίνακας 3.8) καθορίζεται σύμφωνα με το ανώτερο επιτρεπόμενο βάθος των ιχνών που αφήνουν τα εργαλεία κατεργασίας (R_z). Στον πίνακα βλέπουμε συνοπτικά τις ποιότητες των επιφανειών, τα σύμβολα χαρακτηρισμού της καθεμίας, την ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή R_T σε μm (σειρά R_1 μέχρι R_4) και την ονομασία της κάθε επιφάνειας.

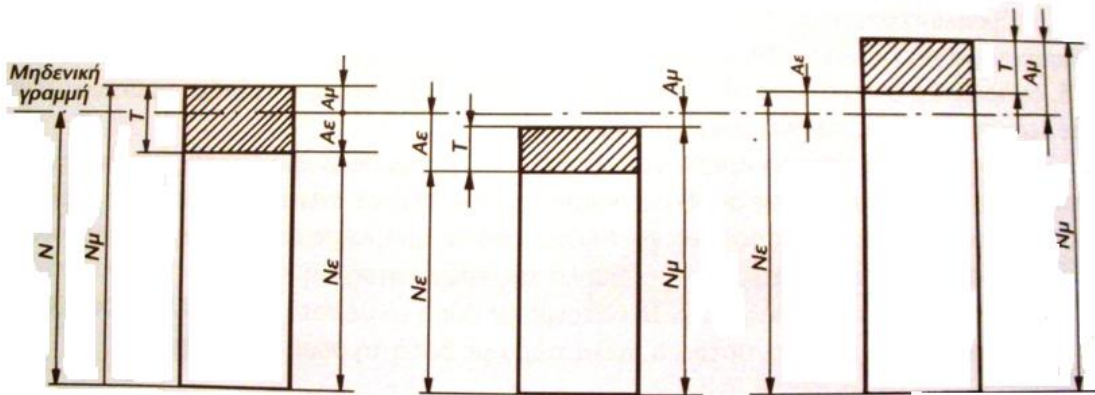
Τα σύμβολα κατεργασίας έχουν την μορφή ισόπλευρου τριγώνου και σχεδιάζονται με την αιχμή κάθετη στην επιφάνεια που προσδιορίζουν. Το ύψος του τριγώνου είναι όσο και το ύψος των κεφαλαίων γραμμάτων του σχεδίου. Για τα κατασκευαστικά σχέδια το ύψος του τριγώνου είναι περίπου 3,5 χιλ. και το ύψος του συμβόλου ειδικής κατεργασίας 1,5 μέχρι 2 φορές επί το ύψος του τριγώνου και γράφονται με πάχος γραμμής ίσο με το πάχος της αξονικής γραμμής. Σήμερα δεν χρησιμοποιείται ο τρόπος αυτός χαρακτηρισμού της ποιότητας.

Πίνακας 3.8 : Ποιότητες επιφανειών κατά DIN 3141

Επιφάνεια - Σύμβολο	Ανώτερο επιτρεπ. βάθος ιχνών κατεργ. R_t (μm)				Ονομασία επιφανείας
	Σειρά R_1	Σειρά R_2	Σειρά R_3	Σειρά R_4	
1 	—	—	—	—	Ακατέργαστη μη επιμελημένη
2 	—	—	—	—	Ακατέργαστη επιμελημένη
3 	160 (250)	100	63	25	Εκκόνδρισης
4 	40	25	16	10	Εξομάλυνσης
5 	16	63	4	2.5	Λείανσης
6 	—	1	1	0.4	Βελτίωσης
7 	Σύμβολο ειδικής κατεργασίας				

3.3 ΑΝΟΧΕΣ

Την έννοια των ανοχών θα την επεξηγήσουμε με τη βοήθεια του (σχήματος 3.2).



Σχήμα 3.2 : Παράσταση των πεδίων ανοχών

Τη διάσταση που έχει τελικά το έτοιμο εξάρτημα την ονομάζουμε **πραγματική** διάσταση (**I**) και τη διάσταση που γράφουμε στο σχέδιο μας **ονομαστική** διάσταση (**N**)

Η πραγματική διάσταση κυμαίνεται μεταξύ δύο οριακών τιμών N_{μ} και N_{ϵ} . Όπου : N_{μ} : Μέγιστη διάσταση = μέγιστη επιτρεπόμενη διάσταση.

N_{ϵ} : Ελάχιστη διάσταση = ελάχιστη επιτρεπόμενη διάσταση.

Η διαφορά των οριακών αυτών τιμών ονομάζεται **ανοχή (T)**. Άρα έχουμε :

$$T = N_{\mu} - N_{\epsilon}$$

Στα τεχνικά σχέδια δεν τοποθετούνται οι οριακές διαστάσεις. Η επιτρεπόμενη διάσταση ορίζεται με την ονομαστική και τις αποκλίσεις A_{μ} και A_{ϵ}

Όπου : **A_{μ}** : Άνω απόκλιση : Διαφορά μεταξύ της μέγιστης διάστασης και της ονομαστικής.

$$(\text{μέγιστη απόκλιση}) \quad A_{\mu} = N_{\mu} - N$$

$$A_{\mu} = 40,15 - 40 = 0,15 \text{ mm}$$

A_{ϵ} : Κάτω απόκλιση : Διαφορά μεταξύ της ελάχιστης διάστασης και της ονομαστικής.

$$A_{\epsilon} = N_{\epsilon} - N$$

$$A_{\epsilon} = 39,9 - 40 = - 0,10 \text{ mm}$$

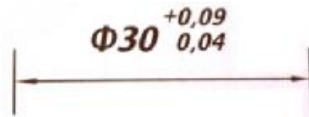
Οι αποκλίσεις, ανάλογα με τη θέση τους ως προς τη μηδενική γραμμή, μπορεί να είναι θετικές (+) ή αρνητικές (-). Η διαφορά μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης απόκλισης είναι και πάλι η ανοχή T.

$$\text{Δηλαδή: } T = 40,15 - 39,9 = 0,15 - (- 0,10) = 0,25 \text{ mm}$$

Η διαγραμμισμένη επιφάνεια του (σχήματος 3.2) ονομάζεται πεδίο ανοχής. Η θέση του πεδίου ανοχής ως προς την μηδενική γραμμή καθορίζεται με τις αποκλίσεις. Το πεδίο ανοχής μπορεί να βρίσκεται μονόπλευρα πάνω ή κάτω από τη μηδενική γραμμή, να εφάπτεται από πάνω ή από κάτω σε αυτή ή τέλος, να κόβεται από αυτή.

Παράδειγμα:

Δίδεται η ανοχή:



$$N_{\mu} = N + A_{\mu} = 30 + 0,009 = 30,009 \text{ mm}$$

$$N_{\epsilon} = N - A_{\epsilon} = 30 - 0,004 = 29,996 \text{ mm}$$

$$T = N_{\mu} - N_{\epsilon} = 30,009 - 29,996 = 0,013 \text{ mm}$$

$$T = A_{\mu} - A_{\epsilon} = 0,009 - (-0,004) = 0,013 \text{ mm}$$

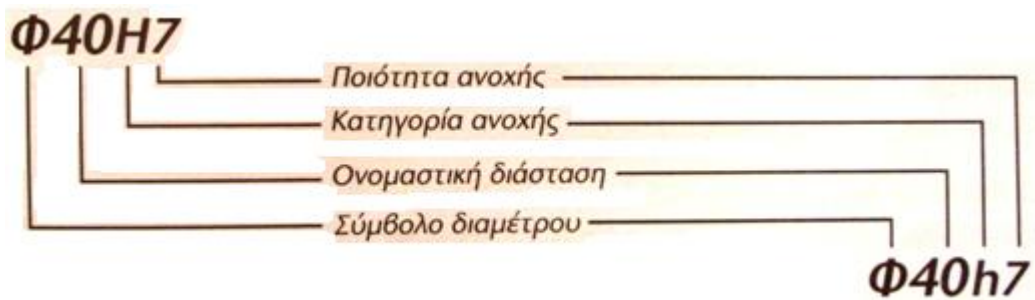
Συναρμογές

Αν δύο εξαρτήματα με ανοχή συνεργάζονται σε μια κατασκευή, π.χ. άξονας- τρήμα (οπή) τότε λέμε ότι έχουμε συναρμογή.

Οι συναρμογές διαιρούνται σε :

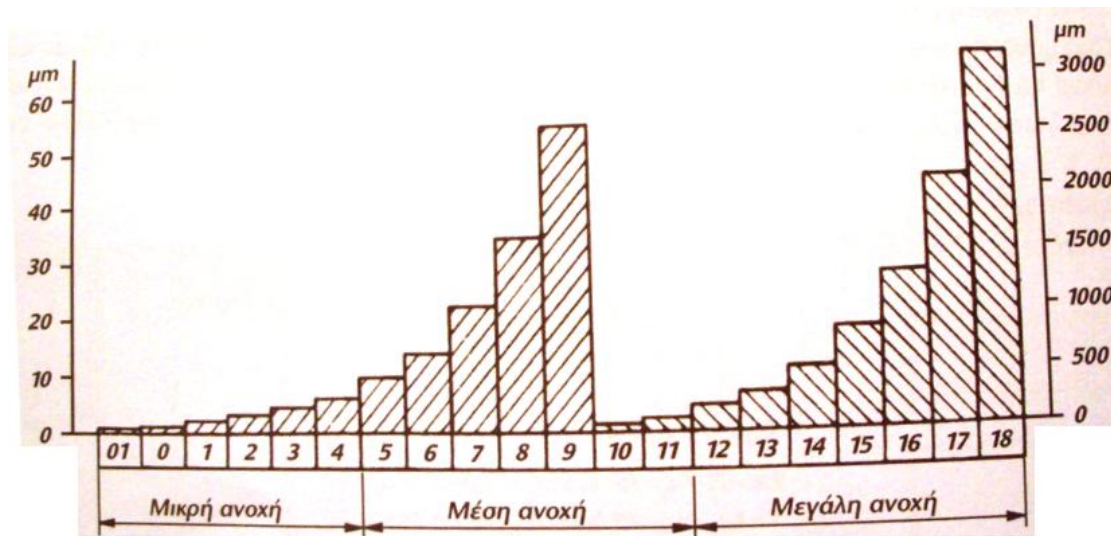
- I. **Ελεύθερη συναρμογή** : Μεταξύ των συναρμολογημένων τεμαχίων υπάρχει χάρη (χάρη = διαφορά μεταξύ του άξονα και της οπής).
- II. **Συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης** : Η σύνδεση μπορεί να είναι σφιχτή, ή ελεύθερη, ανάλογα με τη θέση της ανοχής του άξονα και της οπής προς το πεδίο ανοχής.
- III. **Σφιχτή συναρμογή** : Η σύνδεση των εξαρτημάτων θα είναι σταθερή.

Η ανοχή συναρμογής ισούται με το άθροισμα των ανοχών του άξονα και της οπής. Στο σύστημα ISO η ανοχή χαρακτηρίζεται με ένα γράμμα και έναν αριθμό (σχήμα 3.3)



Σχήμα 3.3

Η **ποιότητα** καθορίζει το μέγεθος της ανοχής βλέπε (γράφημα 3.1). Σύμφωνα με το σύστημα ISO έχουμε 18 ποιότητες. Με την αύξηση του αριθμού αυξάνεται και η ανοχή.



Γράφημα 3.1 : Ποιότητες ανοχής DIN 7151

Η **κατηγορία** προσδιορίζει τη θέση του πεδίου ανοχής ως προς τη μηδενική γραμμή. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι μπορούμε να έχουμε την ίδια ανοχή σε διάφορα πεδία ανοχής,

π.χ $40^{+0,00}$ και $40^{-0,05}$ και $40^{+0,05}$ και $40^{-0,00}$ (Ανοχή = 0,05, πεδία ανοχής διάφορα).

Συνολικά έχουμε 21 κατηγορίες, που χαρακτηρίζονται με λατινικά γράμματα (εκτός από J, L, O και W). Το κεφαλαίο γράμμα χρησιμοποιείται για τις οπές (τρίματα) και το μικρό (πεζό) για τους άξονες.

Το πεδίο ανοχής που έχει κατηγορία " H " της οπής εφάπτεται από την επάνω πλευρά στη μηδενική γραμμή, ενώ το πεδίο ανοχής της κατηγορίας " h " του άξονα εφάπτεται στη μηδενική γραμμή από κάτω σχήμα (3.4 και 3.5).

Για πρακτικούς και οικονομικούς λόγους έχει καθοριστεί σε μια συναρμογή άξονα και οπής το ένα από τα δύο ή ο άξονας ή η οπή να έχουν την κατηγορία αντίστοιχα h ή H. Στην πρώτη περίπτωση μιλούμε για συναρμογή βασικού άξονα και στη δεύτερη για συναρμογή βασικής οπής (3.4 και 3.5).

Ανάλογα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες του εργοστασίου είναι δυνατή η τοποθέτηση και οποιασδήποτε άλλης συναρμογής.

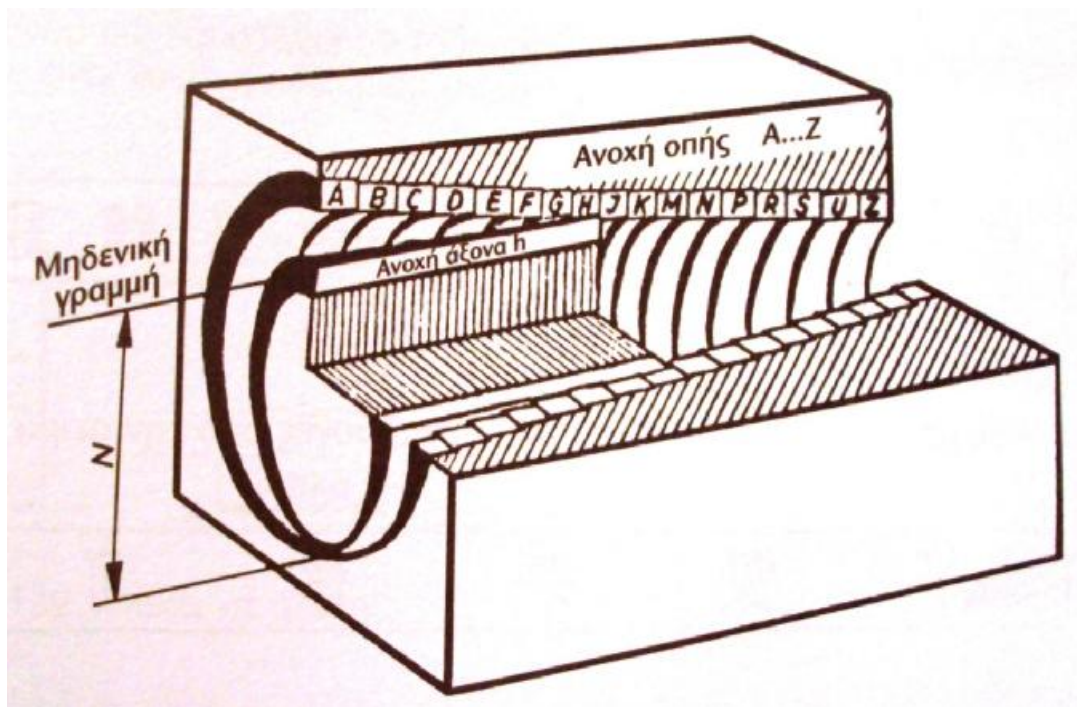
Σύστημα βασικού άξονα

Ο άξονας έχει πάντοτε την κατηγορία **h** όπως φαίνεται στο. Οι οπές, ανάλογα με την απαιτούμενη συναρμογή, χαρακτηρίζονται με το αντίστοιχο κεφαλαίο γράμμα της κατηγορίας. Η μεγαλύτερη διάσταση του άξονα είναι ίση με την ονομαστική N , δηλαδή η μέγιστη απόκλιση είναι $A_m = 0$ και η ελάχιστη $A_e = T$ (ανοχή).

Εδώ έχουμε : Κατηγορία A μέχρι H : Ελεύθερη συναρμογή

Κατηγορία J μέχρι N : Συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης

Κατηγορία P μέχρι J : Σφιχτή συναρμογή



Σχήμα 3.4 : Σύστημα βασικού άξονα

Σύστημα βασικής οπής

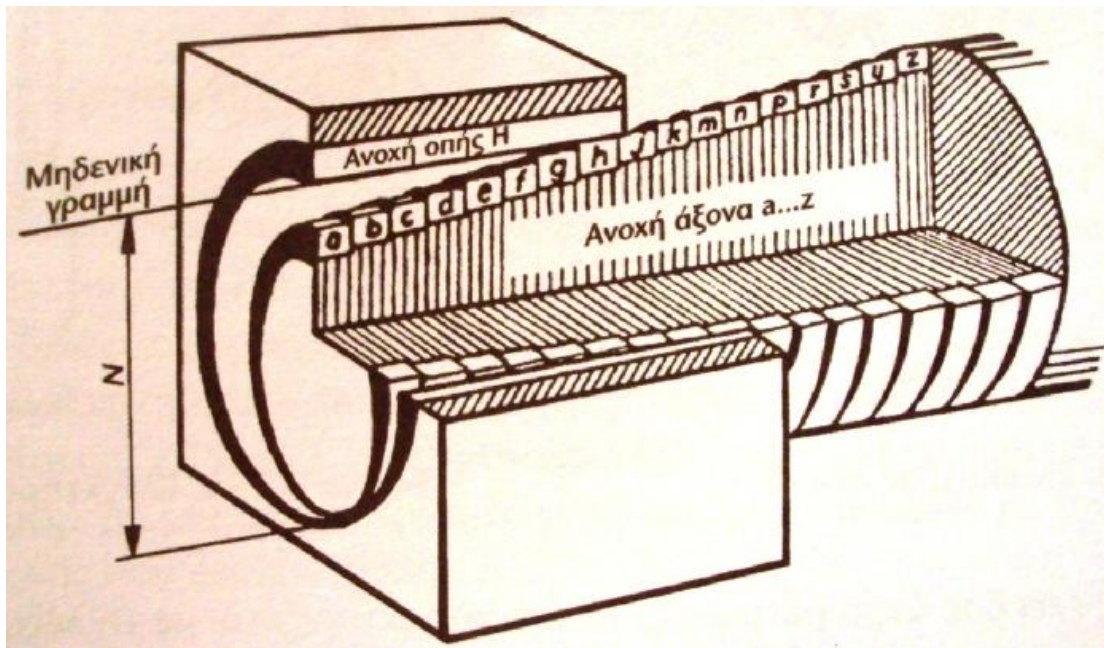
Η οπή έχει πάντοτε την κατηγορία **H**. Οι άξονες, ανάλογα με την απαιτούμενη συναρμογή, κατασκευάζονται μεγαλύτεροι ή μικρότεροι από την οπή.

Η μικρότερη διάσταση της οπής είναι πάντοτε ίση με την ονομαστική N , δηλαδή η ελάχιστη απόκλιση $A_3 = 0$ και $A_m = T$ (ανοχή).

Εδώ έχουμε : Από α μέχρι h : Ελεύθερη συναρμογή

Από j μέχρι n : Συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης και

Από p μέχρι z : Σφιχτή συναρμογή.



Σχήμα 3.5 : Σύστημα βασικής οπής

Κατά το DIN 7157-1 έχουμε δύο σειρές συναρμογών. Η σειρά 1 καλύπτει τις περισσότερες περιπτώσεις στην κατασκευή και θα πρέπει να την προτιμάμε (πίνακας 3.9).

Πίνακας 3.9 : σειρά 1

$\frac{H8}{k8/u8}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h9}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{D10}{h9}$	$\frac{C11}{h9}$
--------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------

Αν δεν μας εξυπηρετεί η σειρά 1, τότε μπορούμε να εκλέξουμε μια συναρμογή από τις παρακάτω (πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.10 : σειρά 1 και 2

$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{i6}$	$\frac{H11}{h9}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{d9}$	$\frac{D10}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$
-----------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------

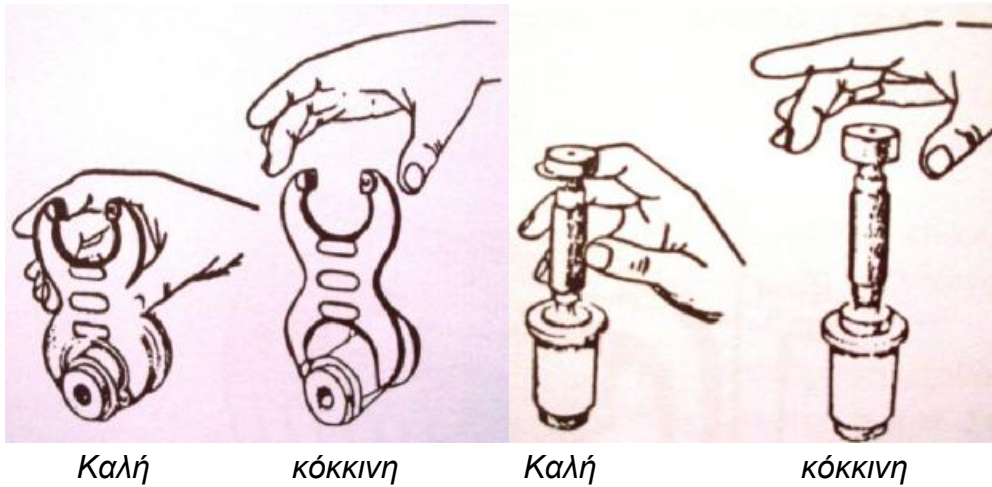
Τέλος, για οπές με μεγάλη ανοχή εκλέγουμε συναρμογές από την σειρά 2 (πίνακας 3.11).

Πίνακας 3.11 : σειρά 2

$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{d9}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{H11}{a11}$
-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Στους τριβείς κύλισης (ρουλμάν) η εκλογή της ανοχής του άξονα και της οπής του κιβωτίου εξαρτώνται από το είδος και την κατεύθυνση του φορτίου είδος της φόρτισης (σημειακή, περιφερειακή), το είδος του τριβέα κ.λ.π. Εδώ οι ανοχές ορίζονται από το DIN 5425. Τα εργοστάσια κατασκευής τριβέων προδιαγράφουν τις απαιτούμενες ανοχές για κάθε περίπτωση.

Ο έλεγχος των ανοχών γίνεται με ειδικά όργανα μέτρησης που τα ονομάζουμε **ελεγκτήρες**. Για κάθε διάμετρο και ανοχή υπάρχει και ξεχωριστός ελεγκτήρας, και μάλιστα ένας για τον άξονα και ένας για την οπή σχήμα 3.6, σχήμα 3.7.



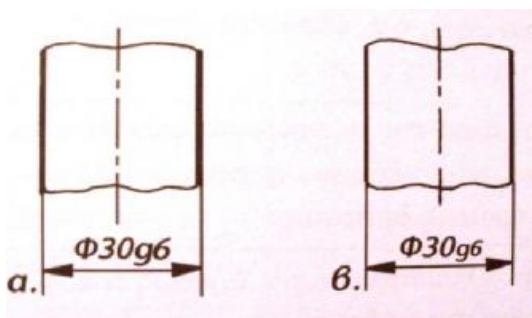
Σχήμα 3.6 : Ελεγκτήρας άξονα

Σχήμα 3.7 : Ελεγκτήρας οπής

Ο ελεγκτήρας έχει δύο άκρα μέτρησης. Το ένα χαρακτηρίζεται με τη λέξη **καλή** και το άλλο φέρει μια **κόκκινη** γραμμή όπως φαίνονται στα (σχήματα 3.6 και 3.7). Κατά τον έλεγχο πρέπει το άκρο με την ένδειξη **καλή** χωρίς πίεση και μόνο με το βάρος του ελεγκτήρα να περάσει πάνω από τον άξονα ή μέσα στην οπή, το δε **κόκκινο** να μην περνά.

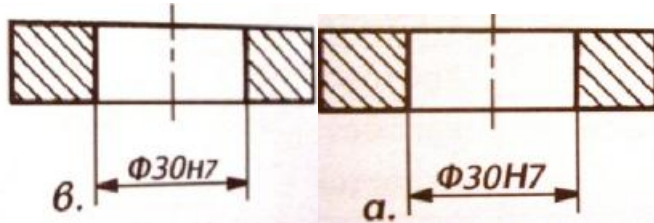
Στο σχέδιό μας οι ανοχές γράφονται με το ίδιο ύψος γραφής όπως και οι αριθμοί των διαστάσεων, επιτρέπεται όμως, λ.χ. στην περίπτωση έλλειψης χώρου, να γράφουν με ύψος κατά μία βαθμίδα μικρότερο όχι όμως μικρότερο από 2,5 mm.

Όταν έχουμε εξωτερική ανοχή (π.χ άξονα) βλέπε, η ανοχή γράφεται πίσω από τον αριθμό με πεζό γράμμα, όλοι οι αριθμοί και τα γράμματα έχουν το ίδιο ύψος (σχήμα 3.8), ή τα στοιχεία της ανοχής είναι κατά μία βαθμίδα μικρότερα.



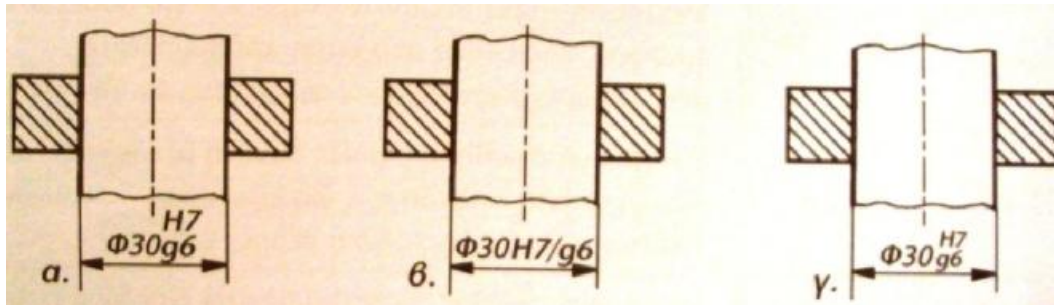
Σχήμα 3.8 : Ανοχές σε άξονα

Αν έχουμε εσωτερική ανοχή (π.χ. οπή), η ανοχή γράφεται πίσω από τον αριθμό με κεφαλαίο γράμμα, όλοι οι αριθμοί και τα γράμματα ή έχουν το ίδιο ύψος, ή τα στοιχεία της ανοχής είναι κατά μία βαθμίδα μικρότερα βλέπε (σχήμα 3.9).



Σχήμα 3.9 : Ανοχές σε οπή

Τέλος, σε συναρμολογημένα εξαρτήματα γράφουμε την ανοχή. Το μικρό γράμμα αναφέρεται στον άξονα και το κεφαλαίο στην οπή. Το ύψος γραφής είναι ή ίδιο ή τα στοιχεία της ανοχής είναι κατά μία βαθμίδα μικρότερα όπως φαίνεται στο (σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.10 : Δυνατότητες αναγραφής συναρμογών (α, β. ίδιο ύψος γραφής, γ. στοιχεία ανοχής κατά μια βαθμίδα μικρότερα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ



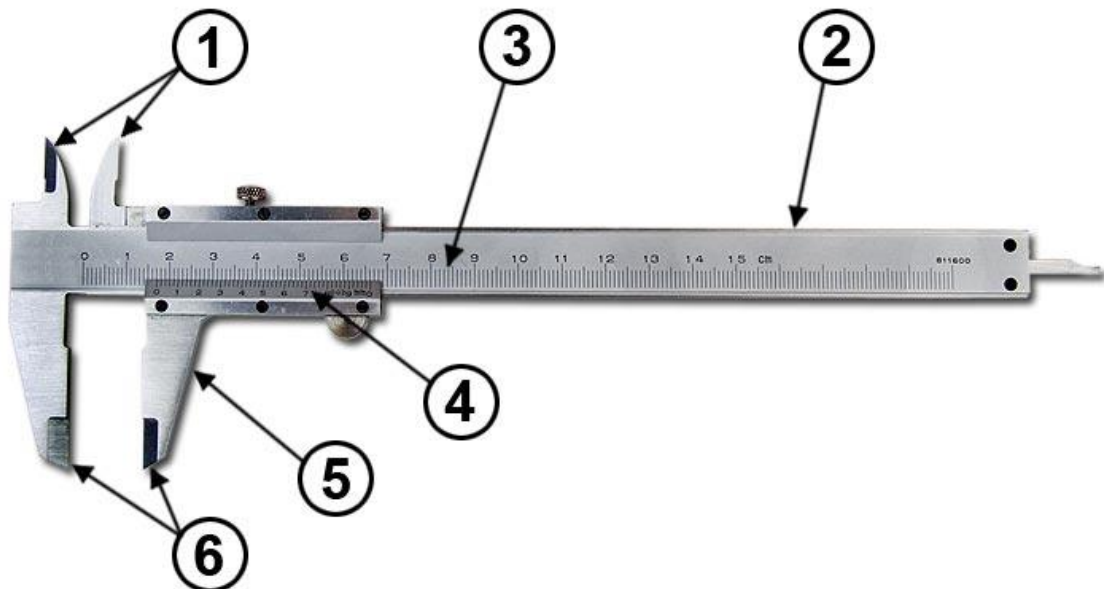
4.1 ΠΑΧΥΜΕΤΡΟ

4.1.1 Περιγραφή

Είναι από τα πιο διαδεδομένα όργανα μέτρησης. Με τα παχύμετρα οι μετρήσεις γίνονται εύκολα και με πολύ μεγάλη ακρίβεια λόγω του έξυπνου σχεδιασμού του. Με τα παχύμετρα μπορούμε να μετρήσουμε εξωτερικές διαστάσεις, εσωτερικές και βάθους. Λέγοντας ακρίβεια ενός οργάνου εννοούμε το μεγαλύτερο σφάλμα που μπορεί να προκύψει κατά τη μέτρηση κάποιας διάστασης.

Ένα συνηθισμένο παχύμετρο αποτελείται:

Το παχύμετρο αποτελείται που αποτελείται από τα εξωτερικά ράμφη 6, τα εσωτερικά ράμφη 1, την κύρια κλίμακα 3 και την κλίμακα του βενιέρου 4 που φέρει στο κάτω του μέρος χαραγμένες υποδιαιρέσεις του μέτρου και στο επάνω του μέρος υποδιαιρέσεις της ίντσας.



Εικόνα 4.1: Παχύμετρο

Κλίμακα του Βερνιέρου

Το στοιχείο που κάνει το παχύμετρο τόσο αποτελεσματικό, δίνοντας ακριβείς μετρήσεις είναι η βοηθητική κλίμακα η οποία πήρε το όνομα της από τον εφευρέτη της τον Verniero. Τι σκέφτηκε ο Βερνιέρος; Πήρε τα 9 mm του κανόνα και τα χώρισε σε 10 ίσα μέρη της κινητής κλίμακας ($9:10 = 0,9$ mm). Άρα η κάθε υποδιαίρεση της κλίμακας του βερνιέρου έχει 0,1 mm. Συνεπώς, αν αφαιρέσουμε από το 1 mm του κανόνα τα 0,9 mm της κλίμακας, τότε θα έχουμε $1,00$ mm – $0,9$ mm = $0,1$ mm. Αυτή είναι η ακρίβεια του παχύμετρου $1/10$ ή $0,1$ mm. Εκτός από την κλίμακα του $1/10$ mm υπάρχουν και άλλες κλίμακες $1/20$ και $1/50$ με τη βοήθεια των οποίων επιτυγχάνετε ακριβεία ($0,02$ mm και $0,05$ mm αντίστοιχα). Τέλος όταν οι σιαγόνες του παχύμετρου είναι κλειστές, το μηδέν του κανόνα συμπίπτει με το μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου.

Υλικό κατασκευής

Κατασκευάζονται από χρωμιονικελιούχο χάλυβα ,για να μην οξειδώνονται (σκουριάζουν) και για την αποτροπή συστολών - διαστολών. Το νικέλιο έχει συντελεστή γραμμικής διαστολής σχεδόν μηδέν, για αυτό χρησιμοποιείται ως υλικό κατασκευής σε όλα τα όργανα μέτρησης μήκους.

Μεθοδολογία

Η μέτρηση με τη χρήση παχύμετρου γίνεται με τα εξής βήματα:

- 1) Προετοιμασία για να λάβουμε τη μέτρηση, χαλαρώνουμε τη βίδα κλειδώματος και μετακινούμε το ρυθμιστικό για να ελέγξουμε αν η κλίμακα Vernier λειτουργεί σωστά. Πριν από τη μέτρηση, βεβαιωνόμαστε ότι η δαγκάνα διαβάζει 0 όταν κλείσει πλήρως.
- 2) Κλείνουμε τα ράμφη στο αντικείμενο που θέλουμε να μετρήσουμε. Ο υπολογισμός του ακέραιου μέρους της μέτρησης (σε mm) (εικόνα 4.2) γίνεται με τον έλεγχο της πρώτης γραμμής του βερνιέρου (δηλαδή η γραμμή του 0) ώστε να βρεθεί ποια γραμμή χιλιοστού έχει προσπεράσει και αυτό αποτελεί το ακέραιο μέρος της μέτρησης. Όσον αφορά τον υπολογισμό του κλάσματος του χιλιοστού της μέτρησης ελέγχουμε ποια γραμμή του βερνιέρου συμπίπτει ακριβώς με μια οποιαδήποτε γραμμή χιλιοστού. Η γραμμή που συμπίπτει αποτελεί το δεκαδικό μέρος της μέτρησης μας (εικόνα 4.3)



Εικόνα 4.2 : Βήμα 1



Εικόνα 4.3 : Βήμα 2

4.2 ΜΙΚΡΟΜΕΤΡΟ

4.2.1 Περιγραφή

Το μικρόμετρο βασίζεται στην αρχή του κοχλίας και του περικοχλίου. Άρα σε μια στροφή του κοχλίας έχουμε μετακίνηση ίση με ένα βήμα. Συνήθως το βήμα του κοχλίας είναι 0,5 mm και σπανίως 1 mm. Όταν βιδώνεται η ξεβιδώνεται ο κοχλίας τότε ο κινητός επαφείας πλησιάζει η απομακρύνεται από τον σταθερό . Η κίνηση αυτή γίνεται με την περιστροφή του κάλυκα εξωτερική επιφάνεια του περικοχλίου είναι διαμορφωμένη σε κυλινδρικό κανόνα και φέρει υποδιαιρέσεις σε mm ή in. Ο κάλυκας φέρει στην περιφέρεια υποδιαιρέσεις σε mm ή in αναλόγως προς το βήμα του κοχλίας. Όταν το βήμα του κοχλίας είναι 0,5 mm, ο κάλυκας φέρει 50 υποδιαιρέσεις και, όταν το βήμα του κοχλίας είναι 1 mm, ο κάλυκας φέρει 100 υποδιαιρέσεις.

Το μικρόμετρο αποτελείται από δυο μέρη:

A) Το σκελετό σε σχήμα πετάλου ο οποίος καταλήγει στην δεξιά του πλευρά σε κυλινδρική διατομή, όπου διαμορφώνεται το περικόχλιο Β, και στην αριστερή καταλήγει στον επαφέα η πέλμα Π.

B) Τον κινητό κοχλίας Α, ο οποίος καταλήγει στον επαφέα Π. Ενσωματωμένος στον κοχλίας Α είναι ο κάλυκας Κ, ο οποίος περιβάλλει το περικόχλιο Γ και στο άκρο φέρει ρικνωτό αναστολέα (καστάνια)



Εικόνα 4.4 : Μικρόμετρο

Μεθοδολογία :

- ∅ Τοποθέτηση του μικρομέτρου (χρήση του ασφαλιστικού για την κανονική σύσφιξη των επαφών).
- ∅ Ακινητοποίηση της κινητής επαφής.
- ∅ Ανάγνωση της ένδειξης.

4.2.2 Είδη μικρομέτρων:

Ανάλογα με το σύστημα μέτρησης

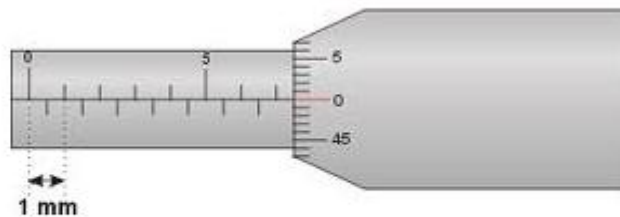
- ∅ Μικρόμετρα μετρικού συστήματος
- ∅ Μικρόμετρα αγγλοσαξονικού συστήματος

Ανάλογα με τις μετρούμενες διαστάσεις

- ∅ Μικρόμετρα για εσωτερικές διαστάσεις
- ∅ Μικρόμετρα για εξωτερικές διαστάσεις
- ∅ Μικρόμετρα βάρους

Μικρόμετρα μετρικού συστήματος

Μετρούν με ακρίβεια εκατοστού του χιλιοστόμετρου. Υπάρχουν μικρόμετρα με βήμα κοχλία ενός χιλιοστού και μικρόμετρα με βήμα μισού χιλιοστού. Οι υποδιαίρεσεις του κυλινδρικού κανόνα σε όλα τα μικρόμετρα απέχουν η μια από την άλλη τόσο, όσο είναι το βήμα.



Εικόνα 4.5 : Μικρόμετρο μετρικού συστήματος

Μικρόμετρα αγγλοσαξονικού συστήματος

Το βήμα του κοχλία είναι $1''/40 = 25/1000''$, άρα η υποδιαίρεση στον κανόνα είναι ίση με $0,025''$. Κάθε υποδιαίρεση που ισοδυναμεί με $0,100''$ σημειώνεται με τους αριθμούς 1-10. Ο κάλυκας έχει 25 υποδιαίρεσεις και έτσι κάθε υποδιαίρεση του ισούται με μετάθεση του κινητού επαφέα κατά $0,001$. Υπάρχουν όμως και μικρόμετρα ακριβείας $1/1000''$.

4.2.2 Είδη μικρομέτρων

Μικρόμετρα εξωτερικών διαστάσεων

Υπάρχει η εξής κλιμάκωση ως προς τα μεγέθη: 0-25 mm, 25-50, 75-100 mm η 0-1'', 1-2'', 2-3'', 3-4''. Τα μικρόμετρα με άνοιγμα μεγαλύτερο από 25 mm η 1'' συνοδεύονται και από πρότυπο μήκος, το οποίο ισούται με τη μικρότερη διάσταση του μικρομέτρου.



Εικόνα 4.6 : Μικρόμετρο εξωτερικών διαστάσεων

Μικρόμετρα εσωτερικών διαστάσεων

Για την μέτρηση εσωτερικών διαστάσεων υπάρχουν δυο είδη μικρομέτρων :

- Ø Με ράμφος
- Ø Με επιμηκυνόμενο κοχλία

Ο τύπος με ράμφος χρησιμοποιείται για διαστάσεις μέχρι 50 mm, ενώ για μεγαλύτερες διαστάσεις, χρησιμοποιείται ο τύπος με επιμηκυνόμενο κοχλία, ο οποίος δεν έχει ράμφη. Η επιθυμητή διάσταση μετριέται με την απόσταση των άκρων του μικρομέτρου.



Εικόνα 4.7 : Μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων με ράμφος



Εικόνα 4.8 : Μικρόμετρο εσωτερικών διαστάσεων με επιμηκυνόμενο κοχλία

Μικρόμετρα ψηφιακά

Στο μικρόμετρο αυτό η ένδειξη της μέτρησης αναγράφεται αυτομάτως σε ψηφιακή μορφή, το οποίο αποτελείται αναπόσπαστο κομμάτι του μικρομέτρου. Με τον αισθητήρα αποφεύγεται το λάθος από κακή ανάγνωση.



Εικόνα 4.9 : Ψηφιακό μικρόμετρο

Μικρόμετρα βάθους

Τα μικρόμετρα αυτά χρησιμοποιούνται, όταν θέλουμε να μετρήσουμε το βάθος μιας εσοχής ή την υψομετρική διαφορά δυο επιφανειών.



Εικόνα 4.10 : Μικρόμετρα βάθους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ



5.1 ΚΟΧΛΙΕΣ



Εικόνα 5.1 : Διάφορα ειδη Κοχλιών

5.1.1 Περιγραφή κοχλιών

Ο κοχλίας είναι το στοιχείο που χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο στις κατασκευές. Λόγο της πολύπλευρης ικανότητάς του τυποποιήθηκε ευρύτατα.

Ο κοχλίας στις εφαρμογές του αυτοκινήτου χρησιμοποιείται:

- Ως μέσο λυόμενης σύνδεσης (κοχλίας σύνδεσης ή σύσφιξης)
- Για τη δημιουργία προέκτασης (κοχλίας τάσης π.χ. για την ρύθμιση του ιμάντα).
- Ως ρυθμιστικός κοχλίας για την ρύθμιση του διακένου (π.χ. στις βαλβίδες).



Εικόνα 5.2 : Ονοματολογία του κοχλία

Ο κοχλίας αποτελείται από τον κορμό και την κεφαλή όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2. Ο κορμός αποτελείται από το τμήμα που φέρει το σπείρωμα και το τμήμα χωρίς σπείρωμα, δηλαδή τον αυχένα.

Οι πιο συνηθισμένοι κοχλίες έχουν εξαγωνική κεφαλή. Υπάρχουν όμως πολλών τύπων κεφαλές με βάση τις οποίες ταξινομούνται και οι κοχλίες όπως φαίνεται στο (σχήμα 5.1).

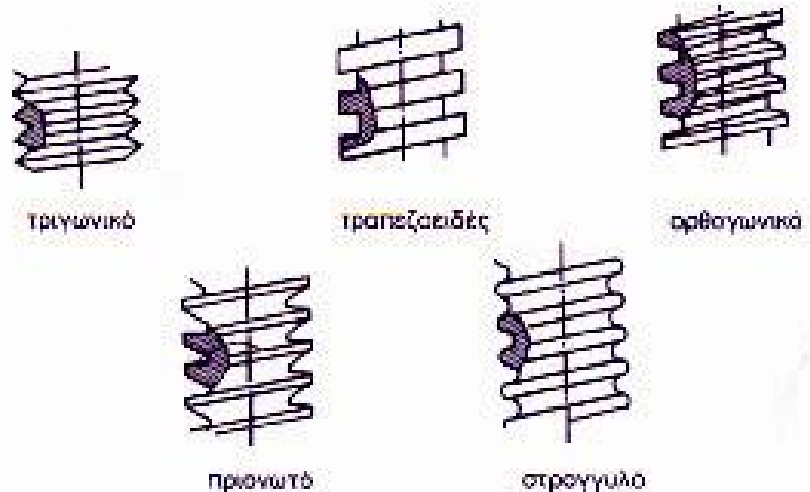


Σχήμα 5.1 : Τύποι κεφαλών

Γενικά για τα σπειρώματα

Αν φανταστούμε ότι έχουμε έναν κύλινδρο και γύρω από αυτόν τυλίξουμε μια ευθεία με γωνία κλίσης α τότε έχουμε δημιουργήσει ένα υποτυπώδες σπείρωμα στο (σχήμα 5.2) βλέπουμε διάφορα είδη σπειρωμάτων. Ένα σπείρωμα μπορεί να είναι:

- Τριγωνικό
- Τραπεζοειδές
- Ορθογωνικό
- Πριονωτό
- Στρογγυλό



Σχήμα 5.2 : Είδη σπειρωμάτων

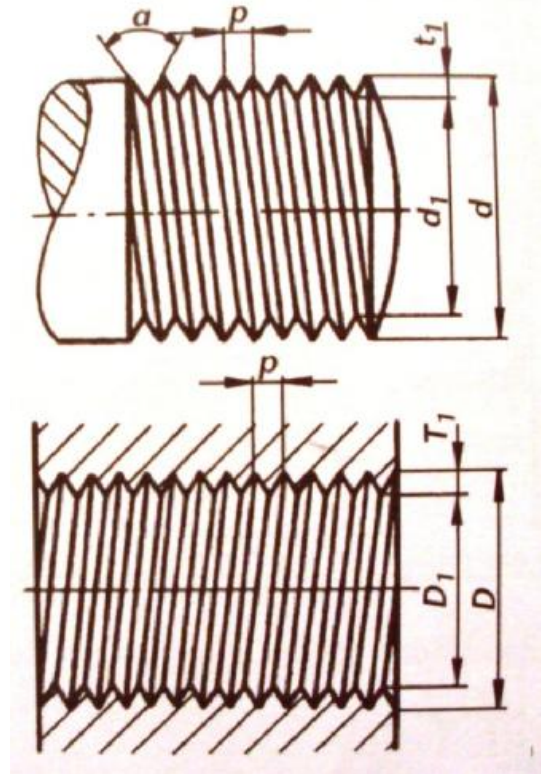
Τα σπειρώματα μπορεί να είναι αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα. Τα δεξιόστροφα είναι τα πιο συνηθισμένα. Μπορεί να έχουν μια αρχή, δύο ή περισσότερες. Τα σπειρώματα ακόμα διακρίνονται σε εξωτερικά ή εσωτερικά,

ανάλογα με τον προορισμό τους, δηλαδή εάν πρόκειται για σπείρωμα κοχλία ή περικοχλίου.

Για να μπορεί ένας κοχλίας να συνεργάζεται με το περικόχλιο, πρέπει οπωσδήποτε να συμφωνούν μερικές διαστάσεις των σπειρωμάτων τους.

Παρακάτω στα (σχήματα 5.3 και 5.4) βλέπουμε τις κυριότερες διαστάσεις κοχλία και περικοχλίου. Τα μικρά γράμματα αφορούν διαστάσεις σπειρώματος κοχλία και τα κεφαλαία αφορούν διαστάσεις σπειρώματος περικοχλίου.

d, D = ονομαστική διάμετρος ή εξωτερική
 d_i, D_i = εσωτερική διάμετρος του πυρήνα
 t_i, T_i, h_i = βάθος ή ύψος του σπειρώματος
 n, p = βήμα σπειρώματος
 a = γωνία κορυφής του σπειρώματος



Σχήματα 5.3 – 5.4 : Οι Κυριότερες διαστάσεις κοχλία περικόχλιου

αντίστοιχα

5.1.2 Κατηγορίες- τύποι σπειρωμάτων

Τριγωνικό σπείρωμα

Για κοχλίες σύνδεσης ή σύσφιξης χρησιμοποιείται το τριγωνικό σπείρωμα. Τα πιο συνηθισμένα τριγωνικά σπειρώματα είναι:

- **Το μετρικό (M)**. Η γωνία κορυφής σε αυτό είναι 60° και όλες του οι διαστάσεις σε (mm). Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κατά κανόνα μετρικά σπειρώματα. Το μετρικό σπείρωμα κατασκευάζεται σε τρεις εκτελέσεις:
 1. Λεπτό (f): Για σπειρώματα μεγάλης ακρίβειας. Έχουν μικρότερο πραγματικό βάρος και μικρότερο βήμα σε σχέση με το μέσο σπείρωμα και έτσι έχουν 15% υψηλότερη αντοχή αλλά μεγαλύτερο κόστος.
 2. Μέσο, κανονικό (m): Για γενική χρήση. Είναι αυτό που συνήθως χρησιμοποιείται, εκτός εάν θέλουμε σπείρωμα για ειδική χρήση.
 3. Χονδρό (g): Αν δεν υπάρχουν προδιαγραφές για την ακρίβεια.
- **Whitworth (W, R)** (Αγγλικό): Γωνία κορυφής σε αυτό είναι 55° και όλες οι διαστάσεις σε ίντσες (''). Χρησιμοποιείται στις Αγγλοσαξονικές και Σκανδιναβικές χώρες.
- **Αμερικάνικο (sellers)**: Γωνία κορυφής $\alpha = 60$ μοίρες.

5.1.3 Τυποποιήσεις κοχλιών

Για την επίτευξη της εναλλαξιμότητας στους κοχλίες και τα περικόχλια έγινε μια παραδοχή. Ότι δηλαδή σε ορισμένη διάμετρο θα αντιστοιχεί πάντα το ίδιο βήμα. Έτσι έχουν συνταχθεί πίνακες, που μας δίνουν το βήμα και άλλες διαστάσεις του σπειρώματος που αντιστοιχούν σε κάθε τυποποιημένη διάμετρο. Βλέπε (πίνακες 5.1, 5.2, 5.3).

Πίνακας 5.1 :		Τριγωνικό μετρικό σπείρωμα κατά ISO – DIN 13-1							
Διαστάσεις σε mm									
		Όνομαστική διάμετρος		d=D		Βήμα σπειρώματος		P	
		Γωνία σπειρώματος		60°		Μέση διάμετρος σπειρώματος		d ₂ =D ₂ =d-0,6495·P	
Εσωτερική διάμετρος:		Κοχλία		d ₃ =d-1,2269·P		Περίκοχλιου		D ₁ =d-1,0825·P	
Βάθος σπειρώματος:		Κοχλία		h ₃ =0,6134·P		Περίκοχλιου		H ₁ =0,5413·P	
Ακτίνα καμπυλότητας		R=0,1443·P							
Διατομή σπειρώματος		A _s = $\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$							
Όνομασία	Βήμα	Μέση διάμετρος	Εσωτερική διάμετρος (πυρήνα)		Βάθος σπειρώματος		Καμπυλότητα	Διάμετρος οπής	Διατομή
			Κοχλία	Περίκοχλιου	Κοχλία	Περίκοχλιου			
d=D	P	D ₂ =d ₂	d ₃	D ₁	h ₃	H ₁	R	-	A _s
M 1	0,25	0,838	0,693	0,729	0,153	0,135	0,036	1,2	0,46
M 1,2	0,25	1,038	0,893	0,929	0,153	0,135	0,036	1,4	0,73
M 1,6	0,35	1,373	1,170	1,221	0,215	0,189	0,051	1,8	1,27
M 2	0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217	0,058	2,4	2,07
M 2,5	0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,244	0,065	2,9	3,39
M 3	0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	0,072	3,4	5,03
M 4	0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	0,101	4,5	8,73
M 5	0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433	0,115	5,5	14,2
M 6	1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	0,144	6,6	20,1
M 8	1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	0,180	9	36,6
M 10	1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	0,217	11	58,0
M 12	1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	0,253	13,5	84,3
M 16	2	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	0,289	17,5	157
M 20	2,5	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	0,361	22	245
M 24	3	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624	0,433	26	353
M 30	3,5	27,727	25,706	26,211	2,147	2,894	0,505	33	561
M 36	4	33,402	31,093	31,670	2,454	2,165	0,577	39	817
M 42	4,5	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436	0,650	45	1120
M 48	5	44,752	41,866	42,587	3,067	2,706	0,722	52	1470
M 56	5,5	52,428	49,252	50,046	3,374	2,977	0,794	62	2030
M 64	6	60,103	56,639	57,505	3,681	3,248	0,866	70	2680

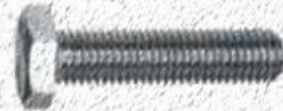
Πίνακας 5.2 : Κοχλίες με εξαγωνική κεφαλή κατά DIN EN 24014, 24017, 28676, 28765

Διαστάσεις σε mm

DIN24014

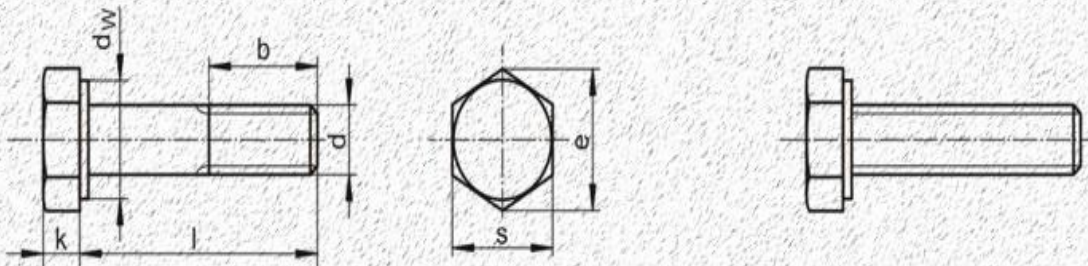


DIN24017



DIN24014, DIN28765

DIN24017, DIN28676



d		M3	M4	M5	M6	M8 8x1	M10 10x1,25	M12	M16	M20	M24	M30 30x2	
e		6,1	7,7	8,9	11	14,4	18,9	21,1	26,8	33,5	40	50,8	
s		5,5	7	8	10	13	17/16	19/18	24	30	36	46	
k		2	2,8	3,5	4	5,5	7	8	10	13	15	18,7	
dw		4,6	5,9	6,9	8,9	11,6	14,6	16,6	22,5	28,2	33,6	42,8	
14014 28765	b	12	14	16	18	22	26	30	38	46	54	66	
	l	από	13	25	25	30	40	45	50	65	80	90	110
		έως	30	40	50	60	80	100	120	160	200	240	300
24017 28676	b	Σπείρωμα σε όλο το μήκος του κορμού του κοχλία											
	l	από	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50	60
		έως	30	40	50	60	80	100	120	200	200	200	200

Τυποποιημένη διαβαθμηση των μηκών l : 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 έως 80mm ανά 5mm και από 80mm έως 200mm ανά 10mm

Πίνακας 5.3 : Κοχλίες με κυλινδρική κεφαλή Allen DIN EN ISO 4762, DIN 7984

Διαστάσεις σε mm

d	M3	M4	M5	M6	M8 8x1	M10 10x1,25	M12 12x1,25	M14 14x1,5	M16 16x1,5	M20 20x1,5	M24 24x2	
dk	5,5	7	8,5	10	13	16	18	21	24	30	36	
DIN EN ISO 4762	s	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	17	
	k	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	
	b	18	20	22	24	28	32	36	40	44	52	
	l	από	25	30	30	35	40	45	55	65	65	80
		έως	30	40	50	60	80	100	120	140	160	200
b	Σπείρωμα σε όλο το μήκος του κορμού του κοχλίου											
l	από	5	6	8	10	12	16	20	20	25	30	
	έως	20	25	25	30	35	40	50	50	60	70	
DIN 7984	s		2,5	3	4	5	7	8	10	12	14	
	k		2,8	3,5	4	5	6	7	8	9	11	
	b	12	14	16	18	22	26	30	34	38	46	
	l	από	5	5	10	10	16	16	20	30	30	40
έως		20	25	30	40	60	70	80	80	80	100	

Τυποποιημένη διαβάθμιση των μηκών l : 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 έως 80mm ανά 5mm και από 80mm έως 120mm ανά 10mm

Αναπτυσσόμενες τάσεις

Κατά την σύσφιξη ο κοχλίας καταπονείται σε εφελκυσμό και τα εξαρτήματα σε θλίψη. Το περικόχλιο επίσης θλίβεται. Οι δυνάμεις που καταπονούν τον κοχλίο είναι εφελκυστικές και θλιπτικές. Έτσι το σπείρωμα καταπονείται σε κάμψη. Στην περίπτωση που οι τάσεις ξεπεράσουν τα επιτρεπτά όρια και το σπείρωμα υποστεί μόνιμες παραμορφώσεις οι κατασκευαστές έχουν προνοήσει ώστε το υλικό του περικοχλίου να είναι μικρότερης αντοχής. Η αντικατάσταση του περικοχλίου είναι ευκολότερη σε περίπτωση καταστροφής της σύνδεσης.

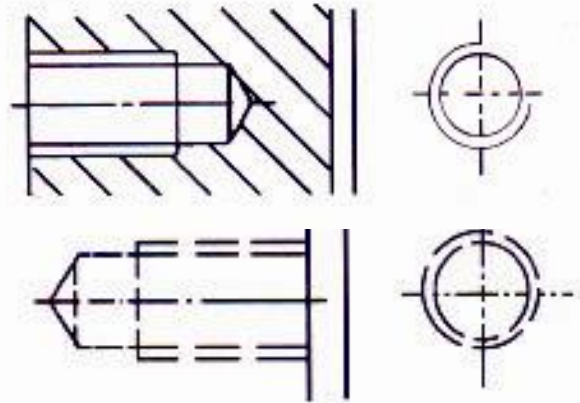
5.1.4 Υλικό κατασκευής

Κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβες που σπάνε δύσκολα με διαφορετική αντοχή. Για ελαφρές κατασκευές χρησιμοποιούνται κράματα αργιλίου. Για σύνδεση βαρέων κατασκευών χρησιμοποιούνται ειδικοί τύποι χαλύβων.

5.1.5 Σχεδίαση κοχλιών

A. Σχεδίαση κορμού

- Το σπείρωμα σχεδιάζεται με συνεχή γραμμή.
- Το τέλος του σπειρώματος σχεδιάζεται με συνεχή γραμμή.
- Το καλυμμένο από κάποιο αντικείμενο σπείρωμα σχεδιάζεται με διακεκομμένη γραμμή.
- Στην πλάγια όψη το σπείρωμα καλύπτει τα $\frac{3}{4}$ της περιφέρειας.
- Στην πλάγια όψη το καλυμμένο από κάποιο αντικείμενο σπείρωμα σχεδιάζεται ολόκληρος κύκλος βλέπε (σχήμα 5.5).



Σχήμα 5.5 : Σχεδίαση κορμού και πλάγιας όψης

Όπου:

K= το ύψος τη κεφαλής του κοχλία

E= το ύψος του περικοχλίου

S= η απόσταση μεταξύ των δύο απέναντι πλευρών

P= η απόσταση μεταξύ των δύο απέναντι γωνιών

B. Σχεδίαση της κεφαλής

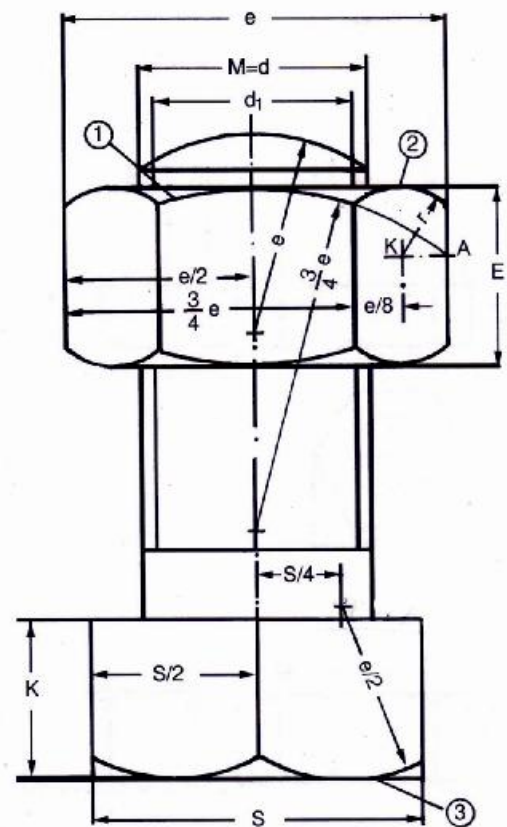
Τα καμπύλη τμήματα της κεφαλής του κοχλία χαράζονται σαν τόξα βλέπε (σχήμα 5.6).

Για την πρόοψη έχουμε:

- Χαράζουμε τις z κάθετες γραμμές, που κάθε μια έχει μήκος στον άξονα x ίσο με $e/4$.
- Το τόξο 1 χαράσσεται με ακτίνα $r_2 = 3/4e$. Η προέκτασή του, τέμνει την κάθετη ακμή του περικοχλίου στο σημείο A.
- Από το A χαράσσουμε μια οριζόντια γραμμή με διεύθυνση προς την κεφαλή.
- Μετά χωρίζουμε το ακριανό κομμάτι $e/4$ στη μέση και βρίσκουμε το σημείο k που είναι το κέντρο του τόξου 2.

Για την πλάγια όψη:

- Τα τόξα 3 σχεδιάζονται με ακτίνα $e/2$, που το κέντρο της απέχει από τον άξονα του κοχλία $s/4$.



Σχήμα 5.6 : Σχεδίαση κεφαλής και περικοχλίου

5.1.6 Κοχλίες του κινητήρα E10.

Οι κοχλίες αποτελούν ένα καθιερωμένο στοιχείο σύνδεσης. Έτσι στο παράρτημα των σχεδίων στα σχέδια με αριθμό 3 και 4, που αποτυπώνουν τις όψεις του κινητήρα, μπορούμε να διακρίνουμε όλους τους κοχλίες που συγκρατούν τα εξαρτήματα που αυτός αποτελείτε. Οι κοχλίες του κινητήρα E10 δεν αποτυπώθηκαν με την μορφή ξεχωριστών σχεδίων καθώς οι διαστάσεις τους είναι τυποποιημένες.

Παρακάτω δίνονται οι τυποποιημένες διαστάσεις των κοχλιών του κινητήρα

- 8 κοχλίες για την στερέωση της κεφαλής κατά DIN Z4014, M1Z, L90
- 5 κοχλίες πιανόλας κατά DIN Z4014, M8, L50 4 κοχλίες για το καπάκι του εκκεντροφόρου (πλευρά γρاناζιών) κατά DIN Z4014, M6, L38
- 7 κοχλίες για το καπάκι του στροφάλου (πλευρά γρاناζιών) κατά DIN Z4014, M6, L40
- 5 κοχλίες για το καπάκι του στροφάλου (αντίθετης πλευράς από τα γρανάζια) κατά DIN Z4014, L30
- 8 κοχλίες για το γρανάζι του εκκεντροφόρου κατά DIN Z4017, M8, L38
- 1 κοχλίας για το γρανάζι του στροφάλου κατά DIN Z4017, M12, L50
- 8 κοχλίες ακριβείας μπιέλας.
- 10 κοχλίες για τα κελύφη του στροφάλου κατά DIN Z4014, M10, L80
- 2 κοχλίες για την αντλία λαδιού κατά DIN Z4017, M6, L40
- 8 κοχλίες για το κάρτερ κατά DIN Z4017, M6, L40

5.2 ΠΕΡΙΚΟΧΛΙΑ



Εικόνες 5.3 – 5.4 : Διάφορα είδη περικοχλίων

5.2.1 Περιγραφή

Το περικόχλιο ή παξιμάδι είναι ένα στοιχείο κυκλικής διατομής που στο εσωτερικό του φέρει σπείρωμα, και το εξωτερικό του είναι έτσι διαμορφωμένο ώστε να μπορεί με το κατάλληλο εργαλείο να του εφαρμοσθεί μεγάλη ροπή σύσφιξης βλέπε (εικόνες 5.3 και 5.4) και (πίνακας 5.4).

Το σπείρωμα του περικοχλίου ταιριάζει με αυτό του κοχλία για να μπορούν να συνεργαστούν.

5.2.2 Τύποι περικοχλίων

Πίνακας 5.4 : Τύποι περικοχλίων

			
Εξαγωνικό	Ασφαλείας	Μειωμένου βάρους	Ασφαλείας μειωμένου βάρους
			
Πεταλούδα	Καπελωτό	Με ροδέλα	Ασφαλείας
			
Για ξύλο	Τετράγωνο		

5.2.3 Τυποποίηση περικοχλίων

Πίνακας 5.5 : Περικόχλια κατά DIN EN 24032, 24034, 24035, 24036, 28673, 28675 και DIN 985

Διαστάσεις σε mm

	ISO 4032, 4034, 8673		ISO 4036		ISO 4035, 8675			DIN 985		
d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
d_{xp} 28673 28675					8x1	10x1	12x1,5	16x1,5	20x2	24x2
m₁	2,4	3,2	4,7	5,2	6,8	8,4	10,4	14,8	18	21,5
m₂	1,4	1,8	2,3	2,7	3,5	4,5	-	-	-	-
m₃	1,8	2,2	2,7	3,2	4	5	6	8	10	12
m₄	-	-	-	-	4	5	6	8	10	12
m₄	2,4	2,9	3,2	4	5,5	6,5	8	10,5	14	15
h	4	5	5	6	8	10	12	16	20	24
l₁	6	7,7	8,8	11	14,4	18,9	21,1	26,8	33	39,6
l₂	5,9	7,5	8,6	11	14	18,7	-	-	-	-
s	5,5	7	8	10	13	16	18	24	30	36

5.2.4 Περικόχλια του κινητήρα E10

Τα περικόχλια του κινητήρα δεν σχεδιαστήκαν σε ξεχωριστά σχέδια για τους λογούς που ισχύουν και για τους κοχλίες. Δηλαδή το ότι όλα τα περικόχλια βρίσκονται αποτυπωμένα στα συγκεντρωτικά σχέδια του κινητήρα με αριθμό 3,4 και οι διαστάσεις τους άλλωστε είναι τυποποιημένες.

Τα περικόχλια που απαρτίζουν τον κινητήρα έχουν τις εξής τυποποιήσεις:

2 περικόχλια για το καπάκι κατά DIN 985, M8

1 περικόχλιο για τον τανιστήρα ιμάντα κατά DIN 4032, M8

8 περικόχλια για τις μπιέλες κατά DIN 4032, M8

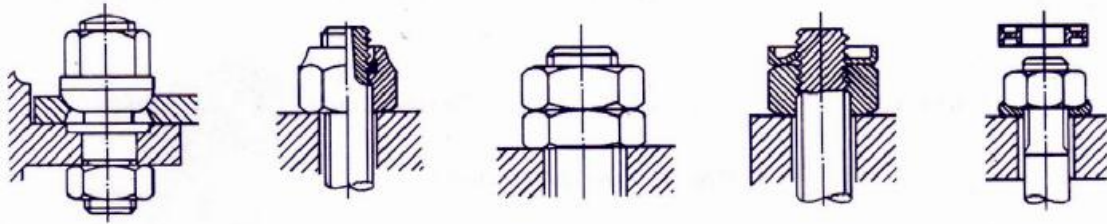
8 περικόχλια για τα ζύγωθρα, κοκοράκια (ρύθμιση του διάκενου) κατά DIN 4035, M8

5.3 Ασφάλειες

Στις συνδέσεις με κοχλίες υπάρχει ο κίνδυνος να λυθεί (ξεβιδωθεί) το περικόχλιο. Αυτό μπορεί να συμβεί εξαιτίας των ταλαντώσεων και των κραδασμών των διάφορων κινούμενων εξαρτημάτων μιας μηχανής.

Η ασφάλιση του περικοχλίου (σχήμα 5.7), γίνεται με δύο τρόπους:

- Ασφάλειες που ασφαλίζουν λόγω μορφής βλέπε
- Ασφάλειες που ασφαλίζουν λόγω δυνάμεων που δημιουργούν.



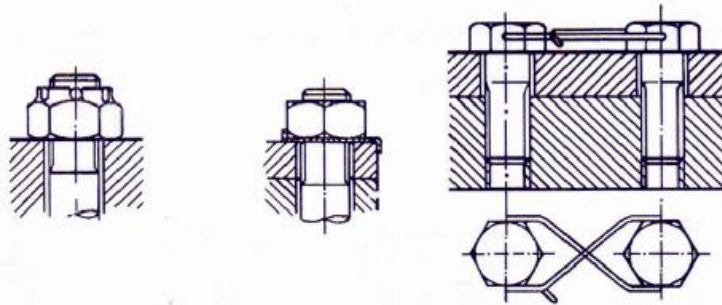
κωνική επαφή

αυτοασφαλιζόμενο
περικόχλιο

αντιπερικόχλιο

ασφαλιστικό
περικόχλιο

Dubo



ασφαλιστική περόνη

έλασμα

σύρματα

Σχήμα 5.7 : Ασφάλειες περικοχλίων


5.4 Ροδέλες

Μεταξύ της κεφαλής του κοχλία ή του περικοχλίου και του εξαρτήματος τοποθετούνται οι ροδέλες στην περίπτωση που το υλικό των συνδεόμενων εξαρτημάτων είναι μαλακό ή η επιφάνεια επαφής ανώμαλη ή αν αυτή είναι λειασμένη, επινικελωμένη και δεν πρέπει να πληγωθεί.

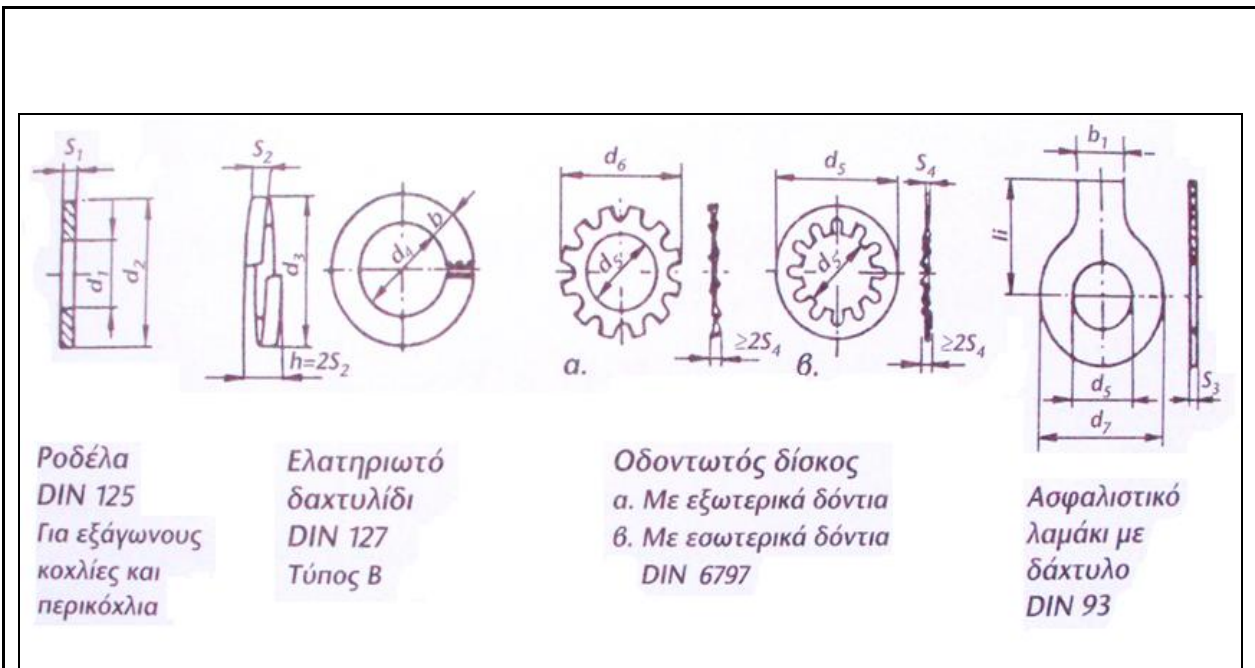
Μια άλλη παραλλαγή των ροδελών είναι το γκρόβερ ή αλλιώς ροδέλα ασφαλείας βλέπε (πίνακας 5.11).

Το γκρόβερ μπορεί να συνδυάσει μερικά από τα ωφέλη των ροδελών και παράλληλα λόγω της μορφής του, όταν συσφιχθεί δημιουργεί δυνάμεις, λειτουργώντας σαν ασφάλεια.

Πίνακας 5.6 : Τύποι ροδελών και γκρόβερ

	Flat Washer		Nood-Lock Washer
	Spring Washer		Cup Washer
	Internal Tooth Washer		Contact Washer
	External Tooth Washer		Wave Washer
	Overlap Washer Internal		Curved Washer
	Overlap Washer External		Serrated Locked Washer For Flat Hd Screw
	Two Tongue Washer		Contact Washer with Pilot Point
	Taper Washer		Conical Spring Washer
	Disc Spring Washer		

Πίνακας 5.7 : Τυποποίηση ροδελών



d	b	b1	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	I1	s1	s2	s4	s3
M4	1,5	5	4,3	9	7,6	4,1	4,3	8	14	14	0,8	0,9	0,5	0,38
M5	1,8	6	5,3	10	9,2	5,1	5,1	9	17	16	1	1,2	1	0,5
M6	2,5	7	6,4	12,5	11,8	6,1	6,4	11	19	18	1,6	1,6	1	0,5
M8	3	8	8,4	17	14,8	8,1	8,2	14	22	20	1,6	2	1,6	0,75
M10	3,5	10	10,5	21	18,1	10,2	10,5	18	26	22	2	2,2	1,6	0,75
M12	4	12	13	24	21,1	12,2	12,5	20,5	32	28	2,5	2,5	1,6	1
M16	5	15	17	30	27,4	16,2	16,5	26	40	32	3	3,5	1,6	1
M20	6	18	21	37	33,6	20,2	21	33	45	36	3	4	1,6	1
M24	7	20	25	44	40	24,5	25	38	50	42	4	5	1,6	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΛΙΣΗΣ (ΡΟΥΛΕΜΑΝ)



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Συνοπτικό σχέδιο με αριθμό 1

6.1 Περιγραφή



Εικόνα 6.1 : Διάφοροι τύποι εδράνων κύλισης

Τα ρουλεμάν είναι στοιχεία στήριξης για περιστρεφόμενα και ταλαντευόμενα μέρη, όπως π.χ. άξονες, άτρακτοι κλπ.

Τα ρουλεμάν έχουν υψηλότερο συντελεστή απόδοσης από τους τριβείς ολίσθησης, παρουσιάζουν δηλαδή από δέκα έως χίλιες φορές μικρότερες τριβές. Ταυτόχρονα μπορούν να εργασθούν σε συνθήκες, χωρίς εξωτερική λίπανση (αυτολιπαινόμενα) και τα μεγέθη τους είναι διεθνώς τυποποιημένα.

Τα ρουλεμάν βέβαια είναι ακριβότερα από τα έδρανα ολίσθησης, λίγο πιο θορυβώδη κατά την λειτουργία τους, και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παντού (για παράδειγμα στους στροφείς του στροφαλοφόρου άξονα πρέπει να τοποθετηθούν έδρανα ολίσθησης και μάλιστα διαχωριζόμενα).

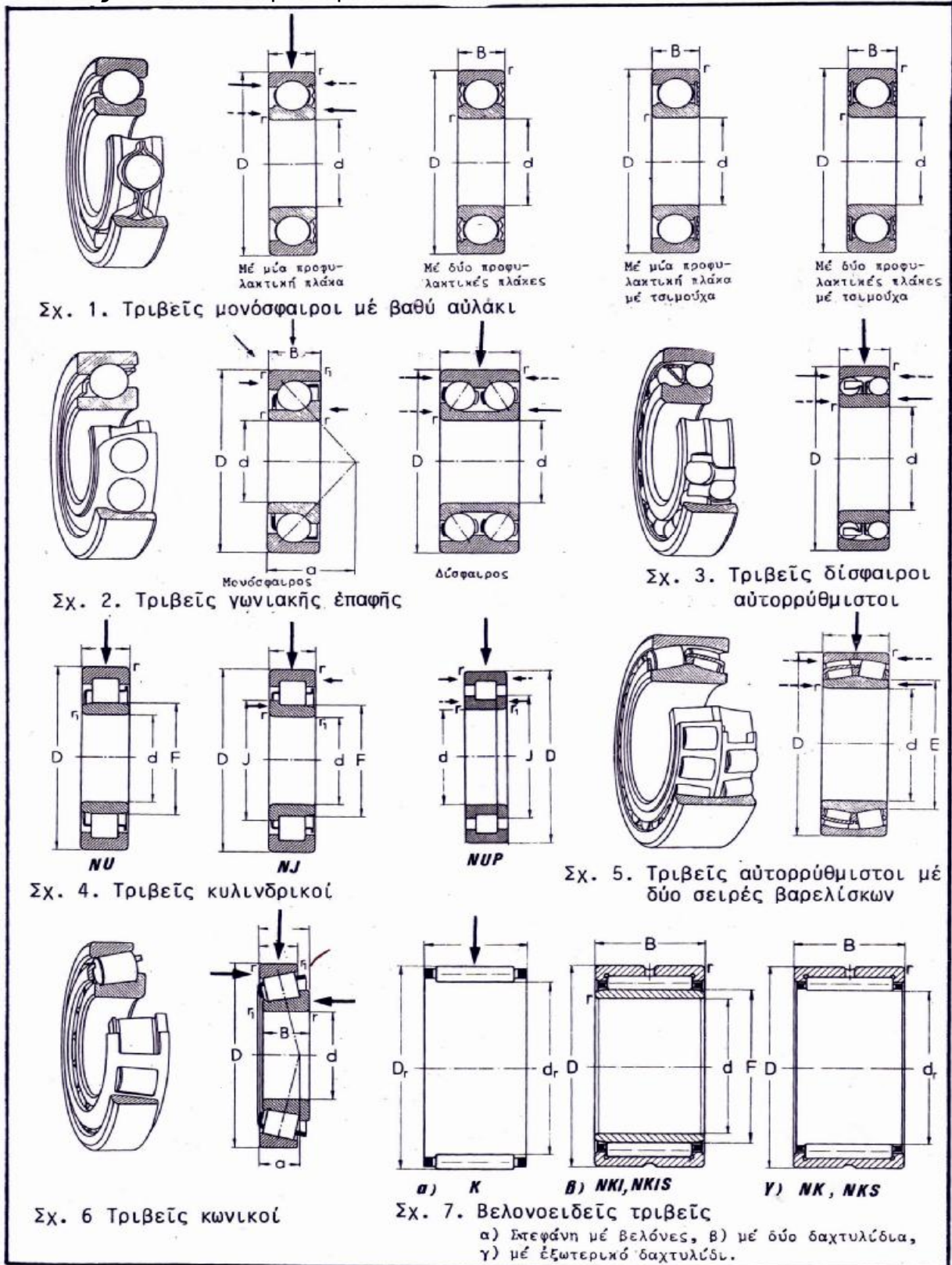


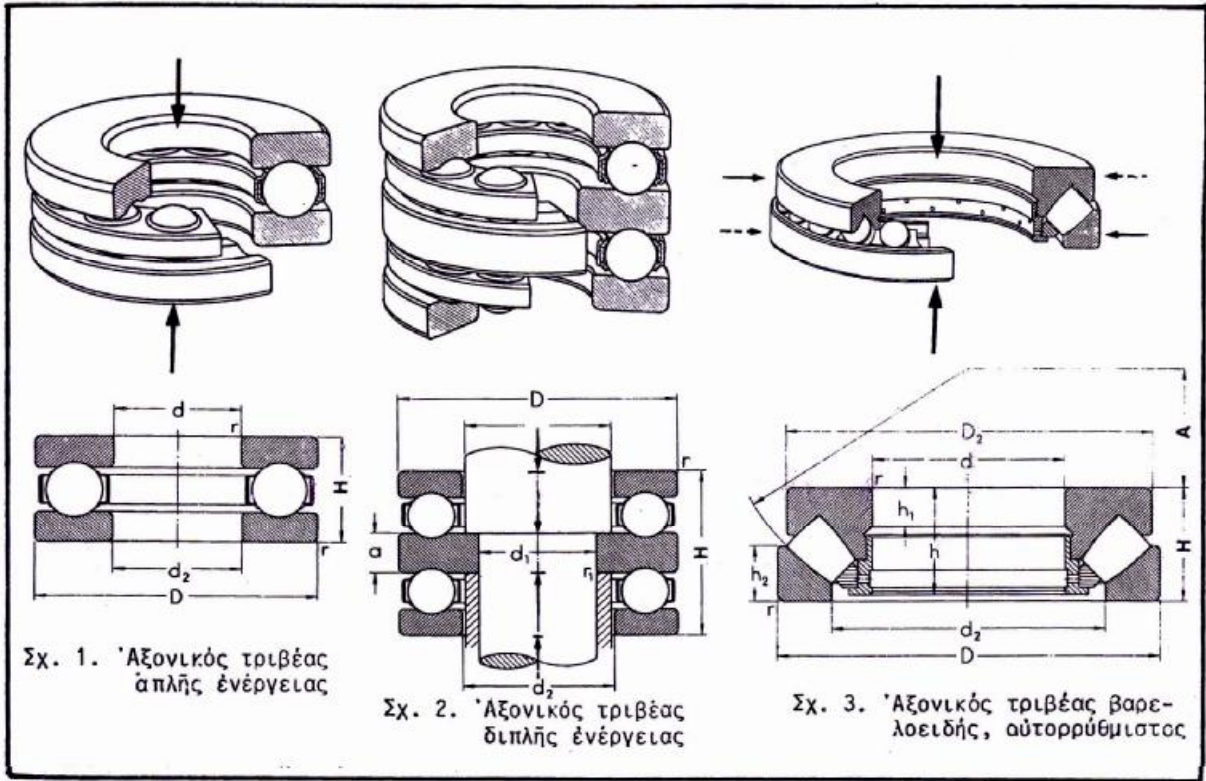
Εικόνα 6.2 : Ονοματολογία ρουλεμάν

6.2 Είδη ρουλεμάν και εφαρμογές τους

Ανάλογα με την επίδραση των δυνάμεων επάνω στα ρουλεμάν αυτά διακρίνονται σε ακτινικά ρουλεμάν όπως φαίνεται στον (πίνακας 6.1) για την παραλαβή ακτινικών φορτίων) και σε αξονικά ρουλεμάν βλέπε (πίνακας 6.2) για την παραλαβή αξονικών φορτίων).

Πίνακας 6.1 : Ακτινικά ρουλεμάν





Σχ. 1. Άξονικός τριβέας απλής ενέργειας

Σχ. 2. Άξονικός τριβέας διπλής ενέργειας

Σχ. 3. Άξονικός τριβέας βαρελοειδής, αὐτορρυθμιζόμενος

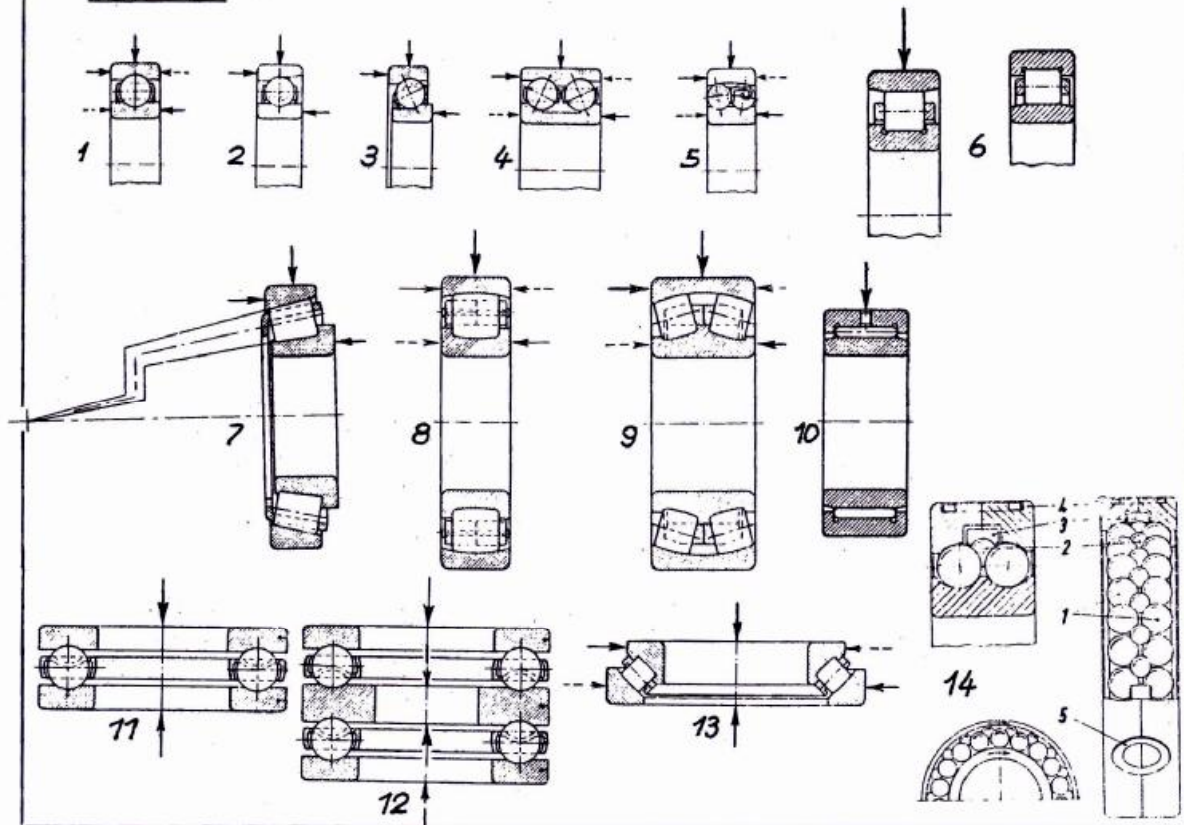
Λειτουργικές απαιτήσεις	Είδη ρουλεμάν - δυνατότητες, περιορισμοί													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ακτινική δύναμη	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	◐	●	●
αξονική δύναμη	●	●	●	●	◐	○	●	◐	●	○	●	●	●	●
δια σφάλματα ευθυγραμμίσεως	◐	◐	○	○	●	○	○	●	●	○	○	○	●	○
ρύθμισις χάρης	○	●	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	●	○
διαίρουμένο	○	●	●	○	○	●	●	○	○	●	●	●	●	○
μεγάλης ακριβείας	●	●	●	○	○	●	●	○	○	◐	●	○	○	●
υψηλές στροφές	●	●	●	◐	○	◐	◐	○	○	○	○	○	○	●
μεγάλα φορτία	◐	◐	◐	●	◐	●	●	●	●	◐	●	●	●	●
αθόρυβος λειτουργία	●	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	◐
στερέωσις με δακτύλιο	◐	○	○	○	●	◐	○	●	●	○	○	○	○	○

● χρήση χωρίς περιορισμούς

◐ χρήση υπό όρους

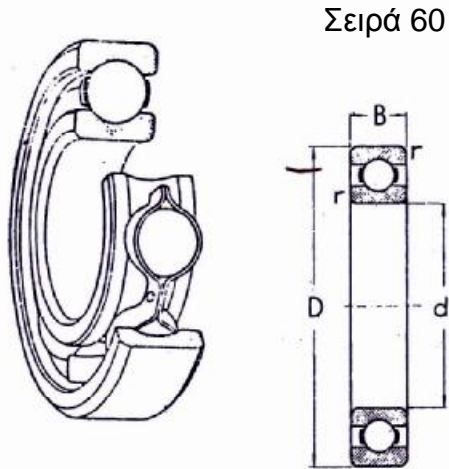
○ δεν χρησιμοποιείται

Είδη ρουλεμάν



6.3 Τυποποιήσεις των ρουλεμάν

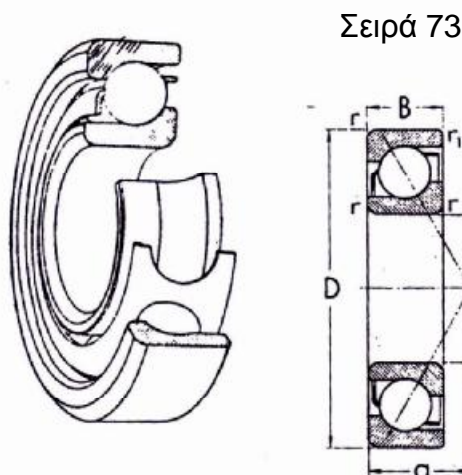
Τα ρουλεμάν χαρακτηρίζονται συνήθως από πέντε αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στο τι είδος είναι το ρουλεμάν. Ο δεύτερος αριθμός αναφέρεται στην “σειρά” πλάτους (για ακτινικά)- ύψους (για αξονικά). Ο τρίτος αναφέρεται στην “σειρά” της εξωτερικής διαμέτρου. Οι δύο τελευταίοι αριθμοί πολλαπλασιαζόμενοι επί 5 μας δίνουν την διάμετρο του εσωτερικού δακτυλίου. Στους πίνακες 6.5 έως 6.9 παρίστανται οι τυποποιήσεις των ρουλεμάν.



Πίνακας 6.4: Τυποποίηση μονόσφαιρων

Αριθμός Τριβέα	[mm] ρουλεμάν			
	d	D	B	r ≈
6000	10	26	8	0,5
01	12	28	8	0,5
02	15	32	9	0,5
6003	17	35	10	0,5
04	20	42	12	1
05	25	47	12	1
6006	30	55	13	1,5
07	35	62	14	1,5
08	40	68	15	1,5
6009	45	75	16	1,5
10	50	80	16	1,5
11	55	90	18	2
6012	60	95	18	2
13	65	100	18	2
14	70	110	20	2
6015	75	115	20	2
16	80	125	22	2
17	85	130	22	2
6018	90	140	24	2,5
19	95	145	24	2,5
20	100	150	24	2,5
6021	105	160	26	3
22	110	170	28	3
24	120	180	28	3
6026	130	200	33	3
28	140	210	33	3
30	150	225	35	3,5

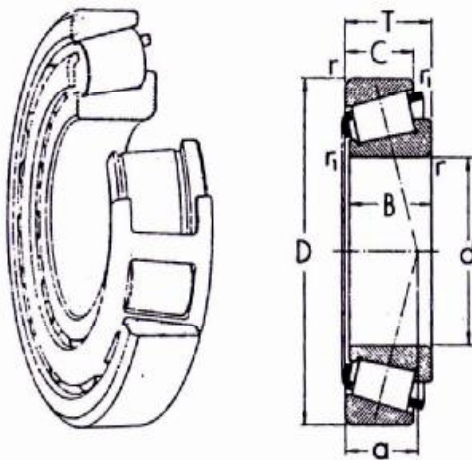
Πίνακας 6.5 : τυποποίηση μονόσφαιρων ρουλεμάν γωνιώδους επαφής



Αριθμός Τριβέα	[mm]					
	d	D	B	r ≈	r ₁ ≈	a ≈
7303	17	47	14	1,5	0,8	16
04	20	52	15	2	1	18
05	25	62	17	2	1	21
7306	30	72	19	2	1	25
07	35	80	21	2,5	1,2	27
08	40	90	23	2,5	1,2	30
7309	45	100	25	2,5	1,2	33
10	50	110	27	3	1,5	37
11	55	120	29	3	1,5	40
12	60	130	31	3,5	2	43
7313	65	140	33	3,5	2	46
14	70	150	35	3,5	2	49
15	75	160	37	3,5	2	52
7316	80	170	39	3,5	2	55
17	85	180	41	4	2	59
18	90	190	43	4	2	62
7319	95	200	45	4	2	65
20	100	215	47	4	2	69
21	105	225	49	4	2	72
22	110	240	50	4	2	75

Πίνακας 6.6 : Τυποποίηση Κωνικών ρουλεμάν

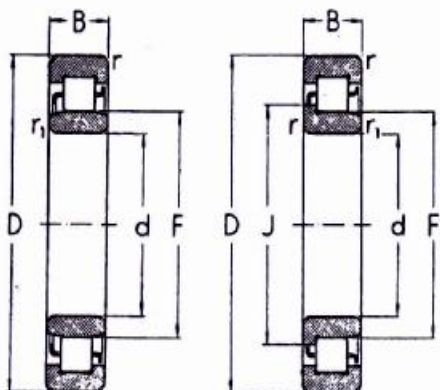
Σειρά 322



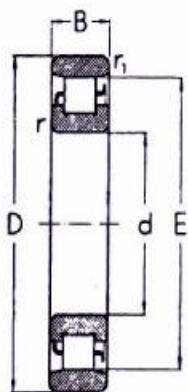
Αριθ. Τριβέα	[mm]								
	d	D	B	C	T		r	r ₁	α
					max.	min.			
32206	30	62	20	17	21,5	21	1,5	0,5	15
07	35	72	23	19	24,5	24	2	0,8	18
08	40	80	23	19	25	24,5	2	0,8	19
32209	45	85	23	19	25	24,5	2	0,8	20
10	50	90	23	19	25	24,5	2	0,8	21
11	55	100	25	21	27	26,5	2,5	0,8	22
32212	60	110	28	24	30	29,5	2,5	0,8	24
13	65	120	31	27	33	32,5	2,5	0,8	26
14	70	125	31	27	33,5	33	2,5	0,8	28
32215	75	130	31	27	33,5	33	2,5	0,8	29
16	80	140	33	28	35,5	35	3	1	30
17	85	150	36	30	39	38	3	1	33
32218	90	160	40	34	43	42	3	1	36
19	95	170	43	37	46	45	3,5	1,2	38
20	100	180	46	39	49,5	48,5	3,5	1,2	41
32221	105	190	50	43	53,5	52,5	3,5	1,2	44
22	110	200	53	46	56,5	55,5	3,5	1,2	46
24	120	215	58	50	62	61	3,5	1,2	52

Σειρά NU2

Σειρά NJ2



Σειρά N2



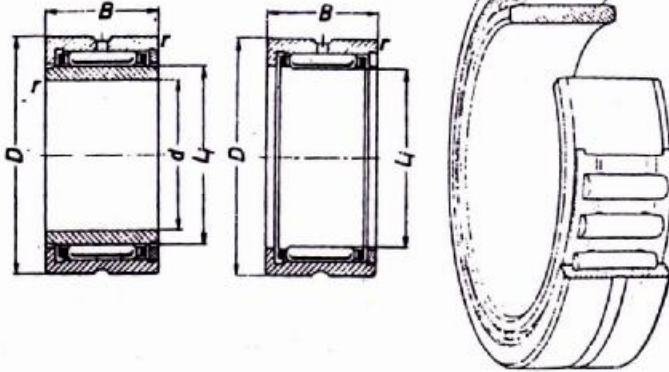
Πίνακας 6.7 : Τυποποίηση κυλινδρικών ρουλεμάν

Αριθ. Τριβέα			(mm)							
			d	D	B	E	F	J	r	r ₁
NU 204	NJ 204	N 204	20	47	14	40	27	30	1,5	1
205	205	205	25	52	15	45	32	35	1,5	1
206	206	206	30	62	16	53,5	38,5	41,8	1,5	1
NU 207	NJ 207	N 207	35	72	17	61,8	43,8	47,6	2	1
208	208	208	40	80	18	70	50	54,2	2	2
209	209	209	45	85	19	75	55	59	2	2
NU 210	NJ 210	N 210	50	90	20	80,4	60,4	64,6	2	2
211	211	211	55	100	21	88,5	66,5	70,8	2,5	2
212	212	212	60	110	22	97,5	73,5	78,4	2,5	2,5
NU 213	NJ 213	N 213	65	120	23	105,6	79,6	84,8	2,5	2,5
214	214	214	70	125	24	110,5	84,5	89,6	2,5	2,5
215	215	215	75	130	25	116,5	88,5	94	2,5	2,5
NU 216	NJ 216	N 216	80	140	26	125,3	95,3	101,2	3	3
217	217	217	85	150	28	133,8	103,8	108,2	3	3
218	218	218	90	160	30	143	107	114,2	3	3
NU 219	NJ 219	N 219	95	170	32	151,5	113,5	121	3,5	3,5
220	220	220	100	180	34	160	120	128	3,5	3,5
221	221	221	105	190	36	168,8	126,8	135	3,5	3,5
NU 222	NJ 222	N 222	110	200	38	178,5	132,5	141,5	3,5	3,5
224	224	224	120	215	40	191,5	143,5	153	3,5	3,5
226	226	N 226	130	230	40	204	156	165,5	4	4
NU 228	NJ 228	N 228	140	250	42	221	169	179,5	4	4
230	230	230	150	270	45	238	182	193	4	4
232	232	232	160	290	48		195	207	4	4
234	234	234	170	310	52		208	220,5	5	5
NU 236	NJ 236		180	320	52		218	230,5	5	5
238	238		190	340	55		231	244,5	5	5
240	240		200	360	58		244	258	5	5
NU 244	NJ 244		220	400	65		270	286	5	5
248	248		240	440	72		295	313	5	5
252	252		260	480	80		320	340	6	6

Πίνακας 6.8 : Τυποποίηση Βελονοφόρων ρουλεμάν

Σειρά NA49

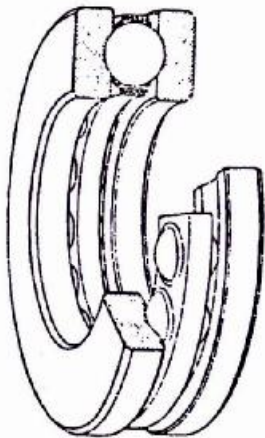
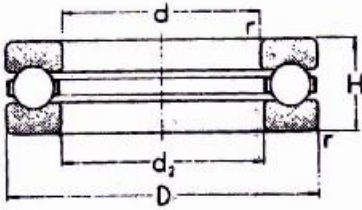
Σειρά RNA49



d	L_i	D	B	r
10	14	22	13	0,5
12	16	24	13	0,5
15	20	28	13	0,5
17	22	30	13	0,5
20	25	37	17	0,5
22	28	39	17	0,5
25	30	42	17	0,5
28	32	45	17	0,5
30	35	47	17	0,5
32	40	52	20	1
35	42	55	20	1
40	48	62	22	1
45	52	68	22	1
50	58	72	22	1
55	63	80	25	1,5
60	68	85	25	1,5
65	72	90	25	1,5
70	80	100	30	1,5
75	85	105	30	1,5
80	90	110	30	1,5
85	100	120	35	2
90	105	125	35	2
95	110	130	35	2
100	115	140	40	2
110	125	150	40	2
120	135	165	45	2
130	150	180	50	2,5
140	160	190	50	2,5

Πίνακας 6.9 : Τυποποίηση αξονικών ρουλεμάν

Σειρά 512



Αριθ. Τριβέα	[mm]				
	d	d ₂ min.	D	H	r
51200	10	10,2	26	11	1
01	12	12,2	28	11	1
02	15	15,2	32	12	1
51203	17	17,2	35	12	1
04	20	20,2	40	14	1
05	25	25,2	47	15	1
51206	30	30,2	53	16	1
07	35	35,2	62	18	1,5
08	40	40,2	68	19	1,5
51209	45	45,2	73	20	1,5
10	50	50,2	78	22	1,5
11	55	55,2	90	25	1,5
51212	60	60,2	95	26	1,5
13	65	65,2	100	27	1,5
14	70	70,2	105	27	1,5
51215	75	75,2	110	27	1,5
16	80	80,2	115	28	1,5
17	85	85,2	125	31	1,5
51218	90	90,2	135	35	2
20	100	100,2	150	38	2
22	110	110,2	160	38	2
51224	120	120,2	170	39	2
26	130	130,3	190	45	2,5
28	140	140,3	200	46	2,5
51230	150	150,3	215	50	2,5
32	160	160,3	225	51	2,5
34	170	170,3	240	55	2,5
51236	180	180,3	250	56	2,5
38	190	190,3	270	62	3
40	200	200,3	280	62	3
51244	220	220,3	300	63	3
48	240	240,3	340	78	3,5
52	260	260,3	360	79	3,5
51256	280	280,3	380	80	3,5
60	300	300,3	420	95	4
64	320	320,4	440	95	4
51268	340	340,4	460	96	4
72	360	360,4	500	110	5

6.4 Λίπανση των ρουλεμάν

1) Λίπανση με γράσο

Για τις συνηθισμένες περιπτώσεις προτιμάται η λίπανση με γράσο. Σε αυτήν την περίπτωση το ρουλεμάν είναι είτε κλειστού τύπου όπου το γράσο βρίσκεται στο εσωτερικό του (αυτολιπαινόμενο χωρίς συντήρηση), είτε το ρουλεμάν τοποθετείται σε κάποιο κλειστό χώρο, όπου στον χώρο προστίθεται γράσο.

Η λίπανση αυτού του είδους δηλαδή με γράσο προσφέρει και προστασία από ξένα σώματα. Όσον αφορά εάν στο γράσο χρειάζεται κάποια συντήρηση με την αλλαγή του ή με την προσθήκη νέου, καθώς και τον τύπο του γράσου που θα χρησιμοποιηθεί τηρούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή.

2) Λίπανση με λάδι

Η λίπανση με λάδι προτιμάται εκεί που τα ρουλεμάν εργάζονται με υψηλές στροφές και όπου υπάρχουν άλλα εξαρτήματα που λιπαίνονται με λάδι (π.χ. κιβώτιο ταχυτήτων του αυτοκινήτου).

Η λίπανση του αυτοκινήτου πραγματοποιείται είτε με εμβάπτιση (η στάθμη του λαδιού βρίσκεται έως το μέσο των σφαιριδίων) είτε με αντλία και ταυτόχρονη ψύξη του λαδιού.

6.5 Υλικό κατασκευής

Για τους δακτυλίους και τα στοιχεία κύλισης χρησιμοποιείται χρωμιούχος χάλυβας ή κράματα λευκών μετάλλων.

Για την σφαιροθήκη, όταν η κατασκευή είναι μικρή χρησιμοποιείται χάλυβας ή ορείχαλκος ή συνθετικά υλικά για την αποφυγή θορύβων, που είναι διαμορφωμένα σε πρέσα. Όταν η κατασκευή είναι μεγάλη οι σφαιροθήκες κατασκευάζονται χυτές από χάλυβα, ορείχαλκο, αλουμίνιο και συνθετικά υλικά.

6.6 Ρουλεμάν του κινητήρα E10

Στον κινητήρα E10, τα εξαρτήματα που φέρει ρουλεμάν είναι ο τανυστήρας του ιμάντα χρονισμού. Το πρόβλημα είναι ότι το ρουλεμάν αυτό είναι αναπόσπαστο κομμάτι του τανυστήρα και έτσι σε περίπτωση βλάβης του, δεν μπορεί να αφαιρεθεί και να αντικατασταθεί με τα τυποποιημένα ρουλεμάν του εμπορίου.

Ο τανυστήρας αποτυπώνεται στο παράρτημα των σχεδίων με αριθμό 1. Στο αποτυπωμένο σχέδιο δεν αναγράφονται οι διαστάσεις καθώς οι διαστάσεις των ρουλεμάν είναι τυποποιημένες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΕΓΑΝΩΣΗΣ



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικό Σχέδιο με αριθμό 2

Στη μηχανολογία του αυτοκινήτου ένα πολύ κοινό πρόβλημα είναι η επίτευξη στεγανότητας, ώστε να υπάρξει αποτροπή διαρροής υγρών και αερίων. Επίσης η αποτροπή της εισροής σκόνης, νερού ή άλλων ξένων σωμάτων σε έναν χώρο που εργάζονται ιδιαίτερα ευαίσθητα όργανα. Για αυτούς τους σκοπούς χρησιμοποιούνται δύο είδη στεγάνωσης.

7.1 ΦΛΑΝΤΖΕΣ



Εικόνα 7.1 : Σετ φλαντζών

Οι φλάντζες αναλαμβάνουν την στεγάνωση δύο σταθερών στοιχείων (π.χ. κεφαλή- σώμα) στην (εικόνα 7.1) βλέπουμε ένα σετ φλαντζών.

Κατά την τοποθέτηση μιας φλάντζας μερικές φορές χρησιμοποιούνται ειδικές κόλλες, αδιάλυτες στα έλαια και τις βενζίνες. Κανένα είδος φλάντζας (πλην της λαστιχένιας) δεν πρέπει να ξαναχρησιμοποιείται όταν αφαιρεθεί, γιατί με την χρήση χάνει την ελαστικότητα που της επιτρέπει να προσαρμόζεται στις μικρές ανωμαλίες των επιφανειών συνάρμοσης.

Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των φλαντζών διαφέρουν ανάλογα με το που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Παρακάτω δίνονται κάποια παραδείγματα από την εφαρμογή των φλαντζών σε μέρη του κινητήρα.

Φλάντζα καπακιού: Όπου έχουμε συχνή αποσυναρμολόγησή χρησιμοποιούνται λαστιχένιες φλάντζες (εικόνα 7.2), ώστε να μην υπάρχουν μόνιμες παραμορφώσεις. Το καπάκι αποσυναρμολογείται συχνά ώστε να ρυθμίζεται το διάκενο των βαλβίδων. Έτσι και στον κινητήρα E10 η φλάντζα καπακιού είναι λαστιχένια.



Εικόνα 7.2 : Φλάντζα κατακτιού από λάστιχο

Φλάντζα

εισαγωγής: Όπου έχουμε ροή ρευστών χρησιμοποιείτε φλάντζα από χαρτόνι. Έτσι η φλάντζα της πολλαπλής εισαγωγής κατασκευάζεται από χαρτόνι που αντέχει στη διαβρωτική δράση του καυσίμου. Ομοίως και το υλικό κατασκευής της φλάντζας εισαγωγής του κινητήρα μας είναι από χαρτόνι. (εικόνα 7.3).



Εικόνα 7.3 : Φλάντζα για την πολλαπλή εισαγωγής

Φλάντζα εξαγωγής: Όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείτε ο αμίαντος με εσωτερική επένδυση ελασμάτων ή χαλύβδινα ελάσματα. Με αντίστοιχα υλικά κατασκευάζεται η φλάντζα για την πολλαπλή εξαγωγή (εικόνα 7.4) ώστε να αντέχει στην θερμότητα των καυσαερίων. Το υλικό κατασκευής της αντίστοιχης φλάντζας του κινητήρα μας είναι από έλασμα χάλυβα.



Εικόνα 7.4 : Φλάντζα για την πολλαπλή εξαγωγής

Φλάντζα Κάρτερ: Όπως είπαμε για την στεγάνωση υγρών χρησιμοποιείτε χάρτινη φλάντζα (εικόνα 7.5). Έτσι, για την στεγανότητα του Κάρτερ, όπου υπάρχουν λάδια, χρησιμοποιείται φλάντζα από χαρτόνι εμβαπτισμένη σε έλαια, παραφίνη ή γραφίτη. Στο κάρτερ του κινητήρα μας δεν παρεμβάλετε φλάντζα. Τον ρόλο αυτόν τον έχει αναλάβει στεγανοποιητική κόλλα.



Εικόνα 7.5 : Φλάντζα Κάρτερ



Εικόνα 7.6 : Σύνθετη φλάντζα κεφαλής

Φλάντζα κεφαλής: Η φλάντζα που παρεμβάλλεται μεταξύ κεφαλής και μπλοκ αποτελεί ένα ιδιαίτερο παράδειγμα λόγω της πολυπλοκότητάς της (εικόνα 7.6). Αυτό συμβαίνει λόγω της ανάγκης να εξασφαλιστεί η απόλυτη στεγανότητα των θαλάμων καύσης όπου δημιουργούνται τεράστιες πιέσεις και θερμοκρασίες.

Για τον λόγο αυτόν η φλάντζα φέρει δακτυλίους ενίσχυσης, οι οποίοι είναι κυκλικά ελάσματα και ενσωματώνονται επάνω στην φλάντζα, τοποθετούμενοι γύρω από τις οπές που αντιστοιχούν στους κυλίνδρους. Οι δακτύλιοι αποτρέπουν την ταχεία φθορά του υλικού που θα ήταν άμεσα εκτεθειμένο στην καύση. Οι δακτύλιοι ενίσχυσης κατασκευάζονται από λεπτό έλασμα ανοξείδωτου χάλυβα, αλουμίνιο ή χαλκό.

Ταυτόχρονα η φλάντζα της κεφαλής θα πρέπει να στεγανοποιεί τις διόδους και να επιτρέπει την κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού και του λαδιού ώστε να ολοκληρώνεται το κύκλωμα επικοινωνίας μεταξύ σώματος και κεφαλής. Μερικές φορές σε αυτές τις οπές που αντιστοιχούν σε διόδους νερού ή λαδιού τοποθετούνται λεπτοί λαστιχένιοι δακτύλιοι.

Στις μέρες μας για την κατασκευή μιας φλάντζας κεφαλής χρησιμοποιούνται φύλλα αμιαντούχων μιγμάτων που στο εσωτερικό τους τοποθετούνται χαλύβδινα ελάσματα.

Το σύνολο εμβαπτίζεται σε λουτρό θερμοσκληρυνόμενων ρητινών, που του προσδίδουν αρκετή ευπλαστικότητα κατά την τοποθέτηση, έτσι ώστε να αποκτήσει την απαραίτητη ελαστικότητα μόλις τεθεί σε λειτουργία ο κινητήρας.

Όσον αφορά την φλάντζα της κεφαλής του κινητήρα το κυρίως χρησιμοποιούμενο υλικό είναι ο αμίαντος. Ωστόσο δεν μπορούμε με σιγουριά να γνωρίζουμε το υλικό κατασκευής των προσθηκών, καθώς η φλάντζα αυτή διαθέτει ιδιαίτερα σύνθετα υλικά που γνωρίζουν οι κατασκευαστές. Η φλάντζα της κεφαλής έχει αποτυπωθεί σχεδιαστικά στο παράρτημα με αριθμό 2 καθώς διακρίνετε λόγω της πολυπλοκότητάς της σε σχέση με τις προαναφερθέντες.

7.2 ΤΣΙΜΟΥΧΕΣ



Εικόνα 7.7 : Τσιμούχες

Οι τσιμούχες αναλαμβάνουν την στεγάνωση δύο κινούμενων στοιχείων που το ένα εκ των οποίων είναι άξονας (π.χ. στρόφαλος- κάρτερ).

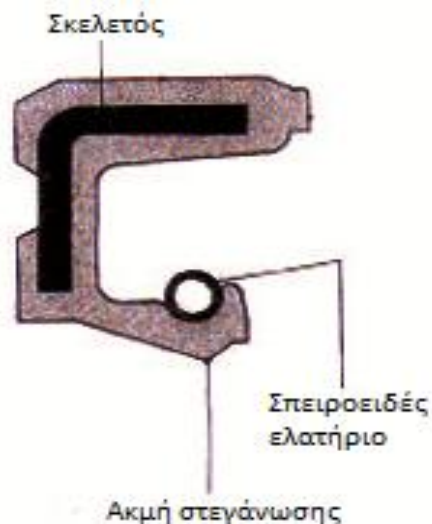
Οι τσιμούχες υφίστανται πολύ μεγάλες καταπονήσεις λόγω των υψηλών ταχυτήτων ολίσθησης που μπορούν να δημιουργηθούν στις επαπτομενικές επιφάνειες. Σε μερικές περιπτώσεις πρέπει να διασφαλίζουν την διατήρηση στον χώρο τους υγρών υπό πίεση, αντιστεκόμενες παράλληλα στην επίδραση διαλυτικών, ή διαβρωτικών ουσιών, ή σε μεγάλες εναλλαγές θερμοκρασίας.

Το έργο τους δυσχεραίνεται ιδιαίτερα αν ο άξονας παρουσιάζει κάποια εκκεντρότητα, κυρίως στους υψηλούς ρυθμούς περιστροφής.

Στις τσιμούχες τον ρόλο του σκελετού έχει ένας μεταλλικός δακτύλιος διατομής Γ (εικόνα 7.9) Στην εσωτερική του πλευρά είναι επενδυμένος με λάστιχο. Η εσωτερική του λάστιχου είναι κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να μπορεί να δέχεται ένα σπειροειδές ελατήριο κυκλικής διατομής που τείνει να κλείσει την οπή.



Εικόνα 7.8 : Μια συνήθης τσιμούχα στεγάνωσης



Εικόνα 7.9 : Τσιμούχα σε τομή

Η τεχνολογία κατασκευής των τσιμουχών παρουσιάζει κάποιες διαφοροποιήσεις ανάλογα με την λειτουργία για την οποία προορίζονται. Έτσι η εξωτερική επιφάνεια της τσιμούχας μπορεί να είναι είτε μεταλλική είτε λαστιχένια. Οι μεταλλικές τσιμούχες απαιτούν το σημείο όπου θα προσαρμοσθούν να είναι μεγάλης ακρίβειας αλλά έχουν μικρότερο κόστος. Οι λαστιχένιες τσιμούχες είναι πολύ περισσότερο διαδεδομένες, μπορούν να εφαρμοσθούν σε πιο ανώμαλες επιφάνειες και αντιμετωπίζουν καλύτερα τις αλλαγές διαστάσεων που προκαλεί η θερμότητα. Εξάλλου εξασφαλίζουν τέλεια στεγανότητα στην εξωτερική τους διάμετρο, ακόμη και με ρευστά χαμηλού ιξώδους ή αέρια. Στην περίπτωση που η τσιμούχα καλείται να αντιμετωπίσει περιβάλλον με σκόνες, υιοθετείται ο τύπος με πρόσθετο χείλος (εικόνα 7.10).



Εικόνα 7.10 : Τσιμούχα

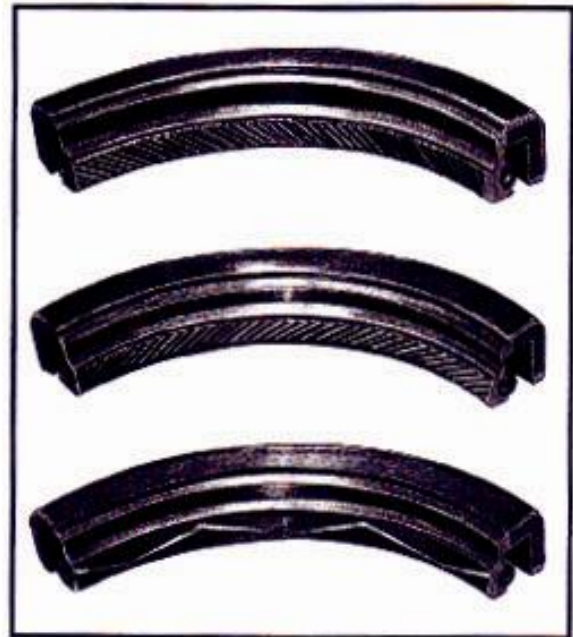
που διαθέτει

πρόσθετο χείλος

Στις εφαρμογές σε κινητήρες στο χείλος που προορίζεται για την συγκράτηση του ρευστού κατασκευάζεται μια ελικοειδή γράμμωση. Σύμφωνα με μια αρχή της ρευστοδυναμικής, με τον τρόπο αυτό επαναφέρεται στον λιπαινόμενο χώρο το λάδι που έχει ενδεχομένως διαρρεύσει, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση της θερμοκρασίας μεταξύ χείλους και άξονα (εικόνα 7.11).

Για την κατασκευή τσιμουχών χρησιμοποιούνται διάφορες συνθετικές γόμες (ελαστομερή) μεταξύ των οποίων το ακρυλονιτροβουταδιένιο (-40 C° +20 C°), η σιλικόνη, το πολυτετραφθορααιθυλένιο (-80 C° +200 C°) κλπ.

Οι τσιμούχες που διατίθενται στο εμπόριο, καλύπτουν τις ανάγκες στεγάνωσης αξόνων με διάμετρο από 1,6mm έως άνω των 3000mm.



Εικόνα 7.11 : Τσιμούχες με γράμμωση

Τα μεγέθη των τσιμουχών είναι τυποποιημένα. Ακόμα κατά την σχεδίαση των τσιμουχών η μορφή τους αποτυπώνεται με την μορφή συμβολισμού. Για τους λογούς αυτούς δεν πραγματοποιήθηκε η σχεδιαστική τους αποτύπωση ξεχωριστά. Παρόλα αυτά στα συνοπτικά σχέδια του κινητήρα με

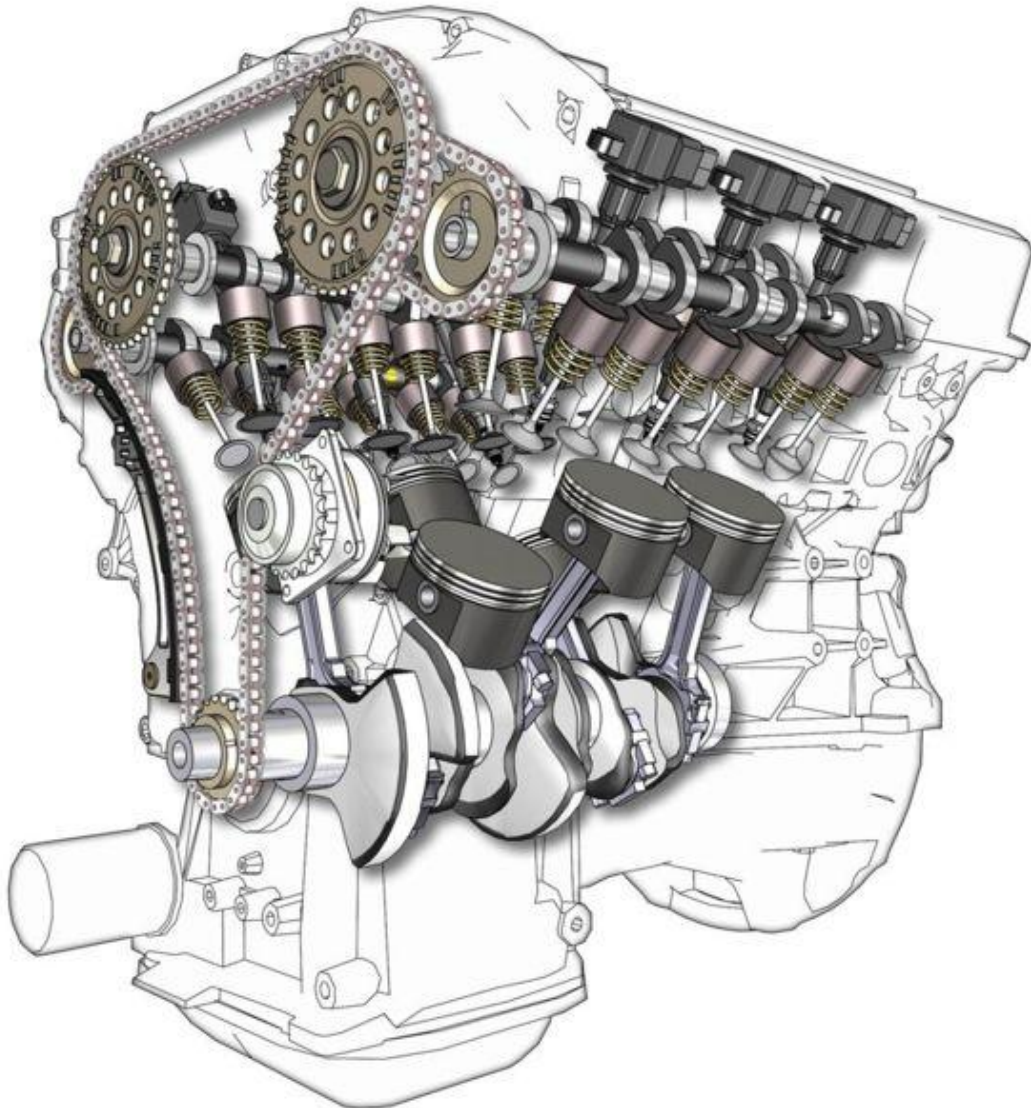
αριθμούς 3,4 οι τσιμούχες σχεδιάστηκαν με την πραγματική τους μορφή ώστε να αποδοθούν όλες οι λεπτομέρειες και όχι με την μορφή συμβολισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Συνοπτικά σχέδια με αριθμό 3 & 4

8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ



Εικόνα 8.1 : Δομή σύγχρονου κινητήρα

Όλες οι μηχανές είναι ένα σύνολο από εξαρτήματα (εικόνα 8.1), που είναι συναρμολογημένα μεταξύ τους με λογική σειρά ώστε να μπορεί να δουλεύει με δική της δύναμη, επειδή μπορεί να μετατρέψει την θερμική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια.

Φυσικά υπάρχουν μερικές παραλλαγές και κάποιες διαφορές σε αυτά τα εξαρτήματα που εξαρτώνται βασικά, από τον τύπο και τον τρόπο, που δουλεύει η κάθε μηχανή.

Μια μηχανή ονομάζεται θερμική, όταν το αποδιδόμενο από αυτή μηχανικό έργο προέρχεται από την καύση μίγματος ορισμένης αναλογίας καυσίμου αέρα. Με τον τρόπο αυτόν, η αποθηκευμένη στο καύσιμο χημική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα και εν συνεχεία σε μηχανικό έργο. Οι θερμικές μηχανές μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες.

Ανάλογα με τον τρόπο πραγματοποίησης της καύσης έχουμε:

- Ø Μηχανές εσωτερικής καύσης
- Ø Μηχανές εξωτερικής καύσης

Στις μηχανές εσωτερικής καύσης, η καύση του μίγματος γίνεται μέσα στο τμήμα της μηχανής που είναι υπεύθυνο για την μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο. Παραδείγματα τέτοιων κινητήρων είναι ο κινητήρας αυτοκινήτου (εικόνα 8.2). και ο αεροστρόβιλος αεροπλάνου



Εικόνα 8.2 : Από τα πρώτα αυτοκίνητα παραγωγής με κινητήρα εσωτερικής καύσης

Στις μηχανές εξωτερικής καύσης η καύση του μίγματος δεν πραγματοποιείται στον χώρο παραγωγής έργου αλλά γίνεται σε ξεχωριστό τμήμα της μηχανής εξωτερικά από αυτήν. Παραδείγματα τέτοιων κινητήρων είναι οι ατμομηχανές και οι ατμοστρόβιλοι (εικόνα 8.3).



Εικόνα 8.3 : Αυτοκίνητο με μηχανή εξωτερικής καύσης. Αριστερά διακρίνεται ο λέβητας όπου γίνεται η καύση

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι εσωτερικής καύσης και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους κατηγοριοποιούνται για να ξεχωρίζονται.

8.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Έτσι ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο καύσιμο μίγμα έχουμε:

- Ø Βενζινοκινητήρες
- Ø κινητήρες diesel

Οι Βενζινοκινητήρες είναι μηχανές εσωτερικής καύσης στις οποίες η ισχύς παράγεται με την καύση του μίγματος βενζίνης και αέρα.

Οι Βενζινοκινητήρες είναι οι πιο διαδεδομένες μηχανές εσωτερικής καύσης. Το μέγεθος και η ισχύς τους ποικίλουν από λιγότερο από 1 ίππο για χρήση σε μικρές φορητές συσκευές, μέχρι 35000 ίππων που χρησιμοποιούνται στα αεροπλάνα.

Οι κινητήρες diesel χρησιμοποιούν σαν καύσιμη υλη το πετρέλαιο και η εφαρμογή τους στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι ευρύτατη.

Χρησιμοποιούν συνήθως σε ταξί, αγροτικά επαγγελματικής χρήσης και σε αυτοκίνητα βαριάου τύπου πως είναι τα φορτηγά. Η επιλογή των κινητήρων πετρελαίου για τα αυτοκίνητα αυτού του τύπου είναι τα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν έναντι των βενζινοκινητήρων.

Οι κινητήρες diesel πλεονεκτούν ως προς την οικονομία του καυσίμου και εμφανίζουν ροπή μεγαλύτερης ισχύος στις χαμηλές στροφές. Μειονεκτούν όμως ως προς την ιπποδύναμη συγκριτικά με τον κυβισμό τους.

8.3 ΤΥΠΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του κινητήρα έχουμε :

- Ø Τετράχρονο κινητήρα
- Ø Δίχρονο κινητήρα
- Ø Wankel κινητήρα

8.3.1 Τετράχρονος κινητήρας



Εικόνα 8.4 : Αποτύπωση ενός τετράχρονου κινητήρα

Ο τετράχρονος κινητήρας έχει δύο τουλάχιστον βαλβίδες όπως φαίνεται στο (σχήμα 8.4), μια βαλβίδα εισαγωγής και μία εξαγωγής. Οι βαλβίδες είναι χρονισμένες μηχανικά με τον στρόφαλο, από όπου παίρνουν εντολή να ανοίξουν και να κλείσουν την κατάλληλη χρονική στιγμή.

Τετράχρονη λειτουργία

1^{ος} χρόνος εισαγωγής

Ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή, καθώς το εμβολο κατεβαίνει το καύσιμο μίγμα εισέρχεται στον κύλινδρο (σχήμα 8.1).



Σχήμα 8.1 : 1^{ος} χρόνος

2^{ος} χρόνος συμπίεσης

Κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής και η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει κλειστή. Το εμβολο ανεβαίνει και συμπιέζει το εγκλωβισμένο καύσιμο μίγμα (σχήμα 8.2).



Σχήμα 8.2 : 2^{ος} χρόνος

3^{ος} χρόνος καύσης

Και οι δυο βαλβίδες παραμένουν κλειστές. Το καύσιμο μίγμα αναφλέγεται και καίγεται. Τα αέρια που δημιουργούνται από την καύση εκτονώνονται και σπρώχνουν το εμβολο προς τα κάτω(σχήμα 8.3).



Σχήμα 8.3 : 3^{ος} χρόνος

4^{ος} χρόνος εξαγωγής

Η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει κλειστή και ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής. Το εμβολο ανεβαίνει προς τα πάνω ωθώντας τα προϊόντα της καύσης να βγουν από τον κύλινδρο (σχήμα 8.4).



Σχήμα 8.4 : 4^{ος} χρόνος

Παρατηρούμε ότι μια διαδρομή του εμβόλου, είναι ανερχόμενη είτε κατερχόμενη αντιστοιχεί σε 1 στάδιο από τα 4 ώστε να έχουμε μια πλήρης περιστροφή του στρόφαλου. Για μια πλήρη περιστροφή του στρόφαλου θέλουμε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου. Γι αυτόν τον λόγο ο κινητήρας αυτού του τύπου έχει ονομαστεί τετράχρονος.

Από τους 4 χρόνους μόνο ο 3 παράγει έργο. Για να συνεχιστεί ο στρόφαλος να περιστρέφει τους υπόλοιπους 3 χρόνους βασίζεται στην αδράνεια περιστροφής των περιστρεφόμενων μερών του, η οποία ενισχύεται από το φορτίο του, που στη περίπτωση του αυτοκινήτου για αυτόν τον σκοπό χρησιμοποιείται το βολάν.

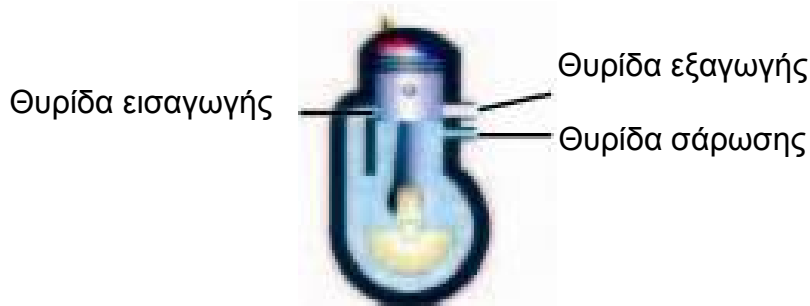
8.3.2 Δίχρονος κινητήρας



Εικόνα 8.5 : Δίχρονος κινητήρας σε τομή

Ο δίχρονος κινητήρας δεν έχει βαλβίδες, αλλά αντίστοιχα ανοίγματα στα τοιχώματα του κυλίνδρου που ονομάζονται θυρίδες. Έτσι το εμβολο καθώς παλινδρομεί στον κύλινδρο φράσει και ανοίγει τις θυρίδες επιτρέποντος την είσοδο του καυσίμου και την εξαγωγή των καυσαερίων (σχήμα 8.5) .

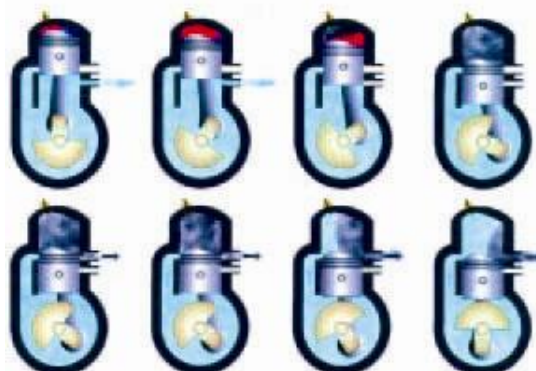
ΔΙΧΡΟΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ



Σχήμα 8.5 : Ονοματολογία θυρίδων

1^{ος} χρόνος

Το έμβολο είναι στο άνω νεκρό σημείο όπου έχει πραγματοποιηθεί η καύση του μίγματος και τα καυσαέρια ωθούν το έμβολο προς τα κάτω. Ταυτόχρονα από την θυρίδα σάρωσης έχει εισέρθει το μίγμα καυσίμου στον στροφαλοθάλαμο. Κατά την κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω κλείνει η θυρίδα σάρωσης. Όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο παρατηρούμε ότι αποκαλύπτονται η θυρίδα εισαγωγής και εξαγωγής. Έτσι λόγω της πίεσης που ασκεί το έμβολο στον χώρο του στροφαλοθαλάμου το μίγμα αρχίζει να εισέρχεται στον κύλινδρο και καταλαμβάνει τον χώρο των καυσαερίων απομακρύνοντας τα.



Σχήμα 8.6 : Φάσεις 1^{ου} χρόνου

2^{ος} χρόνος

Το έμβολο κινείται προς τα πάνω και κλείνει την θυρίδα εισαγωγής και εξαγωγής. Κατά την ανοδική του πορεία αποκαλύπτεται η θυρίδα σάρωσης. Η κίνηση του εμβόλου δημιουργεί υποπίεση στον χώρο του στροφαλοθαλάμου αναγκάζοντας την εισροή νέου μίγματος. Το μίγμα συμπιέζεται και όταν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο πραγματοποιείται η καύση.



Σχήμα 8.7 : Φάσεις 2^{ου} χρόνου

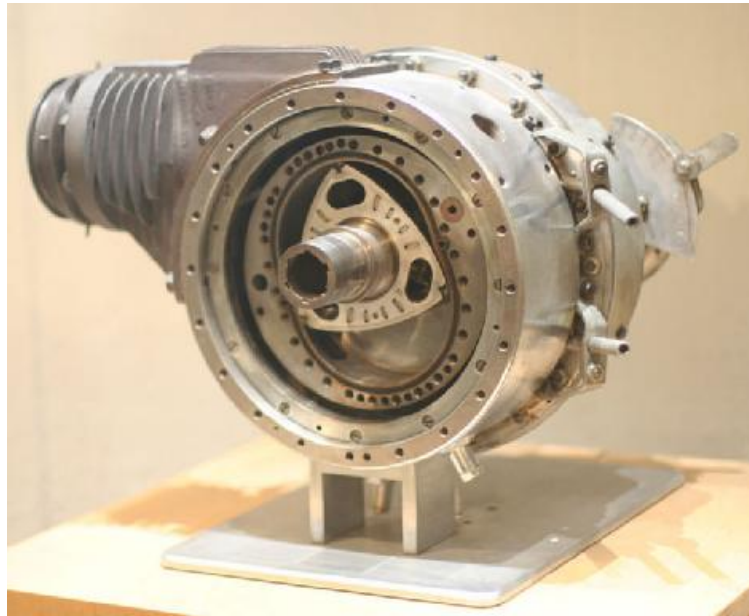
Παρατηρούμε ότι στους δίχρονους κινητήρες δεν υπάρχει μια λειτουργία του τετράχρονου που δεν πραγματοποιείται, αλλά κάθε λειτουργία γίνεται παράλληλα με κάποια άλλη. Η διαδρομή της καθόδου του εμβόλου είναι ο πρώτος χρόνος κατά τον οποίο έχουμε εισαγωγή καυσίμου μίγματος στον κύλινδρο και εξαγωγή των καυσαερίων. Η διαδρομή της ανόδου του έμβολο είναι δεύτερος χρόνος κατά τον οποίο έχουμε την ολοκλήρωση της εισαγωγής του καυσίμου στον κύλινδρο με την ταυτόχρονη εξαγωγή των καυσαερίων, εισαγωγή νέου μίγματος στον στροφαλοθάλαμο, συμπύεση του καυσίμου και ανάφλεξη του.

Οι δυο αυτοί χρόνοι αντιστοιχούν σε μια πλήρη περιστροφή του στροφάλου. Από τους δυο χρόνους μόνο ο δεύτερος παράγει έργο. Για να συνεχίσει ο κινητήρας την περιστροφή του στον νεκρό χρόνο βασίζεται στην αδράνεια περιστροφής του

φορτίου του (βολάν), που μπορεί να είναι αρκετά μικρότερο από το αντίστοιχο του τετράχρονου.

Η χρησιμοποίηση δίχρονων κινητήρων για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία στις μέρες μας έχει εκλείψει καθώς παρουσιάζονται προβλήματα ατελούς καύσης με αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση και την ρυπογόνο λειτουργία.

8.3.3 Κινητήρας wankel



Εικόνα 8.6 : Κινητήρας wankel

Ο περιστροφικός κινητήρας wankel πήρε το όνομα του από τον εφευρέτη του Felix Wankel και είναι ένας τετράχρονος κινητήρας καύσης που αναπτύχθηκε στην δεκαετία του 1950 και απεικονίζεται στην (εικόνα 8.6).

Η βασική αρχή παραγωγής ισχύος είναι ίδια με του κλασικού τετράχρονου παλινδρομικού εμβολοφόρου, αφού χρησιμοποιεί την ισχύ από την καύση του μίγματος βενζίνης/αέρα για να παράγει έργο. Όμως, σε αντίθεση με τον παλινδρομικό κινητήρα, ο περιστροφικός δεν έχει έμβολα, μπιέλες, βαλβίδες και εκκεντροφόρους, αλλά τριγωνικούς ρότορες (αντί εμβόλων) που περιστρέφονται μέσα στο κέλυφος (αντί κυλίνδρων) και περιστρεφόμενο έκκεντρο άξονα (αντί στροφάλου) για την μετάδοση της ισχύος.



Εικόνα 8.7 : Εξαρτήματα ενός κινητήρας wankel. Σε σύγκριση με τον τετράχρονο βλέπουμε το πόσο λιγότερα εξαρτήματα απαιτούνται

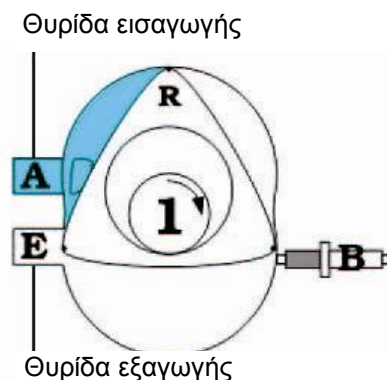


Εικόνα 8.8 : Εξαρτήματα ενός τετράχρονου κινητήρα

Λειτουργία του κινητήρα wankel

1^{ος} χρόνος εισαγωγής

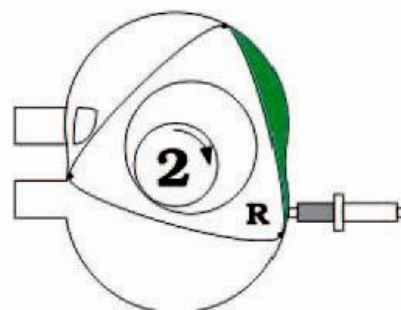
Η φάση της εισαγωγής ξεκινά όταν η ακμή του ρότορα αποκαλύψει τη θυρίδα εισαγωγής. Τη στιγμή που αποκαλύπτεται η θυρίδα, ο όγκος του συγκεκριμένου κυλίνδρου είναι ο ελάχιστος δυνατός, καθώς όμως ο ρότορας συνεχίζει την περιστροφή του, ο όγκος μεγαλώνει δημιουργώντας υποπίεση η οποία αναρροφά καύσιμο μίγμα μέσω της θυρίδας. Όταν ο όγκος γίνει μέγιστος, τότε η επόμενη ακμή του ρότορα που έχει περιστραφεί κλείνει τη θυρίδα εισαγωγής και έτσι αρχίζει η συμπίεση (σχήμα 8.8).



Σχήμα 8.8 : 1^{ος} χρόνος

2^{ος} χρόνος συμπίεσης

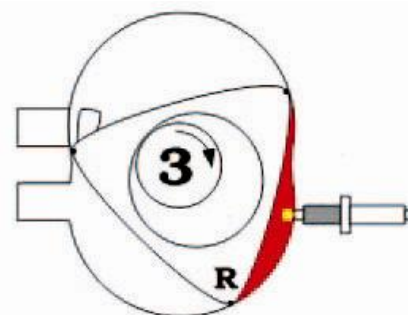
Καθώς ο ρότορας συνεχίζει την κίνηση του μέσα στο κέλυφος του κινητήρα, ο χώρος που καταλαμβάνει η πλευρά που πέρασε από την φάση εισαγωγής αρχίζει να μικραίνει. Έτσι λοιπόν, το μίγμα αέρα/καυσίμου αρχίζει να συμπιέζεται έως ότου γίνει το ελάχιστο δυνατό και η συμπίεση μέγιστη (σχήμα 8.9).



Σχήμα 8.9 : 2^{ος} χρόνος

3^{ος} χρόνος καύσης

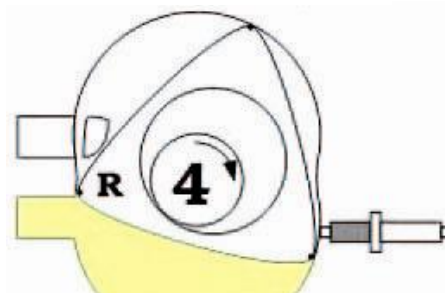
Το συμπιεσμένο μίγμα έχει οδηγήσει στο σημείο όπου υπάρχουν τα δύο μπουζί όπου και αναφλέγεται μετατρέποντας την χημική ενέργεια του σε κινητική η οποία ωθεί τον ρότορα ώστε να συνεχίσει την περιστροφή του (σχήμα 8.10). Οι κινητήρες wankel λόγω του ιδιόμορφου και σχετικά μακρύ «θαλάμου» που σχηματίζουν δεν έχουν καλή και πλήρη καύση, γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιούν δύο σπινθηριστές(μπουζί).



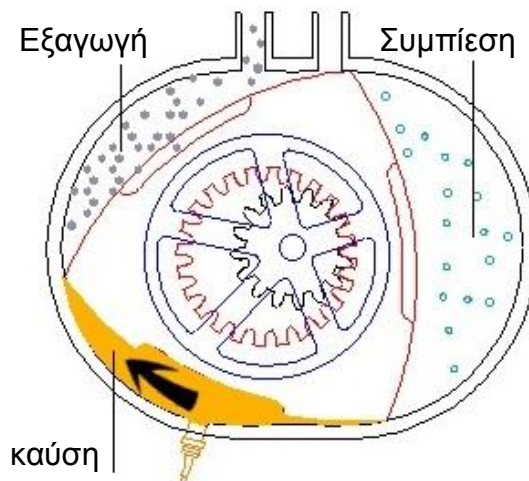
Σχήμα 8.10 : 3^{ος} χρόνος

4^{ος} χρόνος εξαγωγής

Όταν αποκαλυφθεί η θυρίδα εξαγωγής, τα καυσαέρια που βρίσκονται στον θάλαμο καύσης υπό υψηλή πίεση είναι ελεύθερα να διαφύγουν προς την εξάτμιση, έτσι καθώς συνεχίζεται η περιστροφή του ρότορα ο όγκος του θαλάμου καύσης μικραίνει, αναγκάζοντας τα καυσαέρια που έχουν μείνει στο θάλαμο να εξέλθουν από αυτόν (σχήμα 8.11).



Σχήμα 8.11 : 4^{ος} χρόνος



Σχήμα 8.12 : Παρατηρούμε ότι παράλληλα αυτήν την στιγμή βρίσκονται σε εξέλιξη οι φάσεις: της συμπίεσης της καύσης και της εξαγωγής

Παρατηρούμε ότι ο ρότορας σε μια πλήρη περιστροφή του πραγματοποιεί όλους τους χρόνους λειτουργίας, όπως φαίνεται και στο (σχήμα 8.12). Ακόμα σε κάθε πλευρά του τριγωνικού ρότορα εκτελείται από μια διαφορετική φάση λειτουργίας την ίδια στιγμή. Έτσι, σε μια πλήρη περιστροφή του τριγωνικού ρότορα έχουμε 3 αναφλέξεις του καύσιμου μίγματος και άρα μεγαλύτερη συχνότητα παραγωγής έργου. Ο ρότορας περιστρέφεται 3 φορές πιο αργά από τον έκκεντρο άξονα.

Ένας κινητήρας wankel μπορεί να αποδίδει ισχύ ανάλογη ενός τετράχρονου 2.600 cc³. Ωστόσο η κατανάλωση του καυσίμου αντιστοιχεί οριακά με αυτήν του τετράχρονου 2.600 cc³ και ίσως την ξεπερνά.

Τα κύρια προβλήματα για τα οποία ο κινητήρας τύπου wankel δεν είναι διαδεδομένος είναι η μεγάλη κατανάλωση, η ανάγκη λίπανσης του ρότορα κατά την περιστροφή του με αποτέλεσμα την ρύπανση του περιβάλλοντος και το ότι ο κινητήρας έχει στιγματιστεί για την αναξιπιστία του. Όσον αφορά τους ρύπους ο κινητήρας του Mazda RX-8 Genesis χρησιμοποιεί καταλύτη που πληρεί όχι μόνον τις τωρινές, αλλά και τις μελλοντικές προδιαγραφές εκπομπής ρύπων. Επίσης, η Mazda παρέχει επίσημα εγγύηση 100.000 χλμ για τον κινητήρα και εκτιμώμενη διάρκεια ζωής άνω των 400.000 χλμ.

Το συμπέρασμα είναι ότι η «αχίλλειος πτέρνα» του κινητήρα είναι η μεγάλη κατανάλωση καυσίμου. Παρ' όλα αυτά ο κινητήρας wankel αποτελεί μια ιδιοφυή σκέψη και φιλοσοφία, καθώς συνδυάζει ελάχιστα αποτελούμενα μέρη με πολύ μεγάλη ιπποδύναμη. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι τόσο ο τετράχρονος όσο και ο δίχρονος κινητήρας έχουν υποστεί αμφότεροι πολλά έτη εξέλιξης από τις αυτοκινητοβιομηχανίες, μοτοσυκλετοβιομηχανίες και ομάδες αγώνων (F1, Moto GP), ενώ αντίθετα ο κινητήρας τύπου wankel εξελίσσεται τα τελευταία έτη μόνο από την Mazda, η οποία έχει και τα δικαιώματά του. Ας αναλογιστούμε, λοιπόν, το πόσο τεχνολογικά μακριά θα μπορούσε να είχε φτάσει αυτός ο κινητήρας εάν είχαν εφαρμοσθεί οι γνώσεις περισσότερων εταιρειών μηχανοκίνησης, για την εξέλιξη του όλα αυτά τα έτη.

8.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σύστημα ψύξης έχουμε:

- Ø Αερόψυκτοι κινητήρες
- Ø Υδρόψυκτοι κινητήρες
- Ø Κεραμικοί κινητήρες χωρίς ψύξη

8.4.1 Αερόψυκτοι κινητήρες



Εικόνα 8.9 : Παράδειγμα αερόψυκτου κινητήρα. Εδώ διακρίνουμε τις ψήκτρες

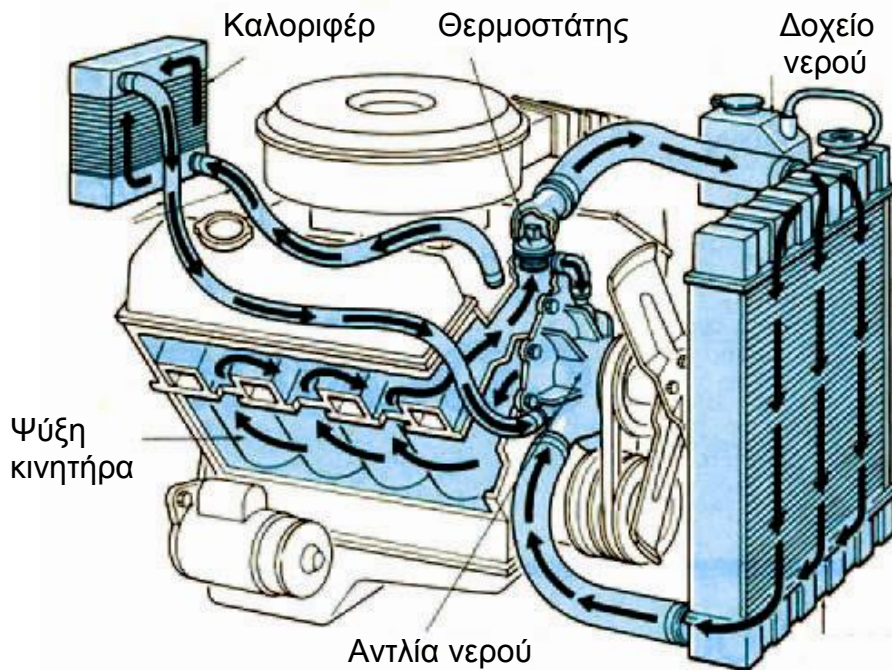
Οι αερόψυκτοι κινητήρες (εικόνα 8.9) έχουν πάψει πλέον να χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία και η εφαρμογή τους στον κόσμο των μοτοσυκλετών τείνει να εκλείψει .

Η φιλοσοφία των αερόψυκτων κινητήρων είναι ότι η ψύξη επιτυγχάνεται από τη διέλευση του ατμοσφαιρικού αέρα κατά την κίνηση του οχήματος.

Μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη έχουν η κεφαλή και οι κύλινδροι κάθε κινητήρα. Έτσι στα εξαρτήματα αυτά υπάρχουν οι λεγόμενες ψήκτρες, δηλαδή μεταλλικές ραβδώσεις οι οποίες στην ουσία αυξάνουν την επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας των εξαρτημάτων με την ατμόσφαιρα με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης απαγωγής θερμότητας.

Βέβαια οι αερόψυκτοι κινητήρες παρουσιάζουν προβλήματα υπερθέρμανσης όταν χρησιμοποιούνται σε πολύ θερμά κλίματα ή όταν το όχημα κινείται με χαμηλή ταχύτητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι μηχανικοί σε αυτές τις περιπτώσεις τοποθετούν ένα ψυγείο λαδιού υποβοηθώντας έτσι την ψύξη του κινητήρα με την ψύξη του λιπαντικού.

8.4.2 Υδροψυκτοι κινητήρες



Σχήμα 8.13 : Διάταξη υδροψυκτου κινητήρα

Στους υδροψυκτους κινητήρες (εικόνα 8.13) το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί μέσω ενός δικτύου από σωληνώσεις στους διαμορφωμένους αγωγούς του κινητήρα και στη συνέχεια μεταφέρεται στο ψυγείο όπου και ψύχεται, Δηλαδή το ψυκτικό υγρό διαγράφει μια κυκλική ροή, απαγάγοντας θερμότητα από τα εξαρτήματα του κινητήρα όταν βρίσκεται εκεί και στη συνέχεια κατευθύνεται προς το ψυγείο όπου και ψύχεται για να συνεχίσει τον κύκλο του.

Η ροή όμως του ψυκτικού μέσου δεν συμβαίνει καθόλη τη διάρκεια που ο κινητήρας δουλεύει παρα μόνο όταν ο κινητήρας ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας. Όταν ο κινητήρας φτάσει σε αυτήν την τιμή, τότε αυτόματα τίθεται σε λειτουργία η κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού. Το εξάρτημα που θα σταματήσει και θα ξεκινήσει την κυκλοφορία του ψυκτικού ονομάζεται θερμοστάτης.

Από την άλλη το εξάρτημα που ωθεί το ψυκτικό μέσο να κυκλοφορήσει μέσα στο δίκτυο ονομάζεται τρόμππα νερού. Η τρόμππα νερού διαθέτει πτερύγια είτε πλαστικά είτε μεταλλικά ώστε να ωθεί το νερό. Παίρνει κίνηση είτε μηχανικά από τον στρόφαλο μέσω ιμάντα είτε διαθέτει ηλεκτρικό μοτεράκι και η εντολή για την εκκίνηση της δίνεται από το ηλεκτρικό σύστημα.

Οι 2 αισθητήρες θερμοκρασίας έχουν ένα διαφορετικό ρόλο. Συνήθως υπάρχουν δυο σε κάθε κινητήρα. Ο πρώτος σε μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας δίνει εντολή από βεντιλατέρ να εκκινήσει. Το βεντιλατέρ είναι μια έλικας η οποία είναι τοποθετημένη στο ψυγείο και με την περιστροφή της δημιουργεί ρεύματα αέρα ώστε να επιτευχθεί απαγωγή θερμοκρασίας από το ψυκτικό υγρό. Επίσης ένας άλλος τρόπος που επιτυγχάνεται απαγωγή θερμότητας από το ψυκτικό υγρό είναι από τον ατμοσφαιρικό αέρα καθώς αυτός διέρχεται από το ψυγείο κατά την κίνηση του οχήματος. Ο δεύτερος αισθητήρας θερμοκρασίας μας ενημερώνει για την τιμή της θερμοκρασίας που έχει την συγκεκριμένη στιγμή ο κινητήρας, με ένδειξη στον πίνακα οργάνων (λαμπάκι η δείκτης).

8.4.3 Κεραμικοί κινητήρες χωρίς ψύξη

Είναι γνωστό ότι κατά την καύση ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας χάνεται με την μορφή θερμότητας που αναγκαστικά απαγάγεται από το σύστημα ψύξης του κινητήρα ώστε να μην υπάρξουν μόνιμες παραμορφώσεις στα μέταλλα.

Έτσι οι μηχανικοί της ιαπωνικής εταιρείας Kyocera στην προσπάθεια τους να βελτιώσουν την θερμοδυναμική απόδοση και κατά συνέπεια την ισχύ και την μείωση της κατανάλωσης του κινητήρα, σκέφτηκαν την χρησιμοποίηση κεραμικών υλικών για τα βασικά εξαρτήματα χωρίς την ύπαρξη συστήματος ψύξης.

Μετά την μελέτη διαφόρων πιθανών λύσεων οι μηχανικοί της Kyocera κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αρχιτεκτονική που διευκολύνει περισσότερο, όσον αφορά την ελαχιστοποίηση των θερμικών παραμορφώσεων, ήταν αυτή του τετράχρονου τετρακύλινδρου σε σειρά ντίζελ και μάλιστα υπερτροφοδοτούμενο κινητήρα, όπου η κατασκευή του ρότορα στροβιλοσυμπιεστή έγινε επίσης από κεραμικό υλικό.

Ο κινητήρας δοκιμάστηκε με πλήρες φορτίο ώστε να συγκριθεί η απόδοση του με αυτή του συμβατικού. Οι θερμικές τάσεις στα έμβολα έφτασαν τα 80mpa στο κεραμικό έμβολο αντί τα 18mpa στο μεταλλικό. Κατά τη δόκιμη παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση της θερμότητας των κυλινδροκεφαλών και παραμόρφωση των μεταλλικών μερών, έτσι χρειάστηκε η ψύξη των κυλινδροκεφαλών με νερό.

Οι πειραματικοί κινητήρες που κατασκεύασε η Kyocera δεν μπορούν σε καμιά περίπτωση να χαρακτηριστούν σαν το τελευταίο βήμα πριν τη μαζική παράγωγή, το σημαντικό είναι πως η κατασκευή ενός κινητήρα από κεραμικά υλικά χωρίς σύστημα ψύξης είναι εφικτή. Απομένει ακόμα η κατασκευή ενός κεραμικού κινητήρα που θα περάσει όλα τα τεστ λειτουργίας που απαιτούνται για κάθε κινητήρα πριν τεθεί σε κανονική παραγωγή, με τη διαφορά ότι τώρα οι κατασκευαστές ξέρουν τι θέλουν και πώς αυτό είναι απόλυτα εφικτό.

8.5 Διάταξη των κυλίνδρων

Ανάλογα με την διάταξη των κινητήρων έχουμε:

- Ø κινητήρες με τους κυλίνδρους σε σειρά.
- Ø Κινητήρες με τους κυλίνδρους σε διάταξη V
- Ø Κινητήρες αντιτιθέμενων εμβόλων boxer

Κινητήρες με τους κυλίνδρους σε σειρά



Εικόνα 8.10 : Εξωτερική μορφή του κινητήρα εν σειρά



Εικόνα 8.11 : Διάταξη των εμβόλων του κινητήρα εν σειρά

Πλεονεκτήματα:

- Λιγότερα εξαρτήματα που έχει σαν αποτέλεσμα μειωμένες πιθανότητες θραύσης και ευκολία στην συντήρηση.
- Ευκολία στην προσαρμογή του κινητήρα (από κατασκευαστές και μηχανικούς).
- Χαμηλότερο κόστος παραγωγής.

Μειονεκτήματα:

- Μικρή μηχανική απόδοση.
- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άνω των 6 κυλίνδρων γιατί ο κινητήρας αποκτάει πολύ μεγάλο μήκος που επηρεάζει την αεροδυναμική του αυτοκινήτου.

Κινητήρες με τους κυλίνδρους σε διάταξη V



Εικόνα 8.12 : Εξωτερική μορφή του κινητήρα τύπου V



Εικόνα 8.13 : Διάταξη των εμβόλων του κινητήρα τύπου V

Πλεονεκτήματα:

- Αυξημένη μηχανική απόδοση που έχει σαν αποτέλεσμα γραμμικότερη ροπή και μεγαλύτερης ισχύος.
- Μειωμένος θόρυβος και κραδασμοί κατά την λειτουργία του κινητήρα λόγω της καλύτερης περιστροφικής ισορροπίας.
- Λόγο του σχήματος V μειώνεται το ύψος του κινητήρα και ευνοείται η αεροδυναμική του αυτοκινήτου.

Μειονεκτήματα

- Αύξηση του αριθμού των κινούμενων μερών που έχει σαν συνέπεια μεγαλύτερες πιθανότητες θραύσης, αύξηση του κόστους κατασκευής και του βάρους.
- Δυσκολότερη προσαρμογή του κινητήρα.

Κινητήρες αντιτιθέμενων εμβόλων boxer



Εικόνα 8.14 : Εξωτερική μορφή του κινητήρα τύπου boxer



Εικόνα 8.15 : Διάταξη των εμβόλων του κινητήρα τύπου boxer

Πλεονεκτήματα

- Αυξημένη μηχανική απόδοση λόγω της επίπεδης τοποθέτησης των εμβόλων, δηλαδή το βάρος τους δεν επιδρά σαν ανασταλτικός παράγοντας και το κάθε έμβολο υποβοηθά το αντίθετο έμβολο επιτυγχάνοντας καλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Σχεδόν ανύπαρκτοι κραδασμοί κατά την λειτουργία του κινητήρα γιατί οι δυνάμεις που δημιουργούν τα έμβολα κατά την κίνησή τους αλληλοεξουδετερώνονται από την αντίθετη τοποθέτησή τους.
- Το σχήμα του κινητήρα επιτρέπει την τοποθέτησή του, χαμηλά στο πλαίσιο του αυτοκινήτου. Έτσι το κέντρο βάρους γίνεται πιο χαμηλό βελτιώνοντας την ισορροπία. Ακόμα ο μετώπας (καπό) μπορεί να τοποθετηθεί πιο χαμηλά με θετική επίδραση στην αεροδυναμική.

Μειονεκτήματα

- Αύξηση του αριθμού των κινούμενων μερών με αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους και του κόστους κατασκευής.
 - Είναι πολύ δύσκολο να χρησιμοποιηθούν άνω των 6 κυλίνδρων λόγω του μεγάλου όγκου του κινητήρα.
- Κατά την παρατήρηση του κινητήρα εξωτερικά διακρίνεται ότι, είναι δομημένος από ένα σύνολο εξαρτημάτων, τα οποία αναλύονται παρακάτω.

8.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Ε10

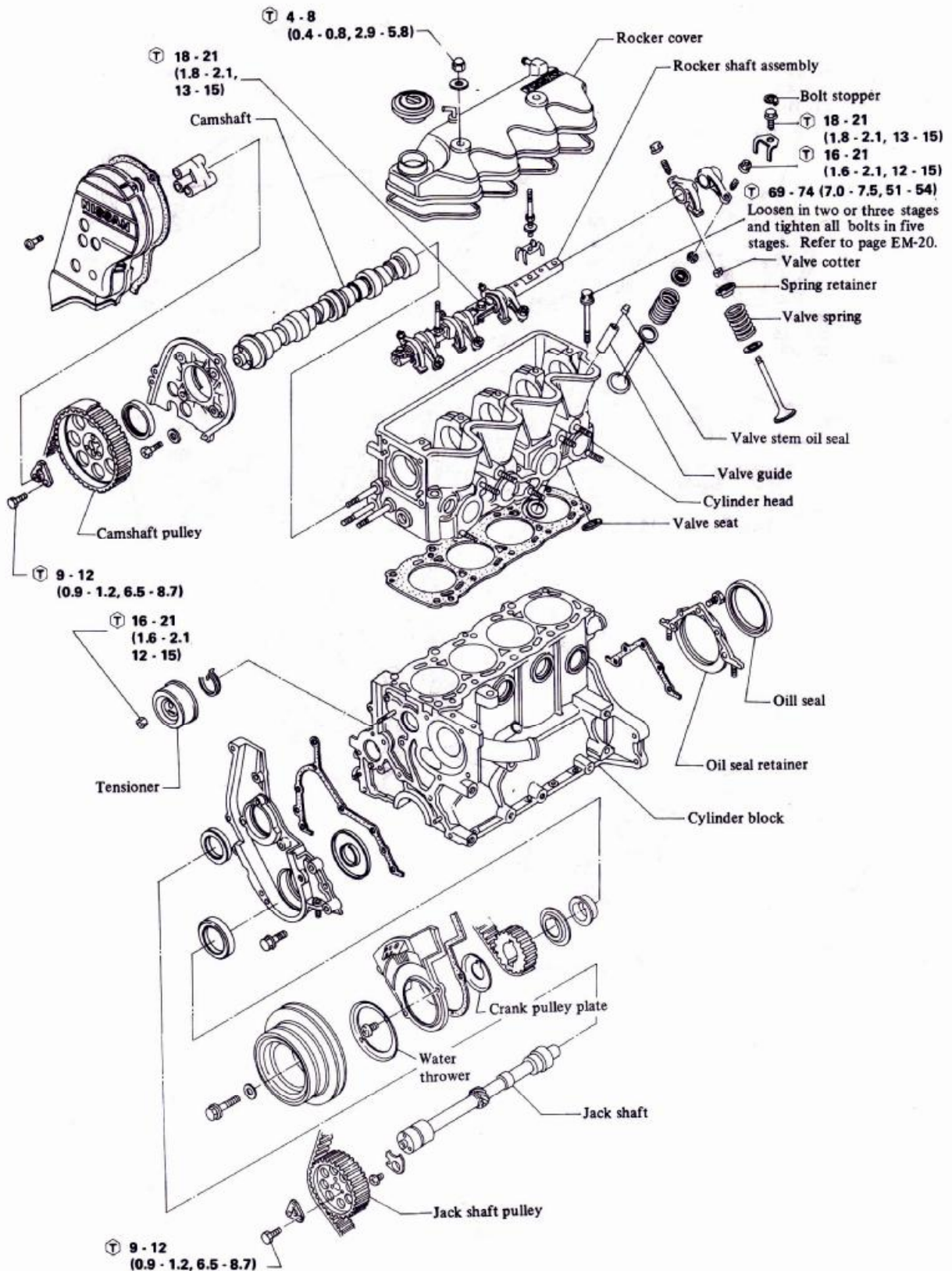


Εικόνα 8.16 : Φωτογραφία του κινητήρα Ε10

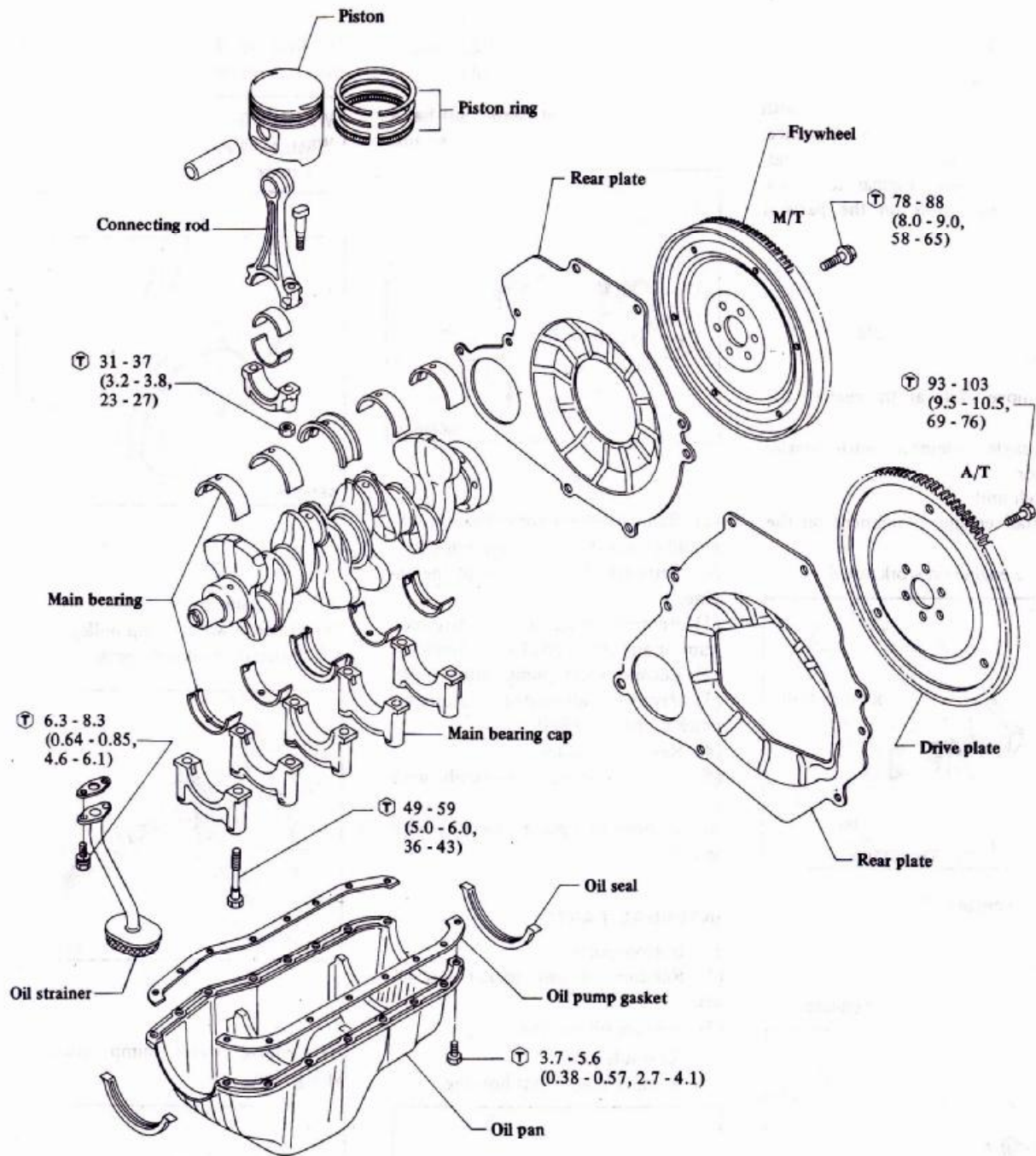
8.6.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Πίνακας 1 :Τα τεχνικά στοιχεία του κινητήρα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ	4
ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ	ΣΕ ΣΕΙΡΑ
ΔΙΑΤΑΞΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ	ΕΠΙΚΕΦΑΛΗΣ
ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ	ΕΠΙΚΕΦΑΛΗΣ
ΣΕΙΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ	1-3-4-2
ΤΡΟΠΟΣ ΨΥΞΗΣ	ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΣ
ΚΥΛΙΝΔΡΙΣΜΟΣ	987CM³
ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ	73mm
ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΕΜΒΟΛΟΥ	59mm
ΙΣΧΥΣ	95hp
ΣΧΕΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	9:1
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ	8000ΣΤΡ/ΛΕΠΤΟ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΒΡΑΔΥΠΟΡΕΙΑΣ	700+/-50 ΣΤΡ/ΛΕΠΤΟ
ΔΙΑΚΕΝΟ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (ΖΕΣΤΟΣ)	0,28mm
ΔΙΑΚΕΝΟ ΒΑΛΒΙΔΩΝ (ΨΥΧΡΟΣ)	0,22mm
ΔΙΑΚΕΝΟ ΠΛΑΤΙΝΩΝ	0,45-0,55mm
ΛΑΔΙ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	SAE 20W-20
ΛΑΔΙ ΚΙΒΩΤΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ	85W
ΥΓΡΟ ΦΡΕΝΩΝ	DOT 3
ΤΥΠΟΣ ΜΠΟΥΖΙ	BPSES



Σχήμα 8.14 : Εξωτερικά εξαρτήματα του κινητήρα E10



Σχήμα 8.15 : Εσωτερικά εξαρτήματα του κινητήρα E10

Ροπές σύσφιξης

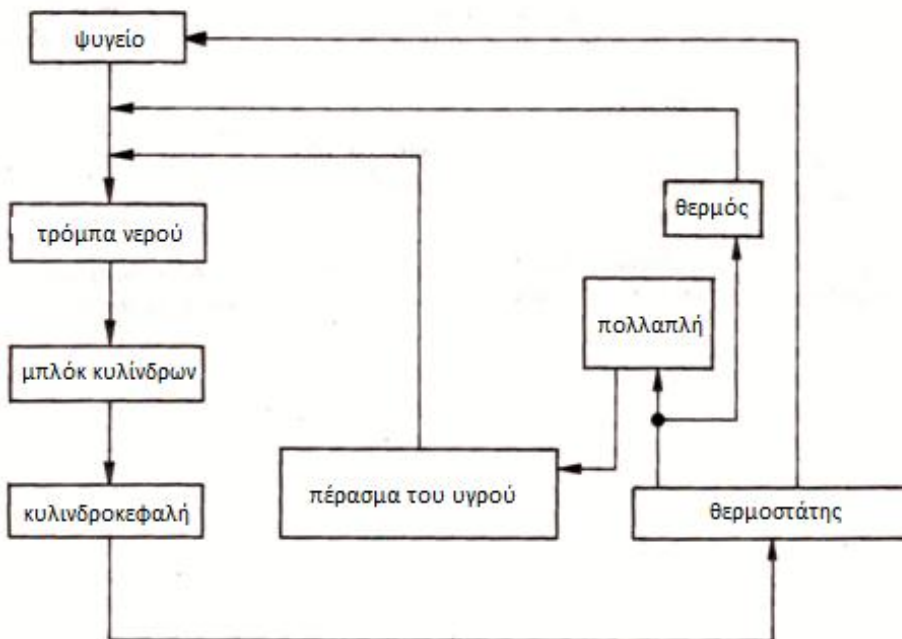
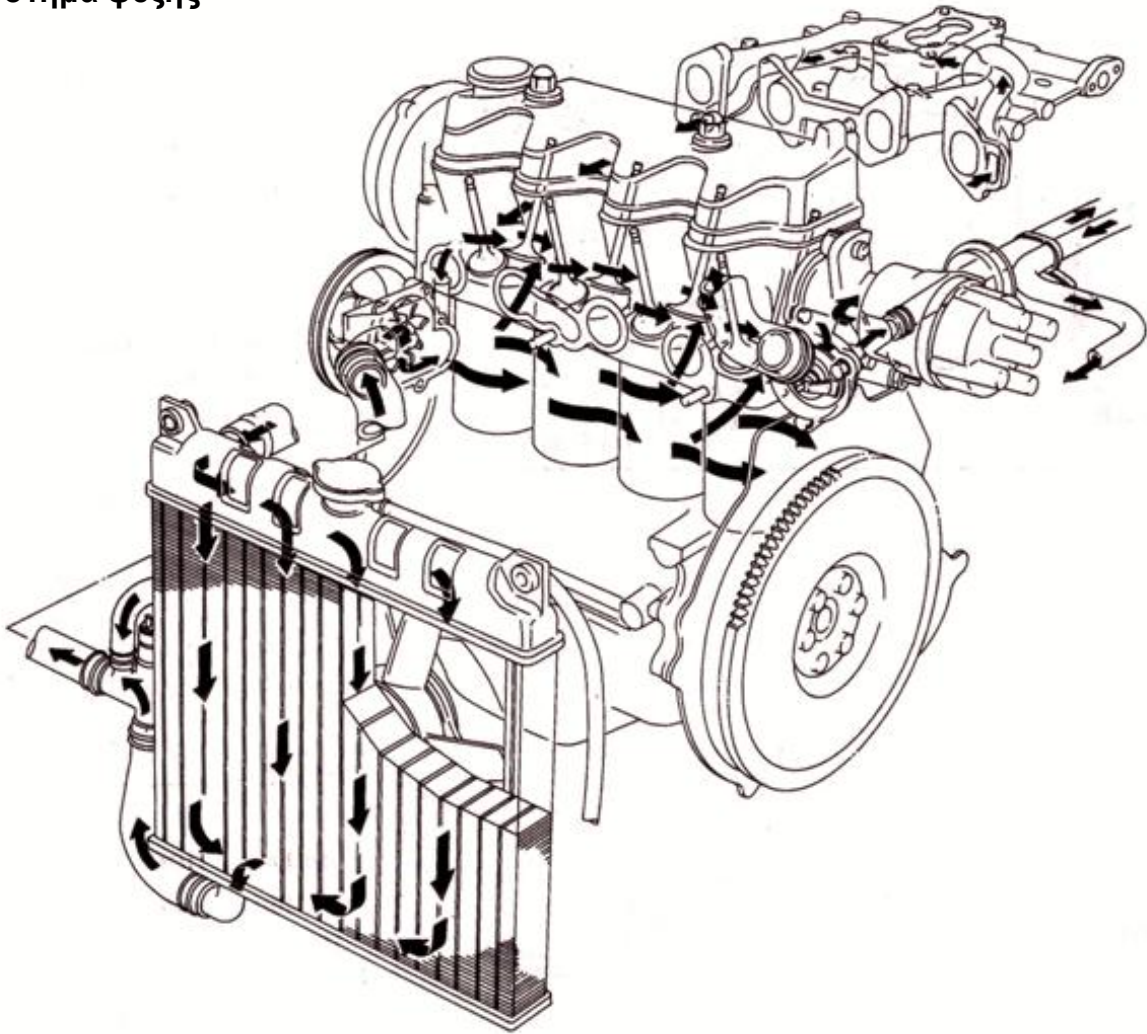
Πίνακας 8.2 : Ροπές σύσφιξης εξωτερικών εξαρτημάτων

Unit	N·m	kg·m	ft·lb
Alternator bracket bolt	9.1 - 11.8	0.93 - 1.2	6.7 - 8.7
Alternator to adjusting bar bolt	16 - 21	1.6 - 2.1	12 - 15
Clutch cover fixing bolt	7 - 10	0.7 - 1.0	5.1 - 7.2
Engine mounting bracket to cylinder block	29 - 39	3.0 - 4.0	22 - 29
Engine mounting bracket to cylinder head	16 - 21	1.6 - 2.1	12 - 15
Fuel pump attaching nut	9.1 - 11.8	0.93 - 1.2	6.7 - 8.7
Intake & exhaust manifold nut	16 - 21	1.6 - 2.1	12 - 15
Oil pump securing nut	9.1 - 11.8	0.93 - 1.2	6.7 - 8.7
Oil pump securing bolt	9.1 - 11.8	0.93 - 1.2	6.7 - 8.7
Power steering pump bracket	26 - 34	2.7 - 3.5	20 - 25
Power steering pump fixing bolt	31 - 42	3.2 - 4.3	23 - 31
Spark plug	20 - 29	2.0 - 3.0	14 - 22
Water pump pulley bolt	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Water pump bolt	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Compressor bracket bolt	26 - 34	2.7 - 3.5	20 - 25
Compressor to bracket	26 - 34	2.7 - 3.5	20 - 25
Crank pulley bolt	113 - 147	11.5 - 15.0	83 - 108
Dust cover screw	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Thermostat housing bolt	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7

Πίνακας 8.3 : Ροπές σύσφιξης εσωτερικών εξαρτημάτων

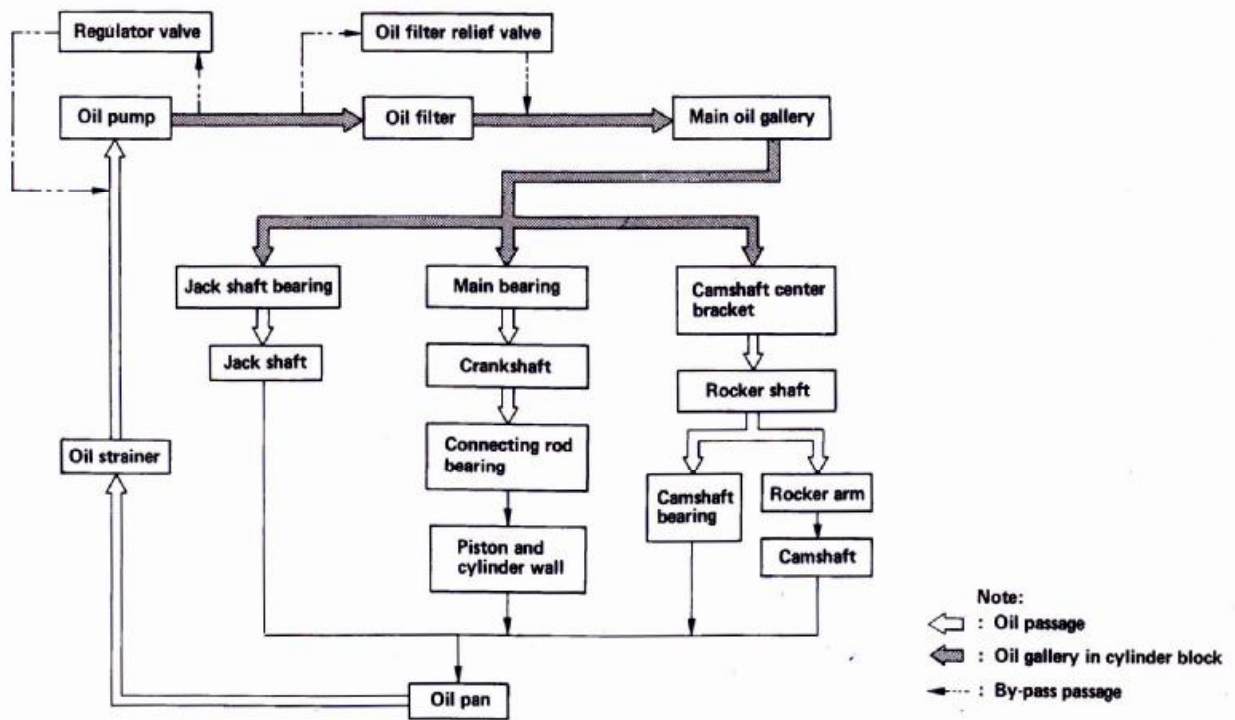
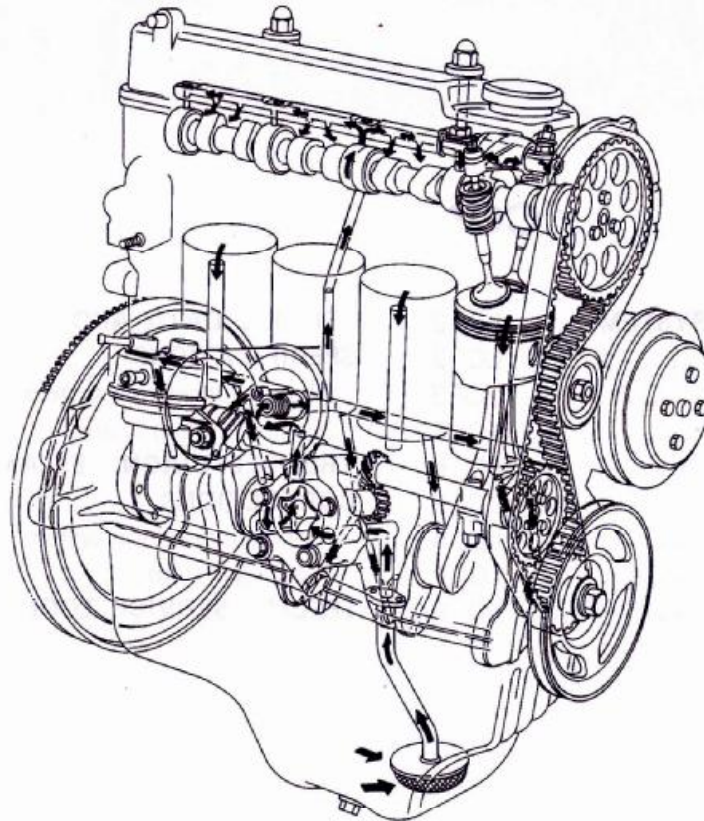
Unit	N·m	kg·m	ft·lb
Camshaft pulley bolt	6 - 8	0.6 - 0.8	4.3 - 5.8
Connecting rod nut	31 - 37	3.2 - 3.8	23 - 27
Cylinder head bolt	1st	39 - 44	4.0 - 4.5
	2nd	69 - 74	7.0 - 7.5
Cylinder head front cover	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Flywheel bolt	78 - 88	8.0 - 9.0	58 - 65
Drive plate bolt	93 - 103	9.5 - 10.5	69 - 76
Front cover bolt	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Jack shaft pulley bolt	6 - 8	0.6 - 0.8	4.3 - 5.8
Main bearing cap bolt	49 - 59	5.0 - 6.0	36 - 43
Oil pan bolt & nut	3.7 - 5.0	0.38 - 0.51	2.7 - 3.7
Oil pan drain plug	35 - 47	3.6 - 4.8	26 - 35
Oil strainer bolt	6.3 - 8.3	0.64 - 0.85	4.6 - 6.1
Rocker shaft bolt	18 - 21	1.8 - 2.1	13 - 15
Tensioner lock nut	16 - 21	1.6 - 2.1	12 - 15
Rocker cover nut	4 - 8	0.4 - 0.8	2.9 - 5.8
Rocker arm lock nut	16 - 21	1.6 - 2.1	12 - 15

σύστημα ψύξης



Σχήμα 8.16 : Κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού

σύστημα λίπανσης



Σχήμα 8.17 : Κυκλοφορία του λαδιού

Περιγραφή των δομικών εξαρτημάτων του κινητήρα E10

Κατά την παρατήρηση του κινητήρα εξωτερικά διακρίνουμε ότι είναι δομημένος από ένα σύνολο εξαρτημάτων τα οποία αναλύονται παρακάτω. Στα δομικά εξαρτήματα του κινητήρα έχουν γίνει οι κατάλληλες διεργασίες ώστε να φτάσουν στο τελικό στάδιο της βαφής. Η βαφή έγινε για την εξυπηρέτηση των αναγκών της εργασίας μας με την έκθεση του κινητήρα, που είχε υποστεί σοβαρές επιφανειακές διαβρώσεις από την επίδραση του χρόνου.

8.6.2 Το καπάκι της κεφαλής

Το καπάκι της κεφαλής (εικόνα 8.17, 8.18) βρίσκεται στο ανώτερο σημείο του κινητήρα και σκοπός του είναι η σφράγιση και στεγανοποίηση των εξαρτημάτων της κεφαλής από διαρροές λαδιού, με την παρεμβολή βέβαια της φλάντζας.

Σαν υλικό κατασκευής για το καπάκι χρησιμοποιείται ο χυτοσίδηρος (στην περίπτωση του E10) και το αλουμίνιο.



Εικόνα 8.17 : Το καπάκι πριν τη βαφή



Εικόνα 8.18 : Το καπάκι μετά την βαφή

8.6.3 Η κεφαλή

Η κεφαλή (εικόνα 8.19, 8.20) συνδέεται με το σώμα των κυλίνδρων και μέσω της φλάτζας επιτυγχάνεται η εξωτερική στεγανότητα αλλά και η στεγανότητα του θαλάμου καύσης. Με την δομή της κεφαλής επιτρέπεται η κυκλοφορία νερού για την ψύξη των εξαρτημάτων που φέρει.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας του κάθε κινητήρα τα μηχανικά μέρη από τα οποία αποτελείται η κεφαλή διαφοροποιούνται. Στον κινητήρα E10, δηλαδή σε έναν σύνηθες τετράχρονο κινητήρα εντός της κεφαλής συναντάμε, τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής με τα ελατήριά τους και τους οδηγούς, τον εκκεντροφόρο, τους αναφλεκτήρες μπουζί και τον θερμοστάτη. Ακόμα στην κεφαλή είναι διαμορφωμένοι οι αυλοί εισαγωγής ώστε να επικοινωνούν οι βαλβίδες εισαγωγής με την πολλαπλή εισαγωγής και να έχουμε είσοδο του καυσίμου. Αντίστοιχα είναι διαμορφωμένοι οι αυλοί εξαγωγής ώστε να επικοινωνούν οι βαλβίδες εξαγωγής με τον πολλαπλή εξαγωγής και να έχουμε έξοδο των καυσαερίων.

Οι κεφαλές λόγω των πολλαπλών καταπονήσεων και των δύσκολων συνθηκών λειτουργίας κατασκευάζονται από υλικά υψηλών προδιαγραφών.

- Ø Χυτοσίδηρος, με προσθήκες νικελίου, χρωμίου βαναδίου, χαλκού.
- Ø Αλουμίνιο (στην περίπτωση του E10) με προσθήκες χαλκού, πυριτίου, μαγνησίου, ψευδαργύρου, νικελίου.

Με την προσθήκη των ανωτέρων στοιχείων έχουμε βελτιωμένες ιδιότητες σε διάβρωση, θερμοκρασία τήξης, σκληρότητα. Ακόμα διευκολύνεται η χύτευση ώστε μπορούν και αποδίδονται δύσκολες μορφές, το βάρος διατηρείται μικρό και το κόστος παραγωγής είναι μικρό.



Εικόνα 8.19 : Κεφαλή προ βαφής



Εικόνα 8.20 : Η κεφαλή βαμμένη με κατάλληλο χρώμα που αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες

8.6.4 Το σώμα του κινητήρα (κορμός, μπλοκ)

Είναι το μεγαλύτερο κομμάτι του κινητήρα και εκεί είναι ενσωματωμένοι οι κύλινδροι που είτε είναι ενιαίο τμήμα του σώματος είτε διαφορετικό (χιτώνια). Στο σώμα διαμορφώνονται σπές για την κυκλοφορία του νερού και την αποβολή θερμότητας βλέπε (εικόνα 8.21 έως 8.24).

Επίσης υπάρχουν κατάλληλες διαμορφωμένες θέσεις για να μπορεί να δέχεται την αντλία νερού, λαδιού, την μίζα, τα στοιχεία κύλισης (ρουλεμάν), τα στοιχεία στεγάνωσης (φλάτζες και τάπες) και τις βάσεις στήριξης του κινητήρα.

Το σώμα του κινητήρα δέχεται όλων των μορφών καταπονήσεις και οι υψηλές θερμοκρασίες επιφέρουν διαστολές και συστολές. Γι' αυτό κατασκευάζονται από κράματα:

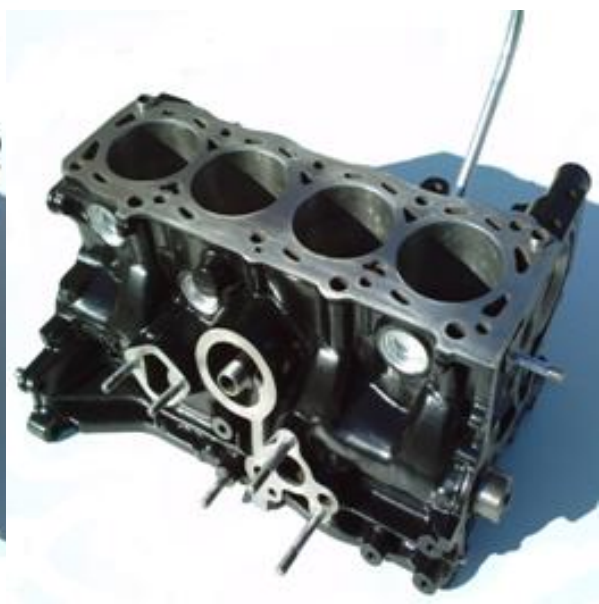
- Ø Χυτοσίδηρου (για τον E10) με προσμίξεις χρωμίου, νικελίου, μολυβδαινίου, χαλκού ή και άλλων μετάλλων.
- Ø Αλουμινίου (ντουραλουμίνιο) με προσμίξεις πυριτίου, χαλκού, ψευδαργύρου, μαγνησίου, χρωμίου ή και άλλων μετάλλων.

Τα υλικά αυτά επιλέγονται επειδή:

- Ø Τήκονται (λιώνουν) σε χαμηλές θερμοκρασίες
- Ø Έχουν μεγάλη ρευστότητα, ώστε με την χύτευση αποδίδουν απόλυτα εξωτερικές και εσωτερικές μορφές.
- Ø Εύκολη κατεργασία σε μηχανές και λειαντικά μηχανήματα.
- Ø Επιδέχονται θερμικές και χημικές επεξεργασίες που αυξάνουν τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.
- Ø Είναι ελαφρά κράματα και έχουν σχετικά μικρό κόστος παραγωγής.



Εικόνα 8.21 : Το σώμα πριν τη βαφή



Εικόνα 8.22 : Το σώμα μετα την βαφή



8.6.5 Ελαιολεκάνη (κάρτερ)

Είναι ο χώρος αποθήκευσης της προβλεπόμενης ποσότητας λιπαντικού βλέπε (εικόνα 8.25). Συνδέεται με το σώμα με την παρεμβολή της φλάντζας και ειδικών τσιμουχών για την στεγανοποίηση του στροφαλοθαλάμου από διαρροές λαδιού. Έχει εσωτερικά χωρίσματα για τον περιορισμό της κίνησης του λαδιού και νευρώσεις για την αύξηση της αντοχής.

Η ελαιολεκάνη του E10 είναι κατασκευασμένη από χάλυβα και διαμορφωμένη σε πρέσα. Σαν εναλλακτικό μέταλλο που οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν είναι το αλουμίνιο.



Εικόνα 8.25 : Ελαιολεκάνη

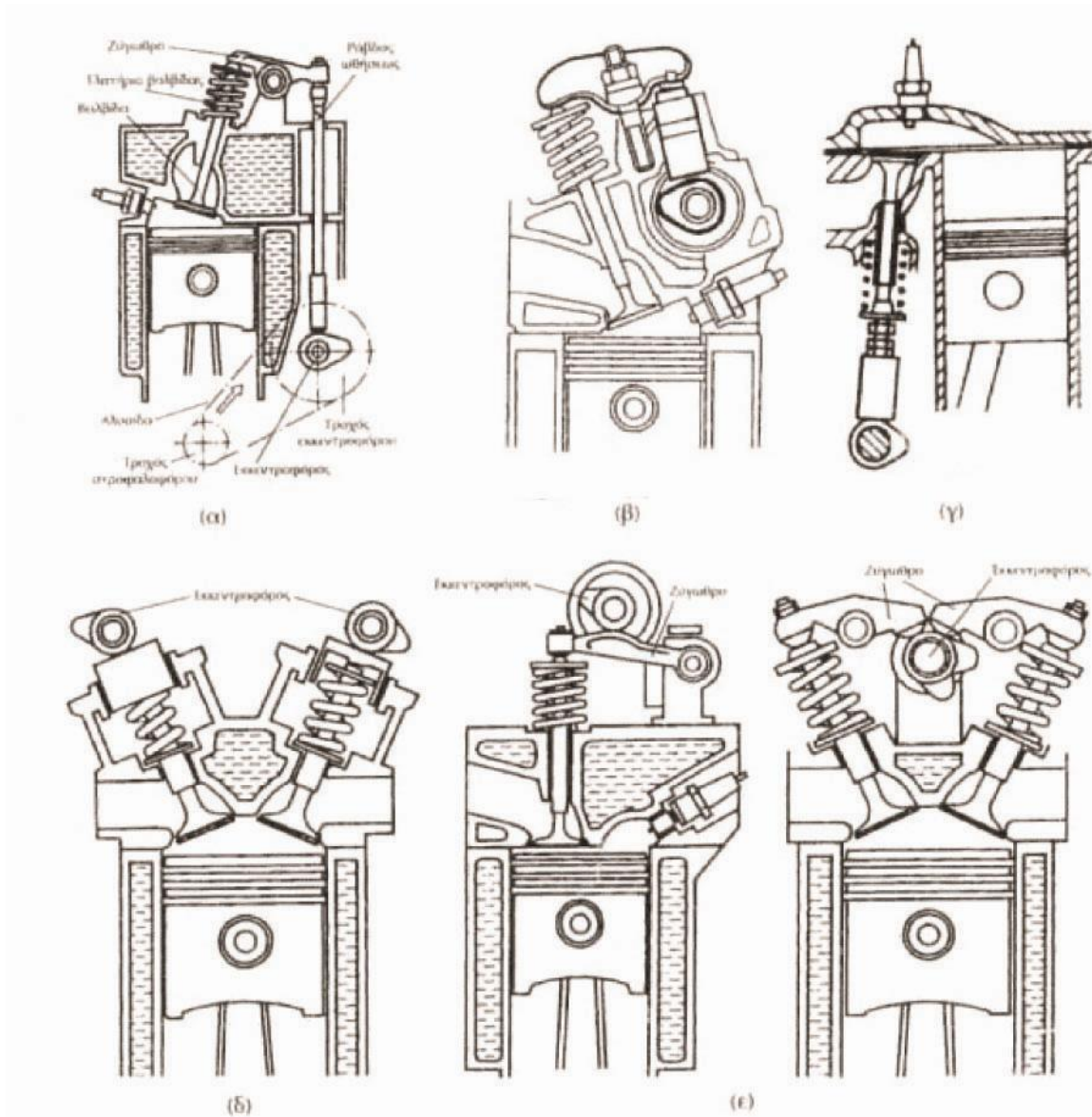
**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ
ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ
ΜΕΤΑΔΙΔΟΥΝ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΑΥΤΕΣ**



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικά Σχέδια με αριθμό 5, 6, 7, 8

9.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ

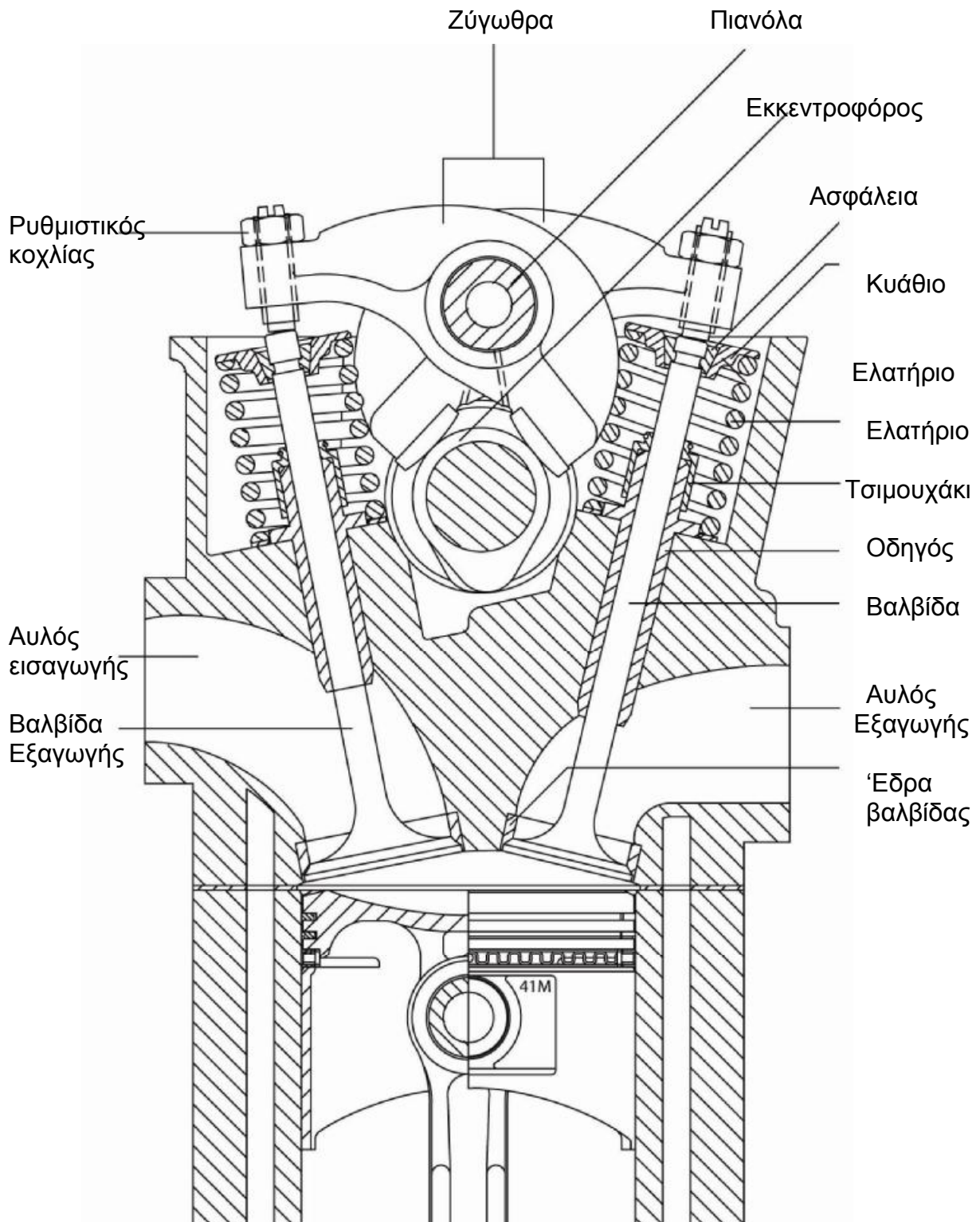
Στα παρακάτω σχέδια βλέπουμε διάφορα συστήματα για την μετάδοση της κίνησης από τον εκκεντροφόρο στις βαλβίδες. Η μορφή του κάθε συστήματος εξαρτάται από το σημείο που είναι τοποθετημένος ο εκκεντροφόρος (σχήμα 9.1).



Σχήμα 9.1 : Συστήματα για την μετάδοση της κίνησης από τον εκκεντροφόρο στις βαλβίδες

- α-β) Εκκεντροφόρος στο πλάι και μετάδοση της κίνησης μέσω ωπήριου - ζυγώθρου.
- γ) Μετάδοση της κίνησης μόνο μέσω ωστηρίου λόγω της θέσης των βαλβίδων.
- δ) Εκκεντροφόρος επικεφαλής και μετάδοση της κίνησης μέσω καπελώτων.
- ε) Εκκεντροφόρος επικεφαλής και μετάδοση της κίνησης μέσω ζυγώθρων.

Παρακάτω περιγράφεται η διάταξη του συστήματος που διαθέτει ο κινητήρας του πειράματος μας (σχήμα 9.2), καθώς και τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Το σύστημα αυτό είναι πολύ διαδεδομένο, γιατί τα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται είναι τοποθετημένα σε θέση πολύ εύκολη για συντήρηση.



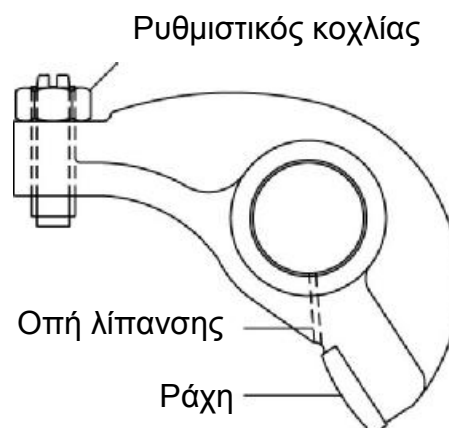
Σχήμα 9.2 : Το σύστημα του κινητήρα E 10

9.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

9.2.1 Ζύγωθρα ή κοκκοράκια



Εικόνα 9.1 : Τα ζύγωθρα του κινητήρα μας



Σχήμα 9.3 : Αντίστοιχο σχέδιο

Τα ζύγωθρα τοποθετούνται στην πιανόλα (που την αναλύουμε παρακάτω) και το ένα άκρο εφάπτεται μέσω του ρυθμιστικού κοχλίου στην βαλβίδα και το άλλο άκρο εφάπτεται στο έκκεντρο του εκκεντροφόρου, σχηματίζοντας μοχλό πρώτου είδους. Το άκρο που εφάπτεται στον εκκεντροφόρο ονομάζεται και ράχη (σχήμα 9.3). Η κίνηση του εκκεντροφόρου ωθεί τα ζύγωθρα να διαγράψουν ένα μικρό τόξο ανοίγοντας και κλείνοντας έτσι τις βαλβίδες.

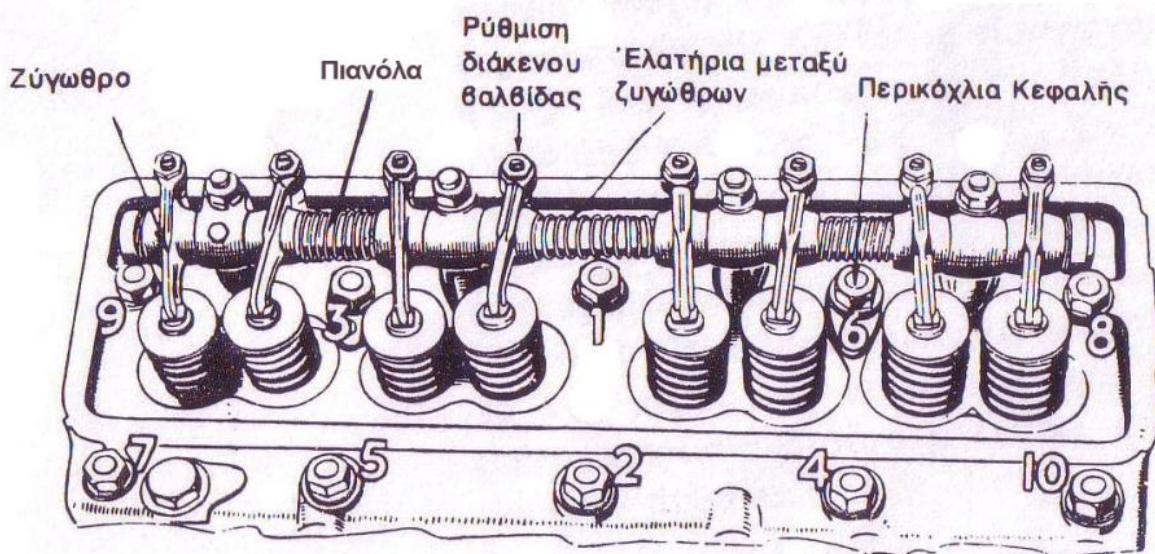
Λόγω των μεταβαλλόμενων θερμοκρασιών οι βαλβίδες διαστέλλονται. Γι αυτόν τον λόγο στο άκρο κάθε ζύγωθρου που εφάπτεται την βαλβίδα διαθέτει ένα ρυθμιστικό κοχλίο για την ρύθμιση του διακένου. Το επιτρεπόμενο διάκενο το ορίζει ο κατασκευαστής και είναι διαφορετικό για τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής. Το διάκενο αυτό μετρείται με ένα ειδικό εργαλείο που ονομάζεται filler.

Στο ζύγωθρο είναι διαμορφωμένη μια οπή για την δίοδο του λαδιού, ώστε να επιτρέπεται η λίπανση του σημείου επαφής του ζύγωθρου με την πιανόλα και η λίπανση της ράχης με το έκκεντρο. Το υλικό κατασκευής των ζύγωθρων είναι είτε χάλυβας είτε κράματα αλουμινίου.

9.2.2 Πιανόλα ή (πληκτροφορέας)



Εικόνα 9.2 : Εικονιζόμενη πιανόλα του κινητήρα E10



Σχήμα 9.4 : Πιανόλα τοποθετημένη επί κεφαλής

Είναι ο άξονας στον οποίο προσαρμόζονται τα ζύγωθρα (εικόνα 9.2). Στην πιανόλα υπάρχουν διαμορφωμένες οπές για να προσαρμόζεται επάνω στα μπουζόνια της κεφαλής και να σφίγγεται εκεί σταθερά. Ακόμα στην πιανόλα τοποθετούνται είτε ελατήρια είτε ελάσματα, ώστε τα ζύγωθρα να παραμένουν στην θέση τους, μη επιτρέποντας τις αξονικές μετατοπίσεις.

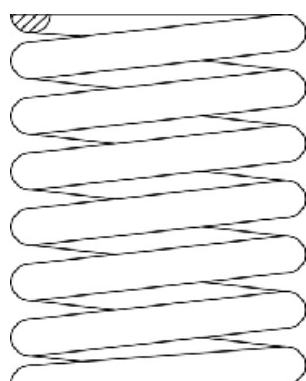
Εσωτερικά η πιανόλα είναι διάτρητη (φέρει οπές) ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία του λαδιού και να λιπαίνονται τα ζύγωθρα.

Το υλικό κατασκευής, της πιανόλας είναι ο χάλυβας. Η πιανόλα κατασκευάζεται συνήθως μονοκόμματη ή και διαιρητή. Δεν καταστρέφεται εύκολα γιατί λιπαίνεται συνεχώς και η μόνη βλάβη που παρουσιάζει είναι η στρέβλωση, όταν παραβιαστεί η λειτουργία της, ή λόγω της κακής τοποθέτησης.

9.2.3 Ελατήρια των βαλβίδων



Εικόνες 9.3 : Διάφορα ελατήρια βαλβίδων



Σχήμα 9.5 : Αποτύπωση του ελατηρίου μας σε σχέδιο

Τα ελατήρια (εικόνες 9.3) είναι υπεύθυνα για το κλείσιμο των βαλβίδων, ώστε να επιτυγχάνεται η στεγανότητα μεταξύ έδρας και βαλβίδας. Καθώς ο μηχανισμός του εκκεντροφόρου ανοίγει τις βαλβίδες τα ελατήρια στη συνέχεια επαναφέρουν τις βαλβίδες στην αρχική τους θέση. Τα ελατήρια θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυρά ώστε να διατηρούν την βαλβίδα σε συνεχή επαφή με το ζύγωθρο για να αποφεύγεται η αναπηδήση της βαλβίδας όταν ο κινητήρας δουλεύει σε μεγάλες στροφές.

Το ελατήριο θα πρέπει να είναι σωστά γωνιασμένο και τοποθετημένο ώστε να αποφεύγεται η μονόπλευρη πίεση της βαλβίδας μέσα στον οδηγό και στην έδρα της.

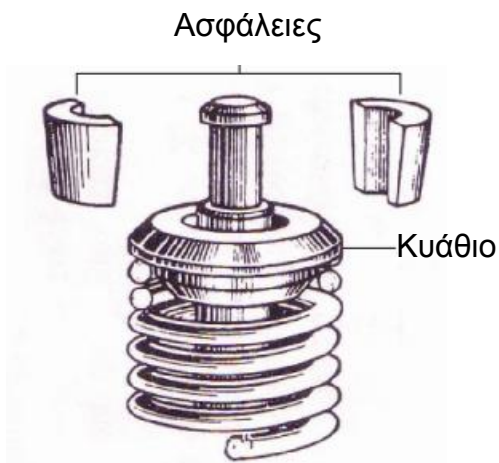
Τα χρησιμοποιούμενα ελατήρια μπορεί να είναι μονά, διπλά, η και τριπλά. Στόχος των πολλών ελατηρίων είναι να αποφεύγονται οι συντονισμένες ταλαντώσεις του ελατηρίου που δημιουργεί αναπηδήσεις και χτύπους στις βαλβίδες. Τα πολλά ελατήρια έχουν πλεονέκτημα, ότι σε περίπτωση θραύσης του ενός, αποφεύγονται οι άμεσες βλάβες και ζημιές.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται διαφορετικά ελατήρια για τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής. Οι κατασκευαστές μπορεί να έχουν χρωματίσει τα ελατήρια για να ξεχωρίζουν.

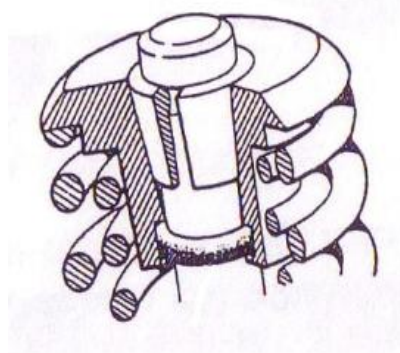
Οι περισσότεροι κατασκευαστές αναφέρουν στο κατασκευαστικό βιβλίο το μήκος, πλάτος, χρώμα και την δύναμη επαναφοράς που θα πρέπει να διαθέτει το ελατήριο.

Σαν υλικό κατασκευής των ελατηρίων χρησιμοποιείται μαγκανιούχος χάλυβας που έχει μεγάλη ελαστικότητα και αντοχή.

9.2.4 Ασφάλειες για την συγκράτηση του ελατηρίου



Σχήμα 9.6



Σχήμα 9.7

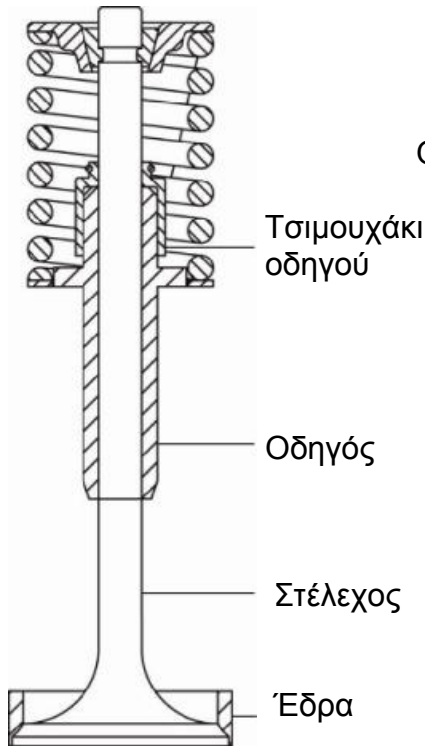
Πολλοί τρόποι έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την συγκράτηση του ελατηρίου πάνω στο στέλεχος της βαλβίδας όπως είναι πχ οι πείροι. Τώρα πλέον κατά γενικό κανόνα χρησιμοποιούνται οι ημικωνικές ασφάλειες (σχήμα 9.6, 9.7).

Παρακάτω αναλύουμε την συγκράτηση του ελατηρίου με τη χρήση ημικωνικών ασφαλειών. Το εξάρτημα που συνεργάζεται με τις ασφάλειες και ολοκληρώνει την συγκράτηση του ελατηρίου είναι το κυάθιο.

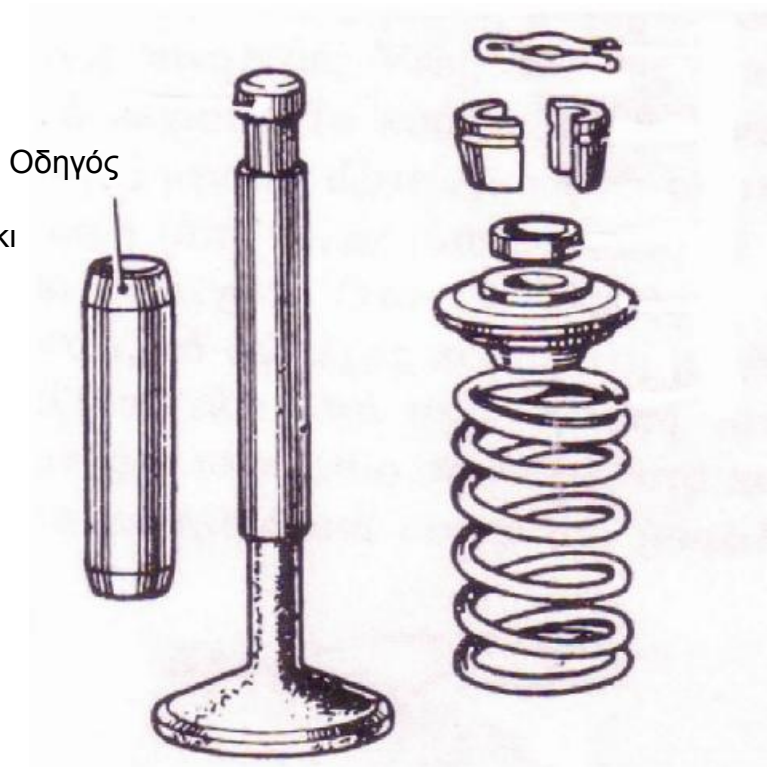
Για να εξασφαλίσουμε την συγκράτηση του ελατηρίου ακολουθούμε την εξής διαδικασία: Τοποθετούμε το ελατήριο με το κυάθιο προσαρμοσμένο στο πάνω μέρος του, εντός της κεφαλής όπου θέλουμε να το τοποθετήσουμε. Στη συνέχεια με ειδικό εργαλείο πίεσης ελατηρίων συμπιέζουμε το ελατήριο προς τα κάτω. Τέλος τοποθετούμε τις ημικωνικές ασφάλειες στην ουρά της βαλβίδας και αποσυμπιέζουμε το ελατήριο. Λόγω της κωνικής μορφής των ασφαλειών, το κυάθιο σφηνώνει και το ελατήριο συγκρατείται σταθερά στην θέση του.

Οι ημικωνικές ασφάλειες κατανέμουν την δύναμη του ελατηρίου ομοιόμορφα στην ουρά της βαλβίδας, σε αντίθεση με τους πείρους που η δύναμη επιδρά σε δυο σημεία μόνο.

9.2.5 Οδηγοί των βαλβίδων



Σχήμα 9.8 : Ο οδηγός και τα υπόλοιπα στοιχεία σε τομή



Σχήμα 9.9

Εντός του οδηγού κινείται το στέλεχος της βαλβίδας. Ο οδηγός είναι το εξάρτημα που ευθυγραμμίζει την βαλβίδα ώστε, όταν αυτή κλείσει να εφαρμόσει στεγανά στην έδρα της (σχήμα 9.8, 9.9).

Το διάκενο μεταξύ οδηγού και στελέχους της βαλβίδας δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 0,125mm. Όταν φτάσουμε ή ξεπεράσουμε την τιμή αυτή αντικαθίσταται το εξάρτημα που έχει φθαρεί. Ένα σύνηθες διάκενο μεταξύ οδηγού και στελέχους έχει τιμή από 0,0375mm έως 0,0635mm.

Στον οδηγό τοποθετείται ένα ειδικό τσιμουχάκι, (σχήμα 9.8) ώστε να σταματάει το πέρασμα του λαδιού προς τον χώρο καύσης. Μια άλλη λύση λίπανσης του οδηγού είναι η ύπαρξη σπειρώματος στο εσωτερικό του από την κατασκευή του. Έτσι λιπαίνεται το στέλεχος της βαλβίδας και λόγω του σπειρώματος το περίσσιο λάδι ωθείται εκτός οδηγού.

Συνήθως οι οδηγοί βαλβίδων κατασκευάζονται από λεπτόκοκκο φαίο χυτοσίδηρο και τοποθετούνται στην κεφαλή με πίεση αφού πρώτα ψυχθεί ο οδηγός και θερμομανθεί η κεφαλή.

9.3 ΒΑΛΒΙΔΕΣ

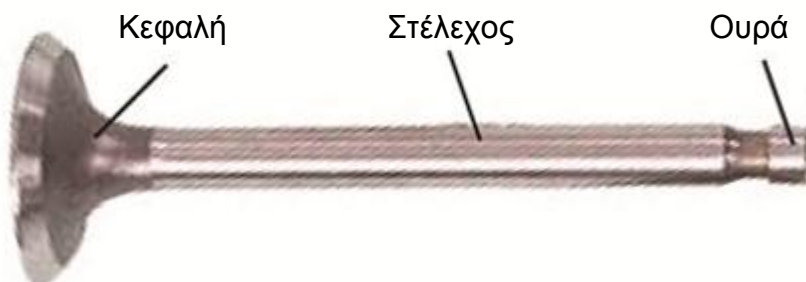


Εικόνες 9.4 : Οι βαλβίδες του κινητήρα E10

9.3.1 Σκοπός των βαλβίδων

Για την λειτουργία των τετράχρονων κινητήρων απαιτούνται σε κάθε κύλινδρο τουλάχιστον δύο βαλβίδες (εικόνα 9.4). Η μια ονομάζεται βαλβίδα εισαγωγής και έχει σκοπό να ανοίγει και να κλείνει, επιτρέποντας την είσοδο του καυσίμου μίγματος μέσα στον κύλινδρο. Η δεύτερη βαλβίδα ονομάζεται βαλβίδα εξαγωγής και έχει σκοπό να ανοίγει και να κλείνει, επιτρέποντας την έξοδο των καυσαερίων που έχουν δημιουργηθεί από την καύση του μίγματος προς την ατμόσφαιρα.

9.3.2 Περιγραφή των βαλβίδων



Εικόνα 9.5 : Ονοματολογία της βαλβίδας

Οι βαλβίδες έχουν την μορφή μύκητα και αποτελούνται από την κεφαλή, το στέλεχος και την ουρά.

Η κεφαλή της βαλβίδας μπορεί να είναι επίπεδη κοίλη ή καμπυλωτή. Το μέγεθος της κεφαλής εξαρτάται από το μέγεθος του κυλίνδρου καθώς και από τον αριθμό των βαλβίδων που έχει ο κάθε κύλινδρος.

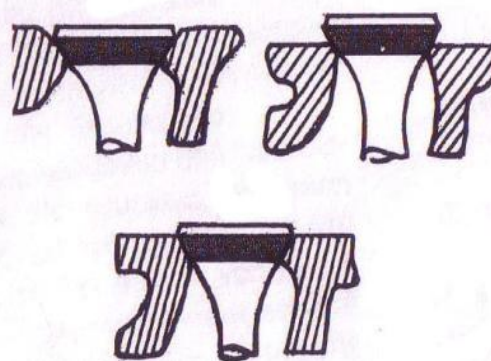
Η πλευρική επιφάνεια της κεφαλής (επιφάνεια εδράσεως) είναι κολουρονική, με κλίση συνήθως 45° . Για την εξασφάλιση του στεγανού κλεισίματος της βαλβίδας η επιφάνεια όπου εδράζεται η πλευρική επιφάνεια της κεφαλής είναι και αυτή κολουρονική με περίπου ίδια κλίση και ονομάζεται έδρα της βαλβίδας.

Η στεγανή εφαρμογή μεταξύ της έδρας και της βαλβίδας αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την καλή απόδοση της βαλβίδας καθώς έτσι εξασφαλίζεται η καλύτερη ψύξη και η αντοχή της. Η ζωή της βαλβίδας εξαρτάται βασικά από την κανονική και στεγανή επαφή του κωνικού της βαλβίδας και της έδρα της (σχήμα 9.10).

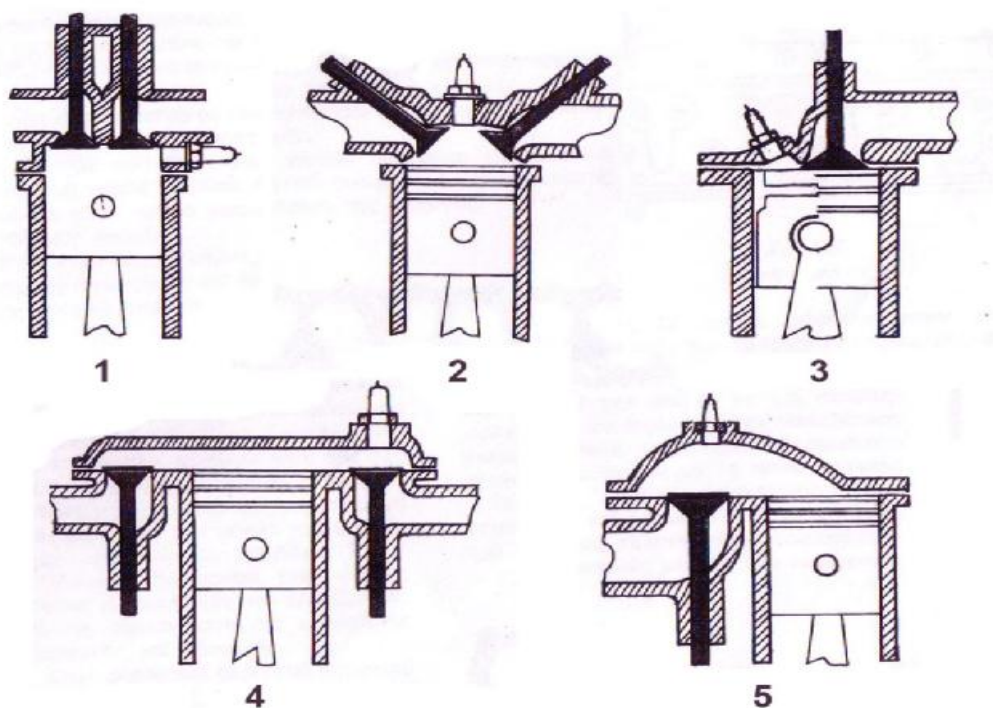
Οι έδρες των βαλβίδων είναι συνήθως ανεξάρτητα κομμάτια τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν από το καπάκι-κεφαλή και να αντικατασταθούν όταν έχουν φθαρεί. Στο (σχήμα 9.10) βλέπουμε διαφορετικά πατήματα μεταξύ έδρας και βαλβίδας.

Το στέλεχος της βαλβίδας έχει την αποστολή να κατευθύνει την βαλβίδα μέσα στον οδηγό της, διαγράφοντας παλινδρομική κίνηση.

Η ουρά της βαλβίδας είναι έτσι διαμορφωμένη ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν εκεί οι ειδικές ασφάλειες που συγκρατούν το ελατήριο επαναφοράς στην θέση του.



Σχήμα 9.10 : Πατήματα μεταξύ έδρας και βαλβίδας.



Σχήμα 9.11 : Εδώ βλέπουμε διάφορα σημεία που μπορούν να τοποθετηθούν οι βαλβίδες

Βαλβίδες εισαγωγής

Είναι υπεύθυνες για την εισαγωγή του καυσίμου μίγματος εντός των κυλίνδρων. Το μέγεθος της κεφαλής της βαλβίδας εξαρτάται από το μέγεθος του κυλίνδρου καθώς και από τον αριθμό των βαλβίδων που έχει ο κάθε κύλινδρος. Δηλαδή η διάμετρος της κεφαλής της βαλβίδας θα πρέπει να είναι υπολογισμένη προκειμένου να έχουμε την ελάχιστη δυνατή αντίσταση κατά την εισαγωγή του μίγματος και κατά την εξαγωγή των καυσαερίων

Οι βαλβίδες εισαγωγής λειτουργούν σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες που φτάνουν τους 500⁰C. Παρόλα αυτά λόγω του ότι ψύχονται συνεχώς από τη διέλευση του υγρού καυσίμου μίγματος δεν απαιτούν καμία πρόσθετη ρύθμιση για την περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας που να μην καλύπτεται από τον ήδη καλό δομικό σχεδιασμό.

Οι βαλβίδες εισαγωγής κατασκευάζονται ως ενιαίο τεμάχιο ενός μετάλλου από χάλυβα με προσμίξεις νικελίου, χρωμίου, μολυβδαινίου και πυριτίου. Για την μείωση των φθορών βάφονται οι πλευρικές επιφάνειες της κεφαλής, το στέλεχος και η ουρά.

Βαλβίδες εξαγωγής

Ανοιγοκλείνουν επιτρέποντας την έξοδο των καυσαερίων που έχουν δημιουργηθεί από την καύση του μίγματος προς την εξάτμιση και από εκεί προς την ατμόσφαιρα.

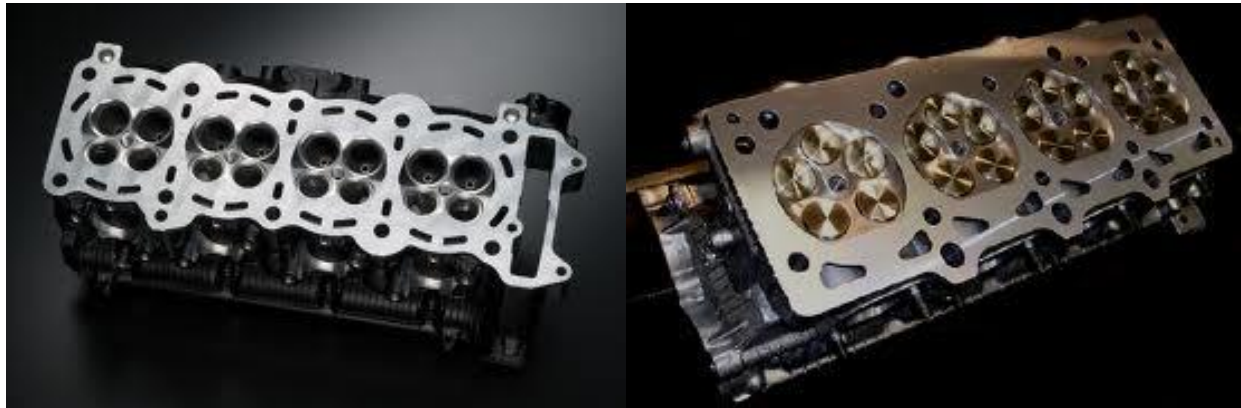
Συνήθως, η διάμετρος της κεφαλής της βαλβίδας εξαγωγής είναι μικρότερη από τη βαλβίδα εισαγωγής επειδή η υπερπίεση που ασκείται στα καυσαέρια κατά την εξαγωγή τους επιτρέπει την ταχεία έξοδο τους από τον κύλινδρο.

Οι βαλβίδες εξαγωγής παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία ψύξης και η θερμοκρασία λειτουργίας τους φτάνει τους 800⁰C. Η επιφάνεια που λαμβάνει θερμότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που απορρίπτει θερμότητα (στέλεχος-έδρα). Όταν η βαλβίδα είναι ανοιχτή το μόνο πέρασμα για την απαγωγή θερμότητας είναι από το στέλεχος προς τον οδηγό, αλλά η επιφάνεια επαφής είναι μικρή και έτσι έχουμε πολύ μικρή απαγωγή θερμότητας. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή από την επαφή της κεφαλής της βαλβίδας με την έδρα έχουμε και το σημαντικότερο πέρασμα για την απαγωγή θερμότητας(περίπου 75%).

Για την αντοχή των βαλβίδων εξαγωγής χρησιμοποιούνται βελτιωμένα υλικά βαλβίδων που μπορούν να αντισταθούν στις υψηλές θερμοκρασίες χωρίς βλάβη λόγω θραύσης, στρέβλωσης, καψίματος ή υπερβολικής φθοράς. Σαν υλικό κατασκευής χρησιμοποιείται ο χάλυβας με προσμίξεις πυριτίου, χρωμίου, κοβαλτίου, μαγγανίου ή ο ωστενικός χάλυβας με μεγάλη αναλογία σε νικέλιο και χρώμιο.

Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται διαφορετικά κράματα κατασκευής για την κεφαλή και για το στέλεχος της βαλβίδας. Τα δυο τμήματα συγκολλούνται μετωπικά με συγκόλληση τριβής.

Παρακάτω βλέπουμε κεφαλές που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των βαλβίδων. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούν περισσότερες βαλβίδες έχουν αυξημένες επιδόσεις σε ισχύ καθώς επιτυγχάνεται καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου με καύσιμο μίγμα και η έξοδος των καυσαερίων διευκολύνεται.

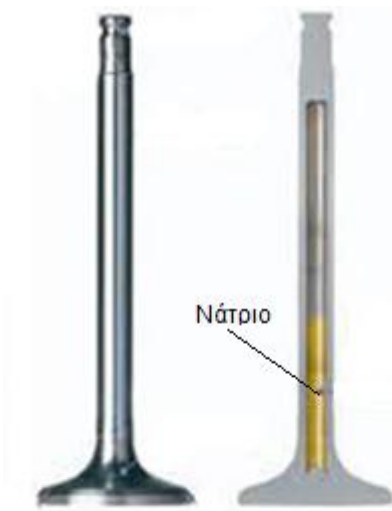


Εικόνες 9.6: Κεφαλές που διαφέρουν ως προς τον αριθμό των βαλβίδων

9.3.3 Τεχνάσματα κατά την κατασκευή των βαλβίδων για την βελτίωση της Ψύξης

Τα τεχνάσματα που θα περιγράψουμε παρακάτω αφορούν κυρίως τις βαλβίδες εξαγωγής, στις οποίες εμφανίζονται οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

- **Βαλβίδες ψυχόμενες με νάτριο**



Εικόνα 9.7

Στο εσωτερικό του στελέχους και της κεφαλής έχει διαμορφωθεί ένας ειδικός χώρος όπου και τοποθετείται το νάτριο (εικόνα 9.7). Το νάτριο λιώνει στους $97,5^{\circ}\text{C}$ και βράζει στους 880°C .

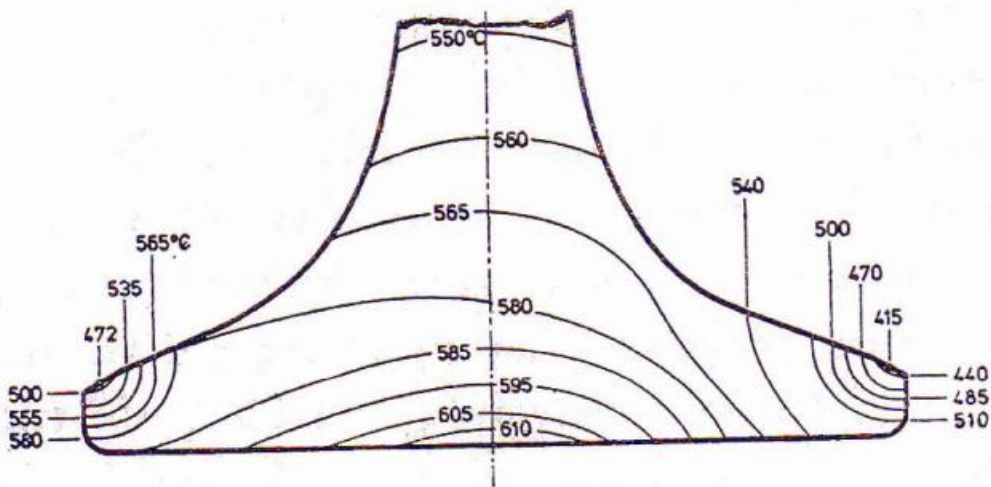
Το λιωμένο νάτριο μέσα στην βαλβίδα μεταφέρει την θερμότητα από την κεφαλή προς το στέλεχος και έτσι διευκολύνεται η απαγωγή θερμότητας και έχουμε καλύτερη ψύξη. Με αυτή την μέθοδο η μέγιστη θερμοκρασία της βαλβίδας μειώνεται περίπου κατά 100°C .

Οι βαλβίδες ψυχόμενες με νάτριο χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά πιο ευρέως διαδεδομένες είναι κατά την κατασκευή κινητήρων αεροπλάνων

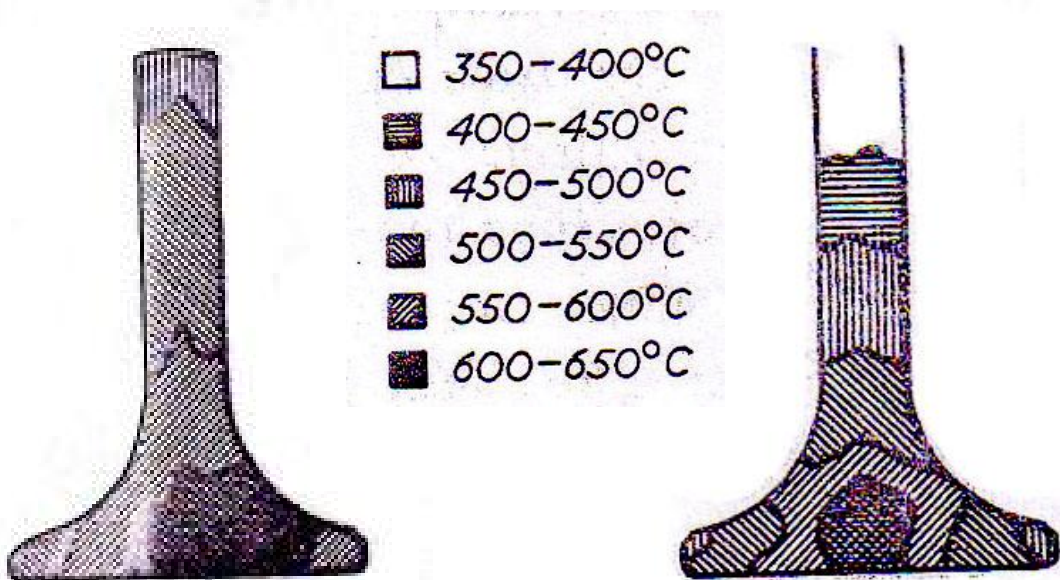
- **Περιστρεφόμενες βαλβίδες**

Μια άλλη μέθοδος ώστε να βελτιωθεί η ψύξη της βαλβίδας είναι η περιστροφή της κατά την λειτουργία της (σχήμα 9.14). Με αυτή την μέθοδο πέρα από την μείωση της θερμοκρασίας, οι εναποθέσεις θερμότητας στα τμήματα της βαλβίδας παρουσιάζουν ομοιομορφία και έτσι το φαινόμενο της ανομοιόμορφης κατανομής θερμότητας στα διάφορα τμήματα της βαλβίδας περιορίζεται (σχήμα 9.12).

Άλλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτή η μέθοδος είναι ότι οι έδρες διατηρούνται καθαρότερες και άφθαρτες για πολύ περισσότερο χρονικό διάστημα. Επίσης η περιστροφική κίνηση τείνει να φέρει ένα στρώμα λαδιού στο στέλεχος και τον οδηγό του που συνεπάγεται σε μειωμένες τριβές και φθορές.



Σχήμα 9.12 : Εδώ βλέπουμε τις εναποθέσεις θερμότητας μιας συνηθισμένης βαλβίδας



Σχήμα 9.13 : Εναποθέσεις θερμότητας στην μη περιστρεφόμενη βαλβίδα

Σχήμα 9.14 : Εναποθέσεις θερμότητας στην περιστρεφόμενη βαλβίδα

- **Μείωση του μεγέθους των βαλβίδων για την καλύτερη ψύξη**

Η μείωση του μεγέθους μιας μονάδας είναι ένας ισχυρός τρόπος βελτίωσης της θερμικής απόδοσης. Έτσι η ψύξη των βαλβίδων μπορεί να βελτιωθεί πολύ από την αντικατάσταση μιας βαλβίδας από δυο παρόμοιες βαλβίδες που έχουν συνολική ικανότητα ροής ίση με την βαλβίδα που αντικαθιστούν. Αυτή η αλλαγή μειώνει τις επιφάνειες των περασμάτων της ροής θερμότητας στη βαλβίδα και αναλόγως μειώνει την θερμοκρασία της βαλβίδας.

- **Επένδυση των βαλβίδων για την βελτίωση των ιδιοτήτων τους**

Με τις αυξημένες συμπίεσεις των σημερινών κινητήρων υψηλής απόδοσης οι θερμοκρασίες των κυλίνδρων και των βαλβίδων έχουν αυξηθεί σημαντικά. Επιπλέον με την χρησιμοποίηση καυσίμων που περιέχουν τετρααιθυλιούχο μόλυβδο, η κεφαλή της βαλβίδας είναι εκτεθειμένη στη διαβρωτική και οξειδωτική ενέργεια των καυσαερίων, η οποία σε μακρά χρονική περίοδο μπορεί να προκαλέσει εναποθέσεις σκουριάς με επακόλουθο την αυτανάφλεξη του καυσίμου.

Για να αποφευχθούν τα φαινόμενα αυτά στους σύγχρονους κινητήρες οι βαλβίδες κατασκευάζονται από τα μέταλλα που προαναφέραμε και επιπλέον επικαλύπτουν τις κεφαλές τους με ένα ειδικό κράμα μετάλλων όπως 80% νικέλιο 20% χρώμιο, το οποίο έχει υψηλή αντοχή στη διάβρωση.

Μια τυπική μέθοδος επικάλυψης είναι της Eaton chronicote, η οποία είναι αποτελεσματική και οικονομική. Με τη μέθοδο αυτή ψεκάζουν το μέταλλο της επικάλυψης πάνω στη βαλβίδα και μετά της κάνουν μια ειδική θερμική κατεργασία, η οποία κάνει το μέταλλο να κολλήσει στερεά πάνω στο μέταλλο της βαλβίδας.

Μια άλλη μέθοδος είναι η κάλυψη της κεφαλής της βαλβίδας με αλουμίνιο. Η βαλβίδα είτε εμβαπτίζεται μέσα σε λιωμένο αλουμίνιο είτε ψεκάζεται με σκόνη αλουμινίου και στη συνέχεια της γίνεται ειδική θερμική κατεργασία. Οι κεφαλές των βαλβίδων με επικάλυψη αλουμινίου έχει αποδειχθεί ότι έχουν το διπλάσιο χρόνο ωφέλιμης ζωής από τις ακάλυπτες.

9.3.4 Διάγνωση και αιτία βλαβών των βαλβίδων

Διάγνωση βλαβών

- 1) Πτώση της συμπίεσης με επακόλουθο την πτώση της ισχύος του κινητήρα.
- 2) Ανώμαλη λειτουργία του κινητήρα.
- 3) Οπτικός έλεγχος κατά την αφαίρεση.

Αιτία βλαβών

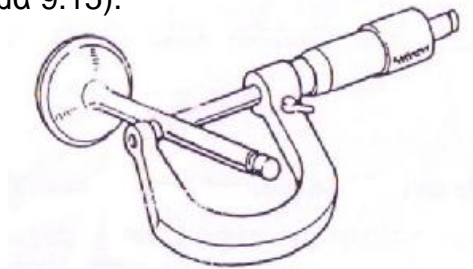
- 1) Αντικανονικό διάκενο.
- 2) Υπερθέρμανση του κινητήρα.
- 3) Νερό στον χώρο καύσης (προκαλεί καταστροφή των βαλβίδων)
- 4) Επικάθηση κατάλοιπων καύσης

9.3.5 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών των βαλβίδων

Έλεγχος των βαλβίδων

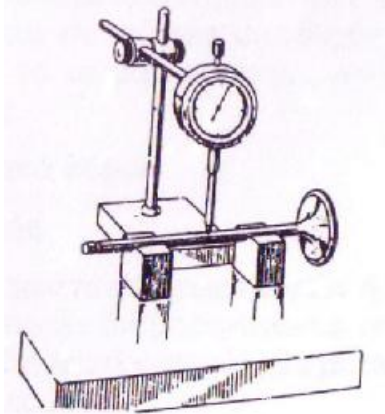
Ο εργαστηριακός έλεγχος των βαλβίδων μετά την αποσυναρμολόγηση τους είναι απαραίτητος στη διαπίστωση της καταλληλότητας επαναχρησιμοποίησης ή αντικατάστασης των βαλβίδων. Οι έλεγχοι πραγματοποιούνται με την χρήση οργάνων η και οπτικά. Οι έλεγχοι αφορούν:

- Ø Την ποιότητα των επιφανειών τριβής και έδρασης από άποψης ρωγμών, διαβρώσεων, καψίματος, και επιτόπιων φθορών.
- Ø Τις φθορές της κεφαλής, του στελέχου και της επίπεδης επιφάνειας του άκρου του στελέχους (σχήμα 9.15).



Σχήμα 9.15 : Έλεγχος της διατομής του στελέχους με μικρόμετρο

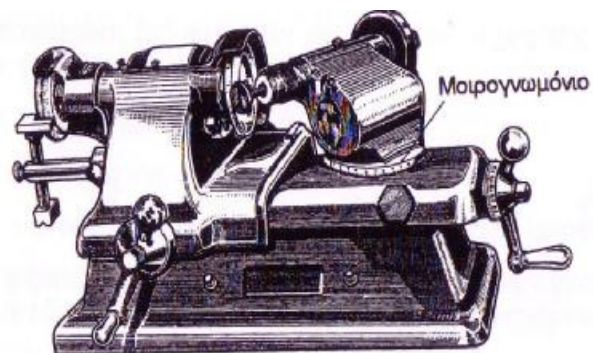
- Ø Την εκκεντρικότητα της κεφαλής και του στελέχους (σχήμα 9.16).



Σχήμα 9.16 : Όργανο ελέγχου ως προς την εκκεντρότητα

Θεραπεία βλαβών

- Ø Εάν η φθορά των βαλβίδων είναι μικρή τότε τους γίνεται λείανση σε ειδικές συσκευές (ρεκτιφιέ σχήμα 9.13) και μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν
- Ø Εάν η φθορά είναι μεγάλη αντικαθιστούμε την βαλβίδα



Σχήμα 9.17 : Συσκευή ρεκτιφιέ

9.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Ε10

Ο κινητήρας της εργασίας μας διαθέτει 8 βαλβίδες επικεφαλής. Εφόσον είναι τετρακύλινδρος για κάθε κύλινδρο αντιστοιχεί μια βαλβίδα εισαγωγής και μια εξαγωγής.

Οι κεφαλές των βαλβίδων έχουν επίπεδη μορφή. Η διάμετρος των κεφαλών των βαλβίδων εισαγωγής διαφέρει από τις αντίστοιχες των βαλβίδων εξαγωγής. Για τις βαλβίδες εισαγωγής έχουμε διάμετρο κεφαλής ίση με 35mm, ενώ για τις βαλβίδες εξαγωγής έχουμε διάμετρο ίση με 29mm. Ο λόγος είναι ότι οι κεφαλές των βαλβίδων εξαγωγής δεν χρειάζεται να είναι μεγάλες γιατί η πίεση που ασκεί το έμβολο κατά την άνοδο του, επιτρέπει την ταχεία έξοδο των καυσαερίων από τον κύλινδρο.

Οι πλευρικές επιφάνειες των κεφαλών που συνεργάζονται με τις έδρες έχουν κατασκευαστεί με κλίση 45° για τις βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής.

Για την συγκράτηση των ελατηρίων χρησιμοποιούνται ημικωνικές ασφάλειες. Η ουρά κάθε βαλβίδας φέρει ειδικές υποδοχές για να δέχεται τις ασφάλειες αυτές και με την συνεργασία του κυαθίου το ελατήριο συγκρατείται σταθερά στην θέση του, το οποίο είναι μονού τύπου.

Για την μείωση των φθορών οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής έχουν υποστεί βαφή στις πλευρικές επιφάνειες των κεφαλών στα στελέχη και στις ουρές.

Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι κατασκευασμένες ως ενιαίο τεμάχιο ενός μετάλλου από χάλυβα με προσμείξεις ενισχυτικών μετάλλων τις οποίες δεν γνωρίζουμε.

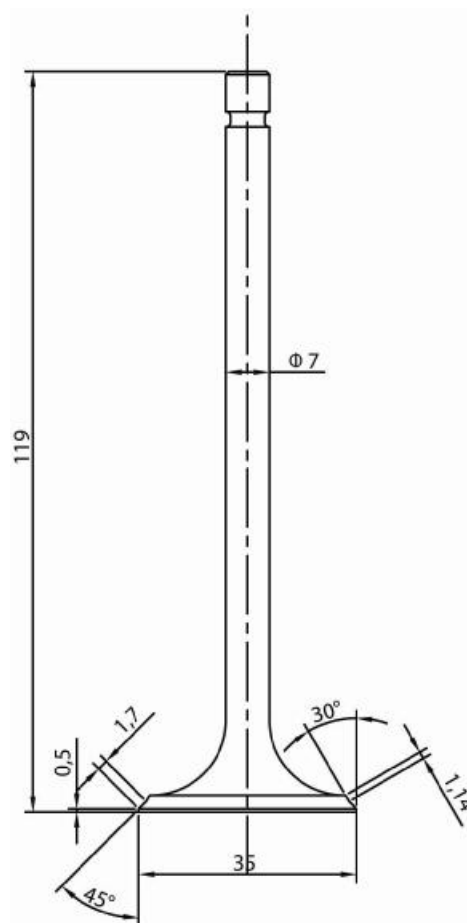
Οι βαλβίδες εξαγωγής κατασκευάζονται πολλές φορές με τη χρήση διαφορετικών μετάλλων για την κεφαλή και το στέλεχος, και στη συνέχεια συγκολλούνται μετωπικά με τριβή. Παρόλα αυτά όσο αφορά τις βαλβίδες της εργασίας, πραγματοποιώντας ένα οπτικό έλεγχο δεν υπάρχουν ενδείξεις για την χρησιμοποίηση διαφορετικών μετάλλων. Έτσι πιθανολογώντας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι βαλβίδες εξαγωγής είναι κατασκευασμένες ως ενιαίο τεμάχιο ενός μετάλλου.

Σαν υλικό κατασκευής έχει χρησιμοποιηθεί ο χάλυβας με αναλογίες προσμείξεων μετάλλων τα οποία δεν γνωρίζουμε.

9.4.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής

Πίνακας 9.1 : Προκαθορισμένες διαστάσεις των βαλβίδων από το service manual

Engine		E10	E13, E15 except Europe*1	E15 for Europe*1
Item				
Valve head diameter "D"	Intake	35 (1.38)	37 (1.46)	
	Exhaust	29 (1.14)	30 (1.18)	31 (1.22)
Valve length "L"	Intake	118.93 - 119.33 (4.6823 - 4.6980)	118.5 - 118.9 (4.6653 - 4.6811)	119.4 - 119.8 (4.7008 - 4.7165)
	Exhaust	118.38 - 118.78 (4.6606 - 4.6764)	117.85 - 118.25 (4.6398 - 4.6555)	119.65 - 120.05 (4.7106 - 4.7264)
Valve stem diameter "d"	Intake	6.970 - 6.985 (0.2744 - 0.2750)		
	Exhaust	6.945 - 6.960 (0.2734 - 0.2740)		
Valve seat angle "α"	Intake	45° 15' - 45° 45'		60° 15' - 60° 45'
	Exhaust			45° 15' - 45° 45'
Valve margin "T" Limit		0.5 (0.020)		
Valve stem end surface grinding limit		0.2 (0.008)		
Valve clearance (Hot) [*2Cold]	Intake	0.28 (0.011) [*0.22 (0.009)]		
	Exhaust	0.28 (0.011) [*0.22 (0.009)]		



Σχήμα 9.18 : Βαλβίδα εισαγωγής, μετρηθείσες τιμές της βαλβίδας μας

• **ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ**

Η τιμή του μήκους `L` για την βαλβίδα εισαγωγής δίνεται από τον κατασκευαστή ότι θα πρέπει να κυμαίνεται από 118,93mm έως 119,33mm (πίνακας 9.1). Το αντίστοιχο μήκος

`L` για την βαλβίδα της εργασίας μας μετρήθηκε 119mm (σχήμα 9.18). Αυτό σημαίνει ότι το μήκος `L` της βαλβίδας είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων και δεν έχει υποστεί φθορές από την θλιπτική δύναμη που ασκούν τα ζύγωθρα και από την εφελκυστική δράση των ελατηρίων.

Η διάμετρος `d` δίνεται από τον κατασκευαστή ότι κυμαίνεται από 6,970mm έως 6,985mm (πίνακας 9.1). Η διάμετρος `d` της βαλβίδας μας μετρήθηκε 7mm (σχήμα 9.18). Η απόκλιση από την τιμή του κατασκευαστή οφείλεται αφενός σε λόγους στρογγυλοποίησης. Η βαλβίδα ως προς τη διάσταση `d` κρίνεται εντός των

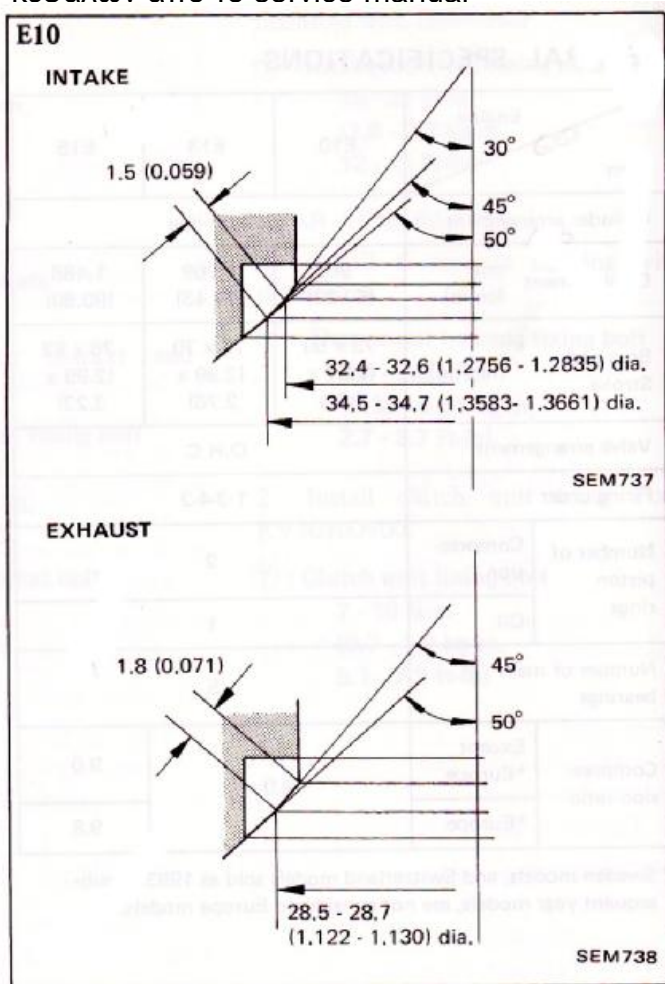
επιτρεπτών ορίων καθώς η διάμετρος του στελέχους είναι αδύνατον να έχει αυξηθεί. Η βαλβίδα θα κρινόταν ακατάλληλη εάν είχε υποστεί φθορές, με επόμενο να της γίνει στρογγυλοποίηση προς τα κάτω και να είχαμε πχ $d=6,95\text{mm}$.

Κρίνοντας τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η διάμετρος d του στελέχους δεν έχει υποστεί φθορές από την τριβή με τον οδηγό της και κρίνεται κατάλληλη για επαναχρησιμοποίηση.

Για την διάσταση t ο κατασκευαστής ορίζει τιμή $0,5\text{mm}$ (πίνακας 9.1). Η τιμή της διάστασης t της βαλβίδας μας μετρήθηκε $0,5\text{mm}$ (σχήμα 9.18) και συμπίπτει με αυτή του κατασκευαστή οπότε η βαλβίδα μας δεν παρουσιάζει φθορές σε αυτό το τμήμα της κεφαλής.

Η τιμή της διαμέτρου D της κεφαλής δίνεται από τον κατασκευαστή 35mm (πίνακας 9.1). Η τιμή D της βαλβίδας μας μετρήθηκε και αυτή 35mm (σχήμα 9.18) και είναι ίδια με αυτήν που ορίζει ο κατασκευαστής.

Πίνακας 9.2 : προκαθορισμένες γωνίες των κεφαλών από το service manual



Οι πλευρικές επιφάνειες της κεφαλής, δηλαδή οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με την έδρα παρουσιάζουν δυο κλίσεις.

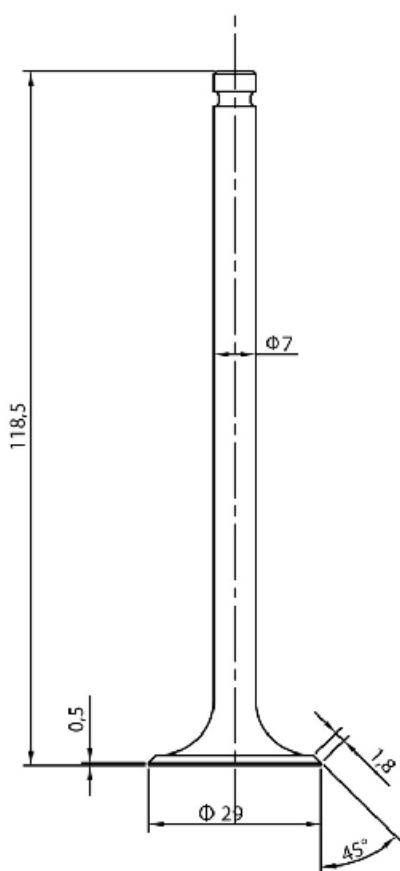
Η πρώτη κλίση δίνεται από τον κατασκευαστή ότι έχει 45° και έχει μήκος $1,5\text{mm}$ (πίνακας 9.2). Πράγματι η γωνία στην βαλβίδα της εργασίας μετρήθηκε 45° και συμφωνεί με αυτήν που δίνει ο κατασκευαστής (σχήμα 9.18). Όσον αφορά το μήκος της κλίσης υπάρχει μια μικρή απόκλιση καθώς μετρήθηκε $1,7\text{mm}$ (σχήμα 9.18). Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι το σημείο που τελειώνει η πρώτη κλίση και ξεκινάει η δεύτερη είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί με ακρίβεια.

Η δεύτερη κλίση δίνεται από τον κατασκευαστή ότι θα πρέπει να εμφανίζει γωνία 30° (πίνακας 9.2). Όντως και στην βαλβίδα μας η κλίση αυτή μετρήθηκε 30° (σχήμα 9.18).

Το γενικό συμπέρασμα για την κεφαλή της βαλβίδας και για τις πλευρικές επιφάνειες τριβής με την έδρα είναι ότι, πέραν από την απόκλιση που υπάρχει στην τιμή του μήκους της πρώτης κλίσης, όλες οι υπόλοιπες διαστάσεις

συμφωνούν με αυτές που δίνονται από τον κατασκευαστή. Δεδομένου ότι η απόκλιση αυτή οφείλεται σε σφάλμα μέτρησης και ότι με μια λείανση-τρίψιμο των βαλβίδων η οποιαδήποτε κλίση μπορεί να αποκατασταθεί, κρίνεται ότι η κεφαλή και οι πλευρικές επιφάνειες είναι κατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση αφού πρώτα τους γίνει ένα προαιρετικό τρίψιμο.

• **ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ**



Σχήμα 9.19 : Βαλβίδα εξαγωγής, μετρηθείσες τιμές της βαλβίδας μας

Η τιμή του μήκους `L` για την βαλβίδα εξαγωγής ορίζεται από τον κατασκευαστή ότι θα πρέπει να κυμαίνεται από 118,38mm έως 118,78mm (πίνακας 9.1). Το αντίστοιχο μήκος `L` για την βαλβίδα μας μετρήθηκε στα 118,5mm (σχήμα 9.19) και είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Η διάμετρος του στελέχους `d` δίνεται από τον κατασκευαστή να κυμαίνεται από 6,945mm έως 6,960mm (πίνακας 9.1) . Η αντίστοιχη τιμή που μετρήθηκε για την βαλβίδα εξαγωγής είναι `d`=6,95mm (σχήμα 9.19) κάτι που σημαίνει ότι δεν υπάρχουν φθορές στο στέλεχος της βαλβίδας.

Από το πινακάκι του κατασκευαστή μας δίνεται ότι η διάσταση `t` θα πρέπει να ισούται με 0,5mm (πίνακας 9.1). Πράγματι η διάσταση `t` που μετρήθηκε είναι ίδια με αυτή που ορίζει ο κατασκευαστής (σχήμα 9.19).

Η τιμή της διαμέτρου `D` της κεφαλής, δίνεται από το service manual 29mm (πίνακας 9.1). Έτσι και η τιμή `D` της βαλβίδας μας συμπίπτει με αυτήν καθώς έχει μετρηθεί 29mm (σχήμα 9.19).

Όσο αφορά τις πλευρικές επιφάνειες των βαλβίδων εξαγωγής (επιφάνειες έδρασης) δίνονται από τον κατασκευαστή ότι θα πρέπει να σχηματίζουν γωνία 45⁰ (πίνακας 9.2). Όντως η γωνία που σχηματίζουν οι βαλβίδες μας είναι 45⁰ (σχήμα 9.19) και δεν υπάρχουν φθορές στις πλευρικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τις έδρες.

Πό τις συγκρίσεις των τιμών καταλήγουμε το συμπέρασμα ότι οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κατάλληλες για επαναχρησιμοποίηση καθώς δεν παρουσιάζουν φθορές. Στις επιφάνειες έδρασης δεν υπάρχουν σημάδια διάβρωσης, καψίματος ή ρωγμών. Ακόμα, από τον έλεγχο των βαλβίδων διαπιστώθηκε ότι οι κεφαλές είναι ευθυγραμμισμένες ως προς τα στελέχη. Παρόλα αυτά πριν την επαναχρησιμοποίηση των βαλβίδων θα πρέπει να γίνει μια λείανση- τρίψιμο ώστε να εξασφαλιστεί το σωστό πάτημα μεταξύ βαλβίδων και εδρών. Αυτή η διαδικασία θα πρέπει να ακολουθείται προαιρετικά κάθε φορά που οι βαλβίδες αποσυναρμολογούνται από την κεφαλή.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ
ΑΞΟΝΑΣ – ΤΡΙΒΕΙΣ (ΔΑΚΤΥΛΙΔΙΑ)**



Βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικά Σχέδια με αριθμό 9

10.1 ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ



Εικόνα 10.1 : Ο Εκκεντροφόρος του E10

10.1.1 Σκοπός του εκκεντροφόρου

Ο εκκεντροφόρος άξονας (εικόνα 10.1) έχει αποστολή να ανοίγει και να κλείνει τις βαλβίδες την κατάλληλη χρονική στιγμή και με τη σωστή διαδοχική σειρά. Το κλείσιμο των βαλβίδων επιτυγχάνεται με έναν βοηθητικό μηχανισμό, τα ελατήρια των βαλβίδων.

Επίσης δίνει κίνηση στην αντλία του λαδιού, στο ντιστριμπυτέρ, στην αντλία βενζίνης και σε πολύ παλαιότερα μοντέλα αυτοκινήτων, έδινε κίνηση στους υαλοκαθαριστήρες.

10.1.2 Περιγραφή του εκκεντροφόρου

Ο εκκεντροφόρος άξονας δέχεται την κίνηση από τον στροφαλοφόρο άξονα. Η μετάδοση της κίνησης επιτυγχάνεται είτε μέσω ιμάντα χρονισμού με οδόντωση είτε μέσω αλυσίδας (καδένας) ή με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών.

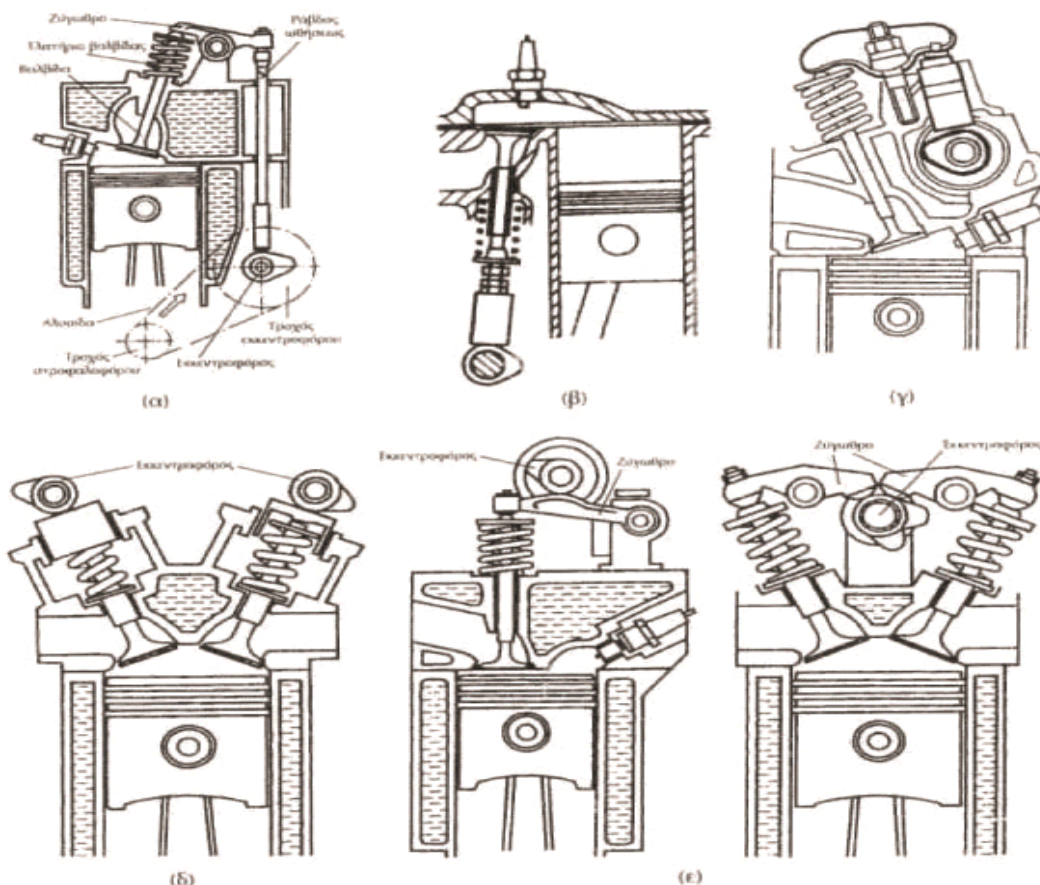
Επειδή ο εκκεντροφόρος άξονας δεν δέχεται βαριά εναλλασσόμενα φορτία και επιπλέον περιστρέφεται με τις μισές στροφές του στροφάλου, κατασκευάζεται ελαφρύτερος και εδράζεται σε τρία ή και περισσότερα δαχτυλίδια τέλεια ευθυγραμμισμένα μεταξύ τους. Ο εκκεντροφόρος εφαρμόζεται με ακρίβεια πάνω σε αυτά τα δαχτυλίδια, δηλαδή όχι πολύ σφιχτά ή χαλαρά γιατί οι ταλαντώσεις του επηρεάζουν την ομαλή και κανονική λειτουργία των βαλβίδων.

Ο εκκεντροφόρος έχει την μορφή ενός ίσιου άξονα με εκκεντρικούς λοβούς (κνώδακες) κατά το μήκος της περιφέρειας του.

Σε μια πολυκύλινδρη τετράχρονη μηχανή υπάρχουν πάνω στον εκκεντροφόρο άξονα, τόσοι εκκεντρικοί λοβοί όσοι χρειάζονται ανάλογα με τον αριθμό των βαλβίδων που έχει αυτή η μηχανή. Έναν για την βαλβίδα εισαγωγής και έναν για την βαλβίδα εξαγωγής.

Τα έκκεντρα αυτά προεκτείνονται σε διαφορετικά επίπεδα περιστροφής γύρω και κατά μήκος του εκκεντροφόρου άξονα. Αυτό γίνεται γιατί οι βαλβίδες ανοίγουν σε διαφορετικό χρόνο μεταξύ τους και από μια φορά σε κάθε περιστροφή του εκκεντροφόρου άξονα.

Σε αρκετούς τύπους μηχανών τοποθετούνται δύο εκκεντροφόροι, ένας για κάθε μπλοκ κυλίνδρων, συνήθως σε μηχανές υψηλής απόδοσης, ή μηχανές αυτοκινήτων που τρέχουν σε αγώνες. Στο (σχήμα 10.1) βλέπουμε τα διάφορα συστήματα εκκεντροφόρου άξονα.



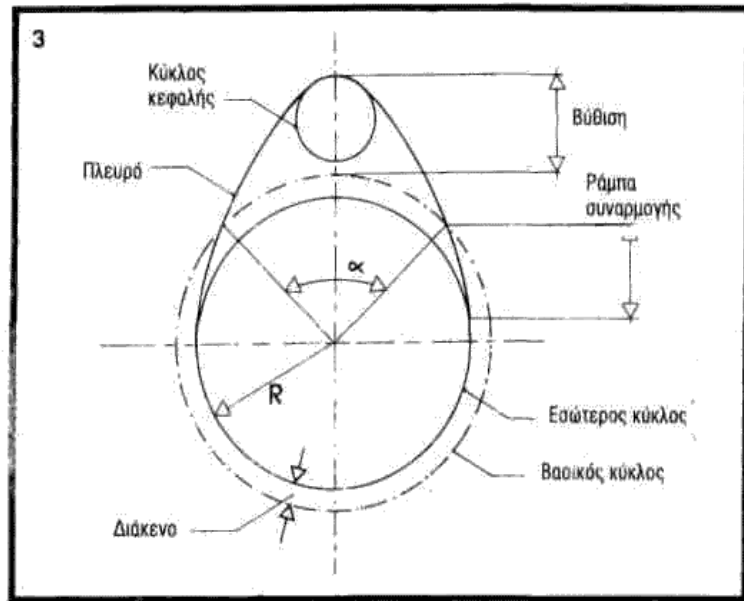
Σχήμα 10.1 : Συστήματα εκκεντροφόρου

- α-β) Εκκεντροφόρος στο πλάι και μετάδοση της κίνησης μέσω ωτήριου - ζυγώθρου.
- γ) Μετάδοση της κίνησης μόνο μέσω ωστηρίου λόγω της θέσης των βαλβίδων.
- δ) Εκκεντροφόρος επικεφαλής και μετάδοση της κίνησης μέσω καπελώτων.
- ε) Εκκεντροφόρος επικεφαλής και μετάδοση της κίνησης μέσω ζυγώθρων..

10.1.3 Περιγραφή των εκκέντρων

Τα έκκεντρα (σχήμα 10.2) μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση του εκκεντροφόρου άξονα σε παλινδρομική των ελατηρίων και των βαλβίδων.

Αρχικά φαίνονται πως έχουν απλό σχήμα, στην πραγματικότητα όμως το σχέδιο και η μορφή των εκκέντρων είναι μια πολύ λεπτή δουλειά. Χρειάζεται προσεκτικός υπολογισμός και ειδική πείρα, γιατί εάν μεταβληθεί το σχήμα ή η διάστασή τους, έστω και από φθορά, τότε η απόδοσή της μηχανής μειώνεται σημαντικά.



Σχήμα 10.2 : Ονοματολογία εκκέντρου

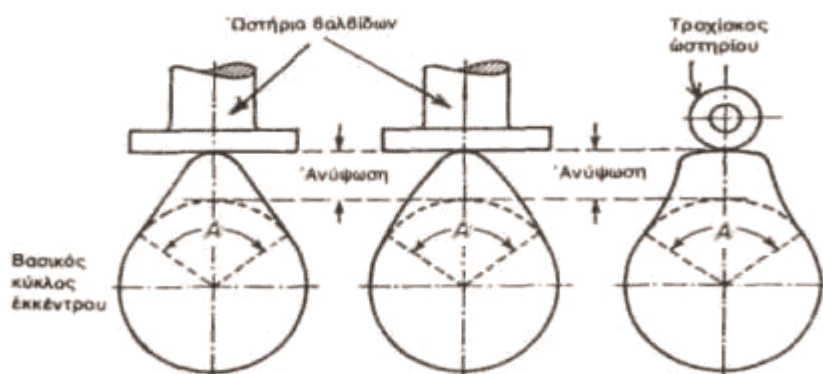
Αυτή η μείωση δημιουργείται, επειδή μεταβάλλεται η ακρίβεια που χρειάζεται για να ανοίξουν και να κλείσουν οι βαλβίδες. Τα έκκεντρα σχεδιάζονται έτσι ώστε να ανυψώνουν με τέλεια ακρίβεια τις βαλβίδες ανάλογα με την θέση του πιστονιού, κατά την διαδρομή του και να διατηρούν τη βαλβίδα όσο χρειάζεται ανοιχτή για να γεμίσει ο κύλινδρος με μείγμα (αέρα, βενζίνης) ή να αδειάσει ο κύλινδρος από τα καυσαέρια.

Από το σχήμα του εκκέντρου εξαρτάται:

- Ο χρόνος που η βαλβίδα θα παραμείνει ανοιχτή
- Το μέγιστο άνοιγμα της βαλβίδας
- Η ταχύτητα ανοίγματος και κλεισίματος της βαλβίδας

Η γωνία σφηνώσεως των εκκέντρων δίνεται από την σχέση $720/Z$, όπου Z είναι ο αριθμός των κυλίνδρων. Η γωνία τοποθέτησεως των εκκέντρων καθορίζει τον χρονισμό των βαλβίδων.

Το σχήμα 10.3 παρουσιάζει τρεις διαφορετικές μορφές εκκέντρων. Και στα τρία μπορούμε να διακρίνουμε τον βασικό κύκλο, κατά τον οποίο όταν το ωστήριο ή το ζύγωθρο (κοκοράκι) βρίσκεται σε επαφή με αυτόν η βαλβίδα δεν κινείται καθόλου (παραμένει κλειστή) και τον λοβό του εκκέντρου που όταν εφάπτεται με το ωστήριο ή το ζύγωθρο, ανοίγει ανάλογα με τη θέση του λοβού.



Σχήμα 10.3 : Διάφορες Μορφές εκκεντρων

Η γωνία α δείχνει το εύρος ανοίγματος (δηλαδή) τον χρόνο κατά τον οποίο η βαλβίδα παραμένει ανοιχτή.

Το μεγαλύτερο άνοιγμα της βαλβίδας όπως φαίνεται και στο σχήμα, είναι ίσο με την διαφορά της μέγιστης ακτίνας του λοβού και της ακτίνας του βασικού κύκλου.

Από το σχήμα του λοβού εξαρτάται το είδος της κίνησης της βαλβίδας. Το εκκέντρο της εικόνας Α δίνει ένα γρήγορο άνοιγμα της βαλβίδας, γιατί αμέσως μετά το ακούμπισμα του ωστήριου (ή του ζυγώθρου) στο επίπεδο πλευρό του λοβού έρχεται το υψηλότερο σημείο του λοβού, η κεφαλή του, και για τον αντίστροφο λόγο δίνει ένα γρήγορο κλείσιμο.

Το εκκέντρο της εικόνας Β που οι πλευρές του λοβού είναι καμπύλες, δίνει πιο βαθμιαίο άνοιγμα και κλείσιμο. Τέλος ο λοβός της εικόνας Γ δίνει ταχύτατο άνοιγμα και κλείσιμο και πολύ μεγάλη περίοδο που η βαλβίδα μένει τελείως ανοιχτή. Πρέπει να σημειωθεί πως και στα τρία εκκεντρα η γωνία ανοίγματος α είναι η ίδια.

Ο τύπος του εκκέντρου της εικόνας Γ είναι κατάλληλος για κινητήρες μεγάλων αποδόσεων αλλά έχει θορυβώδη λειτουργία και απαιτεί ωστήριο με τροχίσκο, έχει όμως σημαντική επίπτωση στην απόδοση του κινητήρα και στην καταπόνηση του.

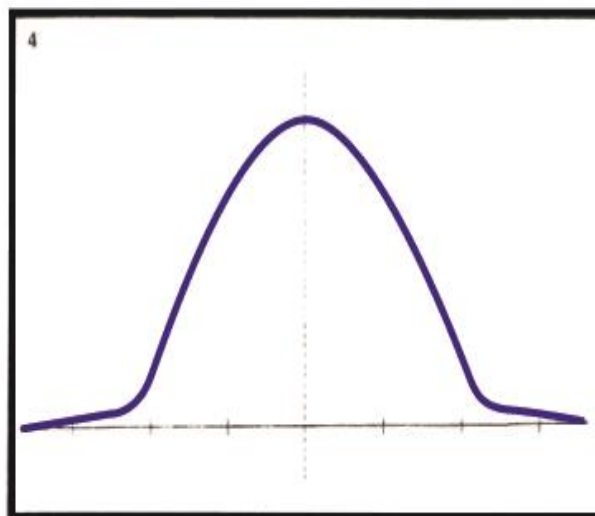
Από όσα είπαμε το συμπέρασμα είναι πώς το καλύτερο σχήμα λοβού εκκέντρου είναι εκείνο που συνδυάζει το ταχύτερο άνοιγμα και κλείσιμο με τη μεγαλύτερη περίοδο που η βαλβίδα μένει ανοιχτή.

Οι πλευρές του εκκέντρου δεν πρέπει να είναι πολύ απότομες γιατί καθώς αυτό περιστρέφεται, το ζυγώθρο ή το ωστήριο χτυπά ισχυρά επάνω στο εκκέντρο και δημιουργεί άσχημο θόρυβο. Στη περίπτωση αυτή η βαλβίδα αναπηδά, (δεν έχει καλή επαναφορά) και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολύ ισχυρά ελατήρια για να την κρατήσουν σε επαφή με το εκκέντρο.

Για αυτόν τον λόγο στα αυτοκίνητα παραγωγής συνήθως οι πλευρές των εκκέντρων σχεδιάζονται να ανοίγουν ομαλά και προοδευτικά, με κάποιο συμβιβασμό ίσως ανάμεσα στην απόδοση και γενικά στην ήρεμη και αθόρυβη λειτουργία του κινητήρα.

Το διάγραμμα της βύθισης

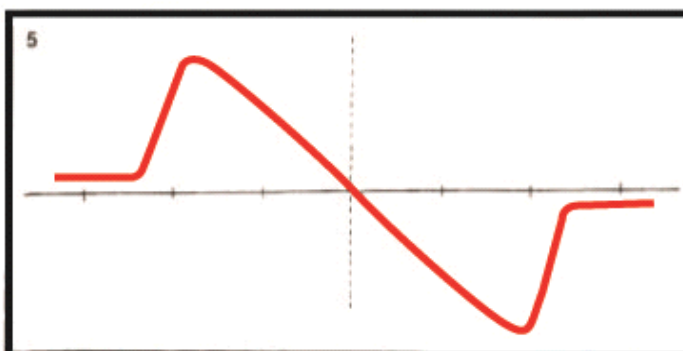
Το διάγραμμα αυτό δημιουργείται παρουσιάζοντας το περίγραμμα του εκκέντρου σε συνάρτηση με τη γωνία περιστροφής του. Η καμπύλη μας δείχνει την μορφή της κίνησης που κάνει η βαλβίδα. Η πρώτη φάση με περιορισμένη βύθιση αντιστοιχεί στο σημείο όπου το ζύγωθρο – ωστήριο έρχεται σε επαφή με το πλευρό του εκκέντρου. Η φάση αυτή είναι απαραίτητη ώστε η βαλβίδα να ανοίξει βαθμιαία αποτρέποντας τις υπερβολικές μηχανικές καταπονήσεις.



Γράφημα 10.1 : Διάγραμμα βύθισης

Η ταχύτητα

Το διάγραμμα αυτό δείχνει την κατεύθυνση της ταχύτητας που επιβάλλει το περίγραμμα του εκκέντρου στην ομάδα βαλβίδας / ζυγώθρου. Για να εξασφαλισθεί η ορθή λειτουργία του συστήματος ακόμη και στους υψηλούς ρυθμούς περιστροφής,

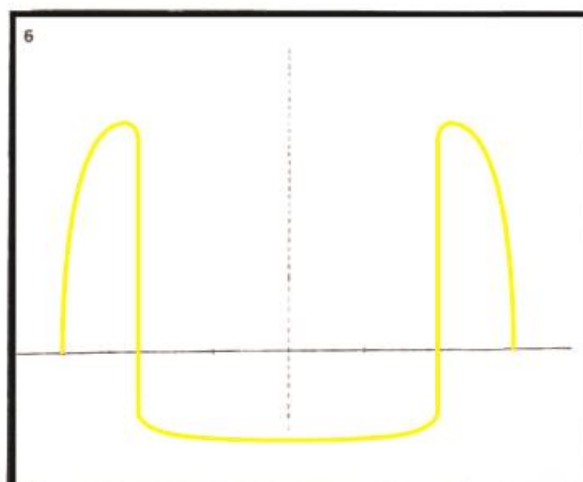


Γράφημα 10.2 : Διάγραμμα ταχύτητας

διατηρώντας τη φθορά και τους θορύβους μέσα σε αποδεκτά όρια, η αρχική ταχύτητα δεν πρέπει κατά κανόνα να υπερβαίνει τα 0.5 m/s

Οι επιταχύνσεις

Η καμπύλη αυτή μας δίνει μια ιδέα των απότομων επιταχύνσεων που υφίσταται η ομάδα βαλβίδας / ακολούθου. Στους σύγχρονους κινητήρες με εκκεντροφόρο επί κεφαλής και καπελοτοθήκες, στον μέγιστο ρυθμό περιστροφής μπορούν να σημειωθούν επιταχύνσεις ακόμα και 700 φορές μεγαλύτερες της βαρύτητας



Γράφημα 10.2 : Διάγραμμα επιταχύνσεως

10.1.4 Υλικό κατασκευής του εκκεντροφόρου

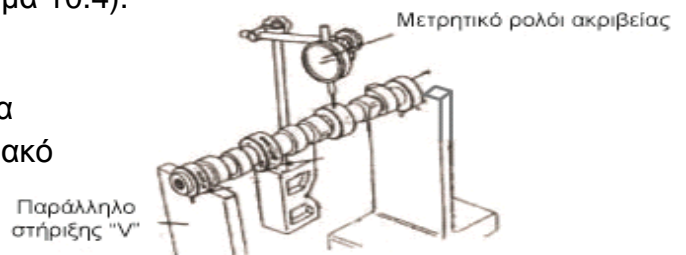
Κατασκευάζεται από σφυρήλατο χάλυβα με περιεκτικότητες, Χρωμίου, Νικελίου, Μαγγανίου κλπ. σε ποσότητες που καθορίζουν οι κατασκευαστές ώστε να αυξάνουν τις μηχανικές ιδιότητες τους. Υφίστανται θερμικές επιφανειακές κατεργασίες, στους στροφείς και στα έκκεντρα (ενθράκωση, βαφή, επαναφορά, χρωμίοση κλπ.) Η κατεργασία γίνεται σε ειδικά μηχανήματα για την απόδοση των μορφών των έκκεντρων, των διαστάσεων και των γωνιών σφήνωσης.

10.1.5 Έλεγχος του εκκεντροφόρου άξονα

Ο εκκεντροφόρος υφίσταται διάφορους ελέγχους σύμφωνα με τα προδιαγραφόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά του όπως:

1) Ευθυγράμμιση εκκεντροφόρου (σχήμα 10.4).

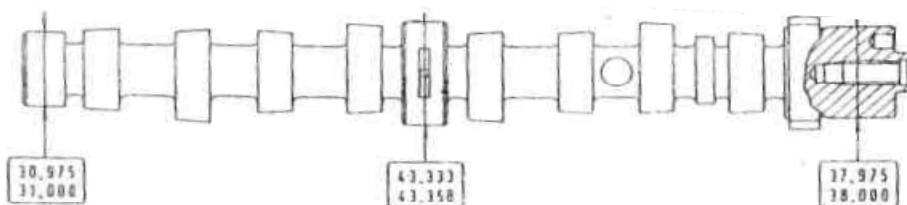
Τοποθετούμε τον εκκεντροφόρο σε ειδικά παράλληλα ακριβείας στην πλάκα εφαρμογής. Χρησιμοποιώντας ωρολογιακό γραφίτη, ελέγχουμε την ευθυγράμμιση των στροφένων εργασία αυτή μπορεί να γίνει σε άλλα ειδικά μηχανήματα ευθυγράμμισης.



Σχήμα 10.4 : Ευθυγράμμιση εκκεντροφόρου

2) Έλεγχος διαμέτρων στροφένων βάσης και έκκεντρων.

Μετρούμε τις διαμέτρους των στροφένων με μικρόμετρα και (σχήμα 10.5) διαπιστώνουμε τα όρια των ανοχών και φθορών. Πολλοί κατασκευαστές προβλέπουν λείανση των στροφένων σε μικρότερες υποδιαμέτρους (undersize).



Σχήμα 10.5 : Μέτρηση διαμέτρων στροφένων

3) Έλεγχος φθορών έκκεντρων.

Τα έκκεντρα δέχονται καταπονήσεις όλων των μορφών. Παρουσιάζουν μεγάλες φθορές στις κορυφές των έκκεντρων. Ελέγχουμε τα έκκεντρα από άποψη:

∅ Επιφανειακών τοπικών φθορών, γραμμώσεων, αυλακών,

∅ Ύψους έκκεντρου που είναι η διαφορά των δυο διαμέτρων και ύψος ανύψωσης των

∅ Πλάτους έκκεντρων από το οποίο εξαρτάται η δύναμη που μπορεί να είναι συμμετρική η ασύμμετρη για κάθε βαλβίδα.



Εικόνα 10.2 : Έλεγχος έκκεντρων

10.1.6 Διάγνωση και θεραπεία βλαβών του εκκεντροφόρου άξονα

Η φθορά του εκκεντροφόρου παρατηρείται στους τριβείς, στα κομβία και στα έκκεντρα.

1) Λόγοι φθοράς του εκκεντροφόρου.

- ∅ Μη επαρκή λίπανση των τριβόμενων επιφανειών.
- ∅ Αντικανονικό διάκενο.
- ∅ Καταστροφή των κουζινέτων –τριβέων.

2) Διάγνωση βλαβών του εκκεντροφόρου.

- ∅ Θόρυβος-κτυπήματα των βαλβίδων μετά από ρύθμιση
- ∅ Αντικανονικά διάκενα μετά από την ρύθμιση και την δοκιμή του κινητήρα.
- ∅ Ανώμαλη λειτουργία του κινητήρα.
- ∅ Οπτικός έλεγχος και μέτρηση με μετρητικά όργανα μετά την αποσυναρμολόγηση του εκκεντροφόρου.

3) Θεραπεία βλαβών του εκκεντροφόρου.

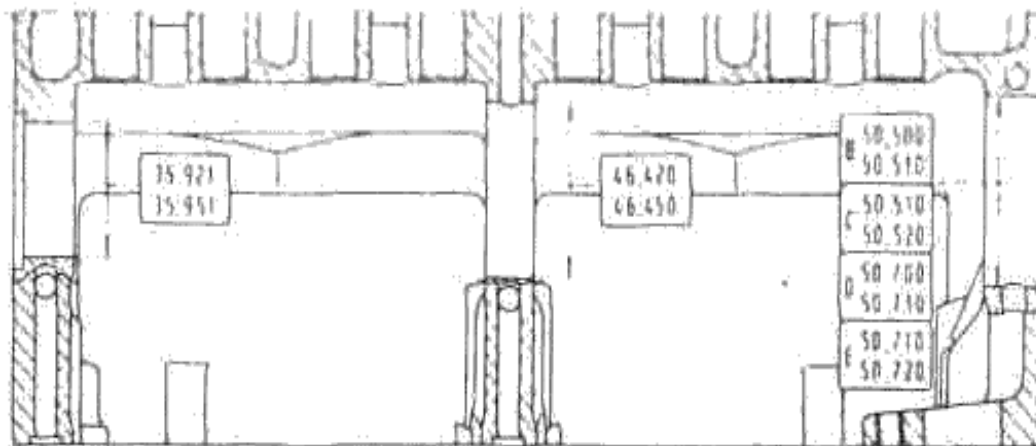
- ∅ Εάν η φθορά είναι μόνο στους τριβείς γίνεται τοποθέτηση νέων τριβέων (γίνεται μέτρηση και σύγκριση)
- ∅ Εάν η φθορά είναι στα κομβία βάσεως (στηρίξεως) και στα έκκεντρα γίνεται αντικατάσταση του εκκεντροφόρου.

10.2 ΤΡΙΒΕΙΣ (ΔΑΚΤΥΛΙΔΙΑ)

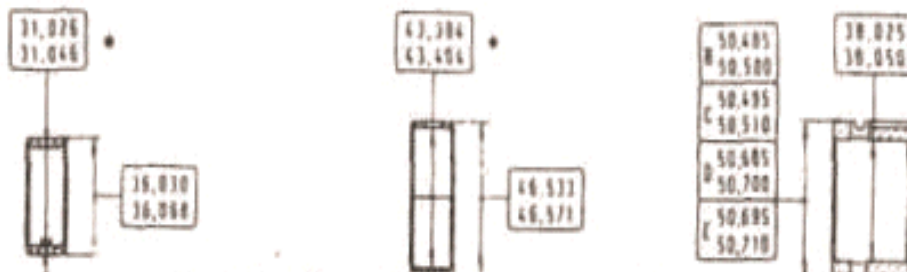
Οι τριβείς στήριξης και περιστροφής του εκκεντροφόρου δεν είναι διαιρούμενοι. Ο λόγος είναι ότι ο εκκεντροφόρος μπαίνει εντός του σώματος επί των εδράνων.

Υπάρχουν όμως και διαιρούμενοι όταν ο εκκεντροφόρος είναι στην κεφαλή.

Τους βρίσκουμε σε σειρά (σετ) με αρχική εσωτερική διάμετρο (standard) και με κατηγορία αντοχών (B,C,D,E). Ο κατασκευαστής πρόβλεπε και μικρότερες υποδιαμέτρους (undersize).



Εδρανα υποδοχής τριβών



Σχήμα 10.6 : Έδρανα (τριβείς) εκκεντροφόρου

10.2.1 Υλικό κατασκευής τριβέων

Στα σημερινά αυτοκίνητα χρησιμοποιούνται υλικά υψηλών προδιαγραφών όμοια με αυτά των τριβέων στροφάλων.

Ο εξωτερικός δακτύλιος (σχήμα 10.7) είναι από κράματα μπρούντζου και εσωτερικά έχει επιστρώσεις κόκκινου και λευκού αντιτριβικού μετάλλου η και εσωτερική επιχρωμίωση.

Οι τριβείς αυτοί δεν επιδέχονται καμιά επεξεργασία. Σε παλαιούς κινητήρες, και ιδίως σε αργόστροφους κινητήρες το υλικό των τριβέων. Είναι από κράματα μπρούντζου η και κόκκινου μετάλλου τα οποία μετά την τοποθέτηση δέχονται επεξεργασία και λείανση σε συγκεκριμένες υποδιαμέτρους.



Σχήμα 10.7 : Σειρά τριβέων εκκεντροφόρου

10.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΚΚΕΝΤΡΟΦΟΡΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Ε10

Το σύστημα του εκκεντροφόρου που χρησιμοποιείται στον κινητήρα Ε10 είναι, μονός εκκεντροφόρος επί κεφαλής. Το άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων γίνεται μέσω των ζυγώθρων(κοκοράκια), και των ελατηρίων.

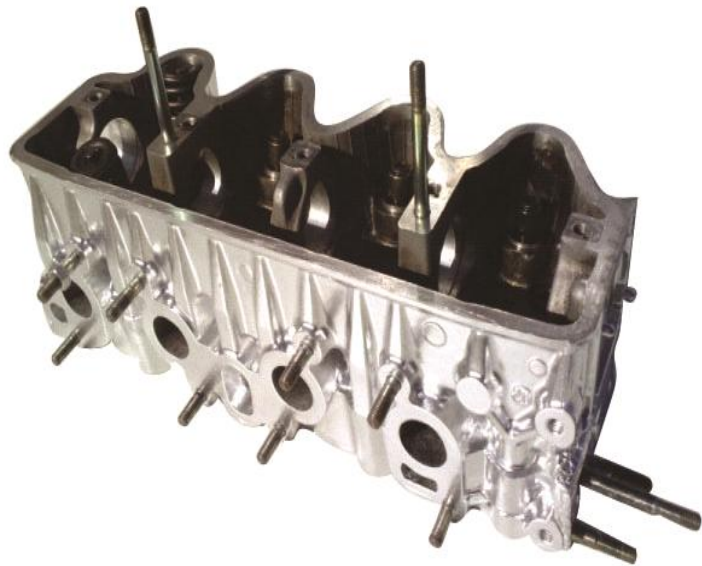
Ο εκκεντροφόρος μας δίνει κίνηση στον διανομέα (ντιστριμπιτέρ) και στην αντλία του λαδιού. Μέσω του ιμάντα χρονισμού με οδόντωση ολοκληρώνεται το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, μεταξύ του εκκεντροφόρου, της αντλίας του λαδιού, και του στροφάλου.

Ο εκκεντροφόρος μας εδράζεται σε 5 δακτυλίδια τέλεια ευθυγραμμισμένα μεταξύ τους, και έχει 8 έκκεντρα κατά το μήκος του. Τα έκκεντρα αυτά είναι έτσι σχεδιασμένα ώστε να δίνουν ένα ομαλό και προοδευτικό άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων. Έτσι έχουμε ήρεμη και αθόρυβη λειτουργία του κινητήρα με καλές αποδόσεις.



Εικόνα 10.3 : Φωτογραφία του εκκεντροφόρου πριν την βαφή

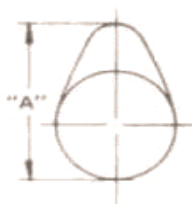
Εικόνα 10.3 : Κάλυψη των εκκέντρων για την βαφή του άξονα



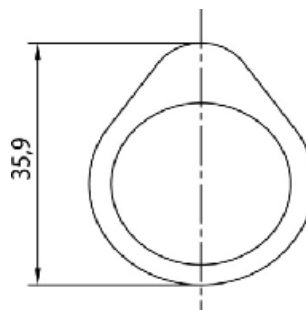
Εικόνα 10.4 : Η εμφάνιση του εκκεντροφόρου αποκαταστάθηκε. Στο εσωτερικό της κεφαλής διακρινουμε τους ενσωματωμένους τριβείς

10.3.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕ ΑΥΤΕΣ ΠΟΥ ΟΡΙΖΕΙ Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ

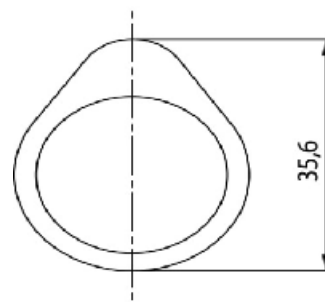
Πίνακας 10.1 : Καθορισμένες τιμές του κατασκευαστή

		Standard	Max. tolerance
Camshaft journal to bearing clearance	No. 1, 3, 5	0.035 - 0.076 (0.0014 - 0.0030)	0.15 (0.0059)
	No. 2, 4	0.078 - 0.119 (0.0031 - 0.0047)	0.20 (0.0079)
Inner diameter of camshaft bearing		42.000 - 42.025 (1.6535 - 1.6545)	--
Outer diameter of camshaft journal	No. 1, 3, 5	41.949 - 41.965 (1.6515 - 1.6522)	--
	No. 2, 4	41.906 - 41.922 (1.6498 - 1.6505)	
Camshaft bend [T.I.R*]		Less than 0.02 (0.0008)	0.1 (0.004)
Camshaft end play		0.15 - 0.29 (0.0059 - 0.0114)	0.4 (0.016)
 <p>EM671</p>			
Cam height "A"	Intake	E10 and E13	35.71 - 35.96 (1.4059 - 1.4157)
		E15	35.884 - 36.134 (1.4128 - 1.4226)
	Exhaust	E10 and E13	35.43 - 35.68 (1.3949 - 1.4047)
		E15	35.64 - 35.89 (1.4031 - 1.4130)
Wear limit of cam height		0.2 (0.008)	

* Sweden models, and Switzerland models sold as 1983 or subsequent year models, are not considered Europe models.



Σχήμα 10.8 : τιμές που μετρήθηκαν στο εκκεντρο εισαγωγής



Σχήμα 10.9 : τιμές που μετρήθηκαν στο εκκεντρο εξαγωγής

Μετρήσαμε στον εκκεντροφόρο της εργασίας μας την απόσταση A, δηλαδή το μήκος του έκκεντρο εισαγωγής (σχημα 10.8 ανοίγει την βαλβίδα εισαγωγής) και αντιστοιχεί στα 35,9 κυμαίνεται από 35,71mm έως 35,96 mm (πίνακας 10.1). Άρα οι τιμές που έχουν τα έκκεντρα εισαγωγής είναι εντός των αποδεκτών ορίων που μας

έχει δώσει ο κατασκευαστής, και δεν έχουν υποστεί φθορά κατά τις ώρες λειτουργίας του κινητήρα.

Για τα έκκεντρα εξαγωγής (ανοίγουν την βαλβίδα εξαγωγής) ο κατασκευαστής μας λέει ότι η τιμή του μήκους τους θα πρέπει να κυμαίνεται από 35,43 mm έως 35,68 mm (πίνακας 10.1). Η τιμή των έκκεντρων εξαγωγής που μετρήθηκε στον εκκεντροφόρο μας είναι 35,6 mm (σχημα 10.9), αυτό σημαίνει ότι στα έκκεντρα εξαγωγής παρατηρείται αμελητέα έως και καθόλου φθορά.

Όσον αφορά την διάμετρο του στροφέα του εκκεντροφόρου (δηλαδή το σημείο που εδράζεται ο εκκεντροφόρος με τα δαχτυλίδια) ο κατασκευαστής την ορίζει στα 41,949 mm έως 41,965 mm (πίνακας 10.1). Η διάμετρος που μετρήθηκε στον εκκεντροφόρο μας είναι 42 mm. Η διαφορά της από την τιμή του κατασκευαστή οφείλεται στο ότι η τιμή επιλέχθηκε να είναι αυτή για λόγους στρογγυλοποίησης, καθώς έτσι κρίθηκε ότι θα ήταν καλύτερο την δεδομένη στιγμή. Για την διάμετρο του δαχτυλιδιού το service manual έχει σαν ενδεικτική τιμή τα 42 mm έως 42,026 mm. Η τιμή αυτή συμπίπτει με την μετρηθείσα δικιά μας η οποία είναι 42 mm και είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Ακόμα το service manual αναφέρει ότι το επιτρεπτό διάκενο μεταξύ δαχτυλιδιών και στροφών είναι από 0,035 mm έως 0,076 mm.

Από τις συγκρίσεις των μετρήσεων του εκκεντροφόρου, πραγματοποιήσαμε έναν έλεγχο της φθοράς του. Υποθέτοντας ότι ο εκκεντροφόρος δεν έχει αλλαχτεί ποτέ κατά τα χρόνια της λειτουργίας του στον κινητήρα, κάτι που είναι και το πιθανότερο, και κρίνοντας ότι καθόλη την διάρκεια που ο κινητήρας δουλεύει τα έκκεντρα και οι στροφείς τρίβονται συνεχώς στα ζύγωθρα και στα δαχτυλίδια αντίστοιχα, μπορούμε να πούμε ότι οι φθορές τους είναι αμελητέες έως μηδαμινές. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ο εκκεντροφόρος κατατάσσεται στους πολύ αξιόπιστους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΈΜΒΟΛΟ



Βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικά Σχέδια με αριθμό 10

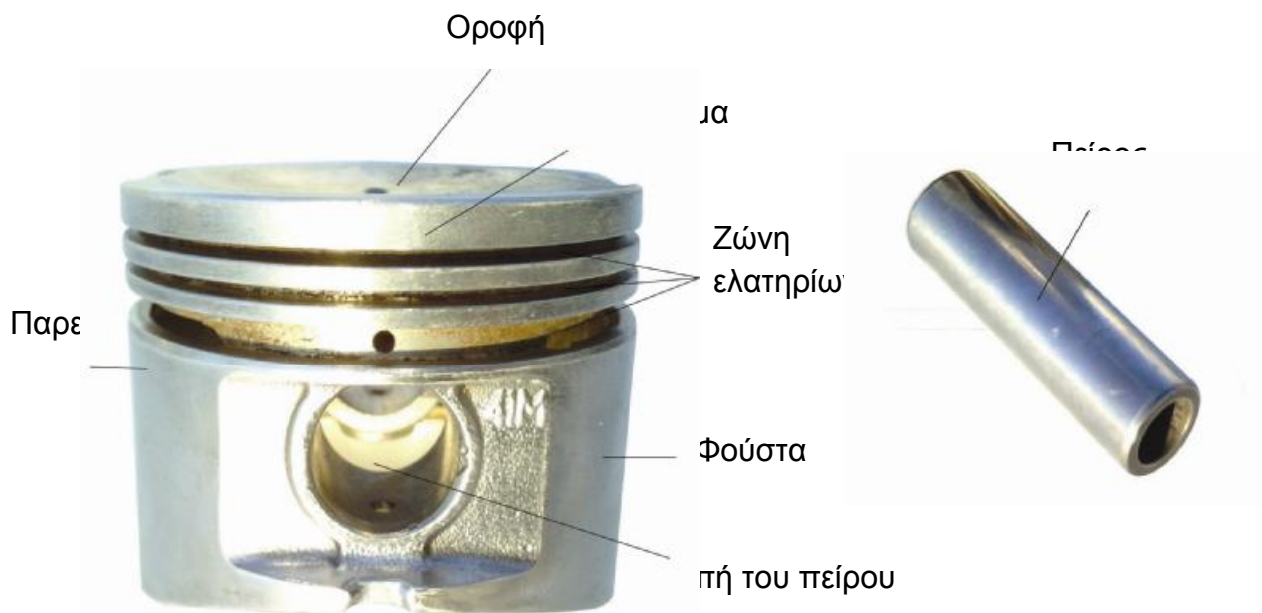
11.1 Γενικά για το έμβολο

11.1.1 Σκοπός του εμβόλου

Σκοπός του εμβόλου είναι να δέχεται την ώθηση του φλεγόμενου μίγματος, και να την μεταδίδει μέσω του πείρου και της μπιέλας στον στοφαλοφόρο. Το έμβολο δουλεύει υπό σκληρές μηχανικές και θερμικές συνθήκες, και για να επιτελέσει το σκοπό του θα πρέπει να διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά.

- Να αντέχει την θερμότητα της καύσης και να την διαχέει γρήγορα και σε μεγάλο ποσοστό προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου .
- Η θερμική του διαστολή θα πρέπει να είναι μικρή, για να μην κολλήσει στον κύλινδρο.
- Να στεγανοποιεί τον χώρο καύσεως από τον στοφαλοθάλαμο μέσω των ελατηρίων.
- Να έχει όσο το δυνατόν λιγότερο τριβές ώστε να μπορεί να κινείται ελεύθερα μέσα στον κύλινδρο
- Τέλος πρέπει να είναι ελαφρύ για να μπορεί να παλινδρομεί ευκολότερα.

11.1.2 Περιγραφή του εμβόλου



Εικόνα 11.1 : Ονοματολογία του εμβόλου

Οροφή ή (ουρανός, στέμμα, κεφαλή, κορώνα) (Εικ. 11.1). Είναι το άνω τμήμα του εμβόλου. Η οροφή μπορεί να είναι επίπεδη, κυρτή ή κοίλη για να βελτιώνει την

περιδίνηση του φρέσκου μίγματος, ή για να μεγαλώνει και να διαμορφώνει τον θάλαμο καύσης. Επιπλέον, έχει συχνά κοιλοότητες για να μην εμποδίζεται η βύθιση των βαλβίδων



Εικόνα 11.2, 11.3, 11.4 : Στις εικόνες βλέπουμε διάφορες μορφές που μπορεί να έχει η οροφή του εμβόλου

Θερμοδιάφραγμα, ή τμήμα φωτιάς (Εικ. 11.1). Είναι το τμήμα του εμβόλου, το οποίο βρίσκεται μεταξύ της οροφής και του υψηλότερου αύλακα ελατηρίου (ελατήριο συμπίεσης). Αυτό το τμήμα έχει σκοπό να εμποδίζει τη ροή της θερμοκρασίας από τον υπέρθερμο ουρανό του εμβόλου, προς το πρώτο ελατήριο. Όσο περιορίζεται η θερμοκρασία στο σημείο αυτό, τόσο μικρότερη είναι η φθορά των ελατηρίων

Ζώνη ελατηρίων (Εικ. 11.1). Είναι η περιοχή του εμβόλου ανάμεσα στην οροφή και στην οπή του πείρου. Αυτή η ζώνη φέρει αυλακώσεις ή αλλιώς κανάλια, όπου προσαρμόζονται τα ελατήρια στεγανότητας του εμβόλου.

Παρείες (Εικ. 11.1). Ονομάζονται τα εξωτερικά τοιχώματα του εμβόλου που έρχονται σε επαφή με τον κύλινδρο (πλευρικές επιφάνειες).

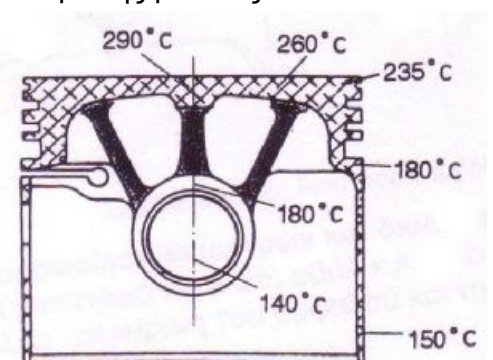
Φούστα του εμβόλου (Εικ. 11.1). Είναι το τμήμα που ξεκινάει από τον κατώτερο αύλακα ελατηρίου (ελατήριο λαδιού), και εκτείνεται έως το τέλος του εμβόλου. Η φούστα οδηγεί το έμβολο στα τοιχώματα του κυλίνδρου και δέχεται τα πλευρικά φορτία, που δημιουργούνται όταν δουλεύει ο κινητήρας.

Οπή στηρίξεως του πείρου (Εικ. 11.1). Είναι η ενισχυμένη οπή του εμβόλου στην περιοχή της φούστας, και χρειάζεται για την στήριξη του πείρου.

Πείρος εμβόλου (Εικ. 11.1). Συνδέει το έμβολο με το πάνω άκρο της μπιέλας.

Θερμοκρασίες του εμβόλου

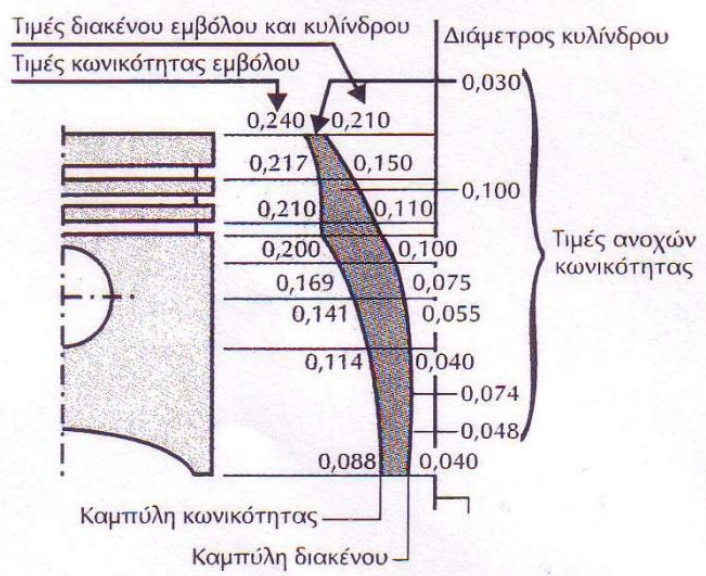
Το έμβολο είναι ο πρώτος κρίκος μιας αλυσίδας, μέσω της οποίας η θερμική ενέργεια της καύσης μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια στον στροφαλοφόρο. Σε αυτή την αλυσίδα, το έμβολο αναλαμβάνει επίσης να οδηγεί το άνω άκρο της μπιέλας κατά την διαδρομή του



μέσα στον κύλινδρο. Στη διάρκεια της διαδρομής η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου, μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση που μέσω της μετάδοσης θα φθάσει έως τους τροχούς. Κατά την καύση του μίγματος (καυσίμου-αέρα) αναπτύσσονται στο χώρο καύσης θερμοκρασίες μεταξύ 2000c° και 2500c°. Η θερμοκρασία αυτή απαγάγετε και στην οροφή του εμβόλου σημειώνονται θερμοκρασίες λειτουργίας 250c° έως 350c°. Στις παρειές των εμβόλων σημειώνονται θερμοκρασίες έως 150c° (σχήμα 11.1).

Η θερμότητα προκαλεί μια διαστολή του υλικού, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σφήνωμα του εμβόλου στον κύλινδρο. Στη ορόφη του εμβόλου παρατηρούνται πολύ μεγαλύτερες θερμοκρασίες απ'ότι στην φούστα, καθώς εκεί πραγματοποιείται η καύση. Έτσι στο πάνω μέρος του εμβόλου παρατηρείται μεγαλύτερη διαστολή απ'ότι στο κάτω μέρος του εμβόλου λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.

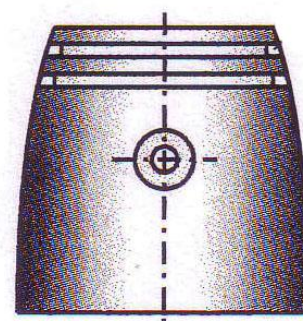
Οι ανοχές μεταξύ του εμβόλου και του κυλίνδρου κυμαίνονται περίπου από 0,2mm έως 0,02mm (σχήμα 11.6).



Σχήμα 11.2 : Ανοχές του εμβόλου

Διαστολές του εμβόλου και βασικές μέθοδοι αντιστάθμισής τους

Η βάση των μεθόδων αντιστάθμισης των διαστολών, είναι η κατασκευή του εμβόλου σε σχήμα κολουρου κώνου (όταν είναι ψυχρό) με την μικρότερη διάμετρο στο ύψος της οροφής του εμβόλου, και την μεγαλύτερη στην ποδιά του εμβόλου (σχήμα 11.3). Κατά την εκκίνηση του κινητήρα, καθώς η θερμοκρασία του ανεβαίνει στην θερμοκρασία λειτουργίας το έμβολο αποκτά το σχήμα ομοιόμορφου κυλίνδρου και οι ανοχές μικραίνουν.



Σχήμα 11.3 : Έμβολο σε μεγένθυση με την μορφή κολουρου κώνου

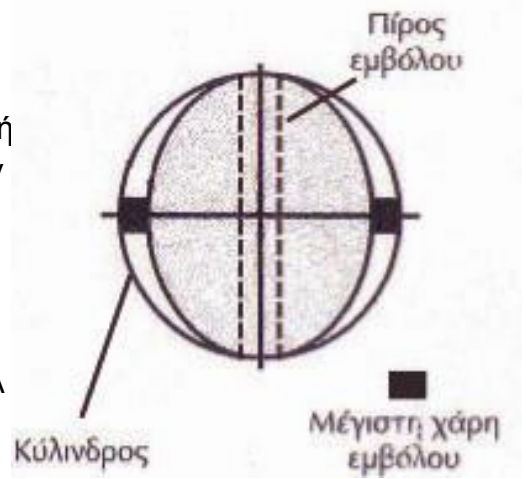
Καθώς το έμβολο ανεβοκατεβαίνει στον κύλινδρο, στα τοιχώματα των παρειών του εμβόλου που βρίσκονται κάθετα ως προς τον πείρο, επιδρούν σε αυτά μεγαλύτερες δυνάμεις, με αποτέλεσμα στα τμήματα αυτά μεγαλύτερες τριβές, αύξηση της θερμοκρασίας και

των διαστολών. Κοιτάζοντας το έμβολο από την οροφή παρατηρούμε ότι του έχει δοθεί το σχήμα οβάλ, με την μεγαλύτερη διάμετρο παράλληλη με τον άξονα του πείρου (σχήμα 11.4). Αυτό είναι ένα κατασκευαστικό τέχνασμα, έτσι ώστε όταν ο κινητήρας δουλέψει και το έμβολο φτάσει στην θερμοκρασία λειτουργίας του, τότε η διατομή του διαστέλλεται και η οροφή από οβάλ σχήμα παίρνει την μορφή κυκλικής διατομής.

Λόγω αυτών των μεθόδων κατασκευής, έως ότου ο κινητήρας να φτάσει στην κανονική του θερμοκρασία και το έμβολο από σχήμα κόλουρου κώνου γίνει κυλινδρικής διατομής και από οβάλ στην οροφή του γίνει κυκλικής διατομής, εμφανίζονται κάποια μειονεκτήματα.

Η συναρμογή μεταξύ κυλίνδρου και εμβόλου είναι χαλαρότερη όταν ο κινητήρας είναι ψυχρός και εμφανίζεται κατά το ξεκίνημα του κινητήρα ένας χαρακτηριστικός ήχος γνωστός σαν «ράπισμα του εμβόλου». Έμβολο και κύλινδρος καταπονούνται έντονα έως ότου να φθάσουν τις συνθήκες λειτουργίας, και ο θόρυβος σιγά σιγά εξαφανίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Γι' αυτόν τον λόγο κατά την εκκίνηση του κινητήρα, καλό θα ήταν να τον αφήσουμε να ζεσταθεί (χωρίς να τον ζορίσουμε) έως ότου οι ανοχές όλων των εξαρτημάτων να γίνουν οι κατάλληλες και το λάδι να αποκτήσει μεγαλύτερη ρευστότητα. Αυτό ισχύει πολύ περισσότερο για παλαιούς τύπους κνητήρων, όπου τα μέταλλα κατασκευής δεν είναι τόσο τεχνολογικά εξελιγμένα σε συνδυασμό με το γεγονός ότι έχουν διανύσει πολλά χιλιόμετρα και έχουν υποστεί τις ανάλογες φθορές.

Για τον περιορισμό της διαφοροποιημένης διαστολής, διατηρώντας τις ανοχές με τον κύλινδρο στα ελάχιστα δυνατά όρια, χρησιμοποιούνται διάφορα κατασκευαστικά τεχνάσματα. Έτσι, τα έμβολα κατηγοριοποιούνται για να ξεχωρίζονται.



Σχήμα 11.4 : Κάτοψη οβάλ εμβόλου

11.1.3 Είδη των εμβόλων για την μείωση των διαστολών

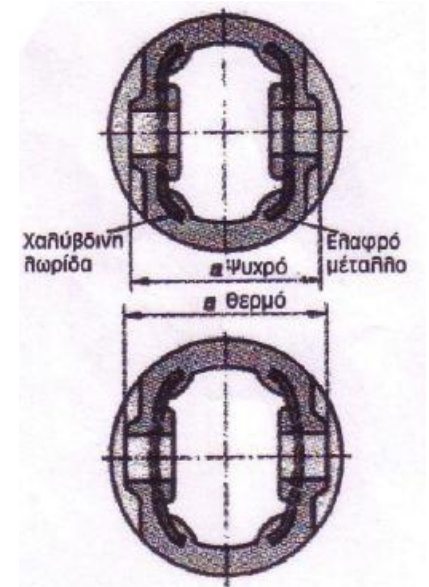
A) Έμβολο με δακτύλιο. Μεταξύ του κάτω αύλακα ελατηρίου και της οπής του πείρου, τοποθετείται ένας οδοντωτός χαλύβδινος δακτύλιος πάχους 1,5mm και χυτεύεται μαζί με το έμβολο (σχήμα 11.5).



Σχήμα 11.5 : Έμβολο με προσαρμοσμένο δακτύλιο

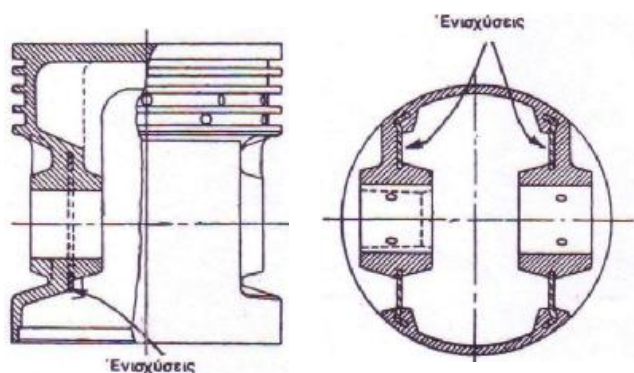
B) Έμβολο με χαλύβδινες λωρίδες. Στα έμβολο αυτά υπάρχουν ένθετες λωρίδες από καθαρό χάλυβα, τοποθετημένες κατά την χύτευση, στην περιοχή του πείρου. Κατά την επίδραση της θερμότητας, το μέταλλο του εμβόλου και οι χαλύβδινες λωρίδες διαστέλλονται σε διαφορετικό βαθμό, πράγμα που δίνει μια καμπυλότητα στην χαλύβδινη λωρίδα. Έτσι αυξάνεται η διάμετρος του εμβόλου κυρίως προς την διεύθυνση του άξονα του πείρου, ενώ κατά την διεύθυνση περιστροφής της μπιέλας (κάθετη προς τον άξονα), όπου εμφανίζονται μεγαλύτερες δυνάμεις και θερμοκρασίες, η διαστολή είναι αμελητέα. Η θερμοδιαστολή, λοιπόν, οδηγείται κυρίως προς την διεύθυνση του άξονα του πείρου και μπορεί να αντισταθμιστεί με κατεργασία οβάλ.

Η χάρη συναρμογής μπορεί έτσι να παραμείνει μικρή και ο κινητήρας λειτουργεί αθόρυβα. Το παράδειγμα που μόλις περιγράψαμε, δηλαδή η ελεγχόμενη παραμόρφωση με τη χρήση μετάλλων με διαφορετικό συντελεστή διαστολής, ονομάζεται διμεταλλικό αποτέλεσμα (σχήμα 11.6).



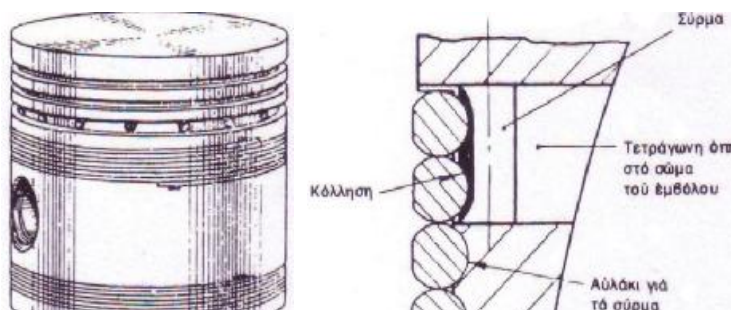
Σχήμα 11.6 : Έμβολο που έχει χαλύβδινες λωρίδες

Γ) Έμβολα με ενισχύσεις από invar. Μια άλλη πολύ γνωστή κατασκευή ενισχυμένου εμβόλου είναι με ενισχύσεις από invar. Πρόκειται για ένα κράμα από νικέλιο και σίδηρο που πρακτικά δεν έχει καθόλου διαστολές. Οι ενισχύσεις από invar τοποθετούνται κατά την χύτευση του εμβόλου μέσα στα έδρανα του πείρου και την φούστα. Με τον τύπο αυτό του εμβόλου δεν χρειάζεται μεγάλο διάκενο μεταξύ εμβόλου – κυλίνδρου, ούτε στην οροφή ούτε στην φούστα (σχήμα 11.7).



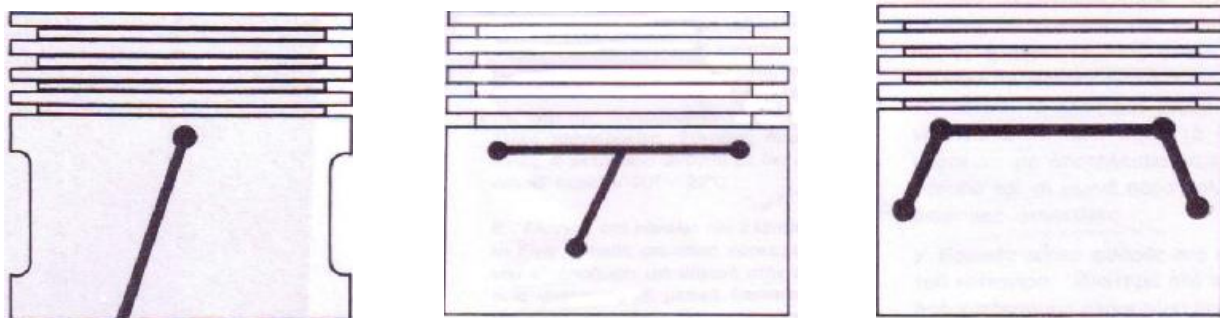
Σχήμα 11.7 : Έμβολα με ενισχύσεις invar

Δ) Έμβολα τυλιγμένα με σύρμα. Στην προσπάθεια να μειωθούν οι διαστολές η αγγλική εταιρεία “Twickenham” κατασκεύασε έμβολα τυλιγμένα με σύρμα. Το τύλιγμα του σύρματος κατασκευάζεται από αλουμίνιο και τοποθετείται στην φούστα του εμβόλου επάνω και κάτω από την οπή του πείρου. Μετά την τοποθέτηση του σύρματος το έμβολο λειάνεται. Με τη μέθοδο αυτή ο έλεγχος της διαστολής είναι τόσο αποτελεσματικός ώστε για διάμετρο μέχρι 100mm σχεδόν δεν χρειάζεται καθόλου διάκενο (σχήμα 11.8).



Σχήμα 11.8 : Έμβολα με σύρμα

Ε) Έμβολα με σχισμή. Υπάρχουν εγκοπές στην φούστα τόσο κάθετες όσο και οριζόντιες. Οι κάθετες εγκοπές βοηθούν στον περιορισμό των διαστολών, και οι οριζόντιες στον περιορισμό της μετάδοσης της θερμότητας, από την οροφή προς τα παρακάτω τμήματα. Επίσης οι εγκοπές εξυπηρετούν στην καλύτερη εσωτερική λίπανση του εμβόλου (σχήματα 11.9, 11.10, 11.11).



Σχήματα 11.9, 11.10, 11.11 : Στα σχήματα διακρίνουμε διαμορφωμένες σχισμές

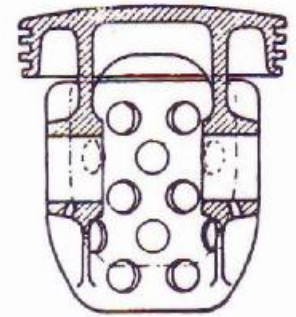
11.1.4 Τεχνικές για τον περιορισμό των τριβών

Οι τριβές μεταξύ παρειών και κυλίνδρων ευθύνονται για το 40% των μηχανικών απωλειών. Ο περιορισμός των τριβών μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

A) Μείωση των επιφανειών του εμβόλου.

Μερικές προωθημένες μελέτες προβλέπουν την αφαίρεση όλων των περιττών σημείων, επιτυγχάνοντας ένα ελαφρύτερο έμβολο, με την μικρότερη δυνατή επιφάνεια επαφής με τον κύλινδρο.

Το σχήμα (11.12) παρουσιάζει ένα παράδειγμα της μορφής που μπορεί να πάρει το έμβολο στην προσπάθεια να γίνει όσο το δυνατόν ελαφρύτερο, και του έχει αφαιρεθεί κάθε ίχνος υλικού που δεν είναι απολύτως απαραίτητο. Στο έμβολο αυτό η ποδιά έχει περιοριστεί σε δυο τμήματα. Το έμβολο πλήρες, με ελατήρια και τον πείρο ζυγίζει 635 γρ. ενώ ένα κοινό έμβολο αλουμινίου της ίδιας διαμέτρου ζυγίζει περίπου 1500 γρ. Το έμβολο αυτού του τύπου αποδείχτηκε ότι μειώνει τις τριβές κατά (25-35)% και δίνει μια ισχύ αυξημένη κατά 5% στις μεσαίες ταχύτητες και 15% στις υψηλές ταχύτητες.



Σχήμα 11.12 : Έμβολο με μειωμένες επιφάνειες



Αποτέλεσμα δίαιτας...
 μια άλλη

ιδιαιτερότητα του
 τελευταίου

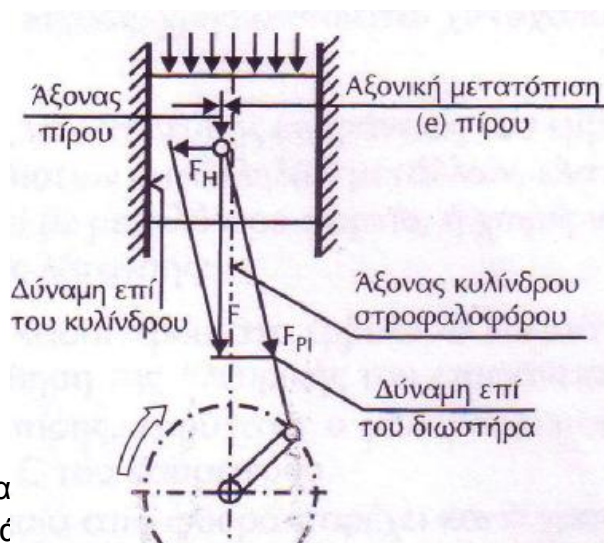
εμβόλου είναι η μείωση

επιφανειας θερμότητας
 μεταξύ οροφής και
 υφισταμένων περιοχών.

Εικόνες 11.5 : Παραδείγματα εμβόλων μειωμένων επιφανειών

Β) Μετατόπιση του πείρου

Μεταξύ των λύσεων που υιοθετούνται για να περιοριστούν οι τριβές αλλά και οι μηχανικές καταπονήσεις του εμβόλου είναι η μετατόπιση του πείρου σε έκκεντρη θέση. Ο άξονας του πείρου μετατοπίζεται κατά 0,5mm έως 1,5mm (1%-2% της διαμέτρου του εμβόλου). Το σημείο που μετατοπίζεται ο πείρος είναι το ίδιο ως προς την φορά της περιστροφής του στροφάλου. Δηλαδή, εάν ο στρόφαλος περιστρέφεται δεξιόστροφα τότε ο πείρος θα μετατοπιστεί προς τα δεξιά ως προς την θέση που ίσχυε να έχει. Αυτό επιτρέπει στο έμβολο να αλλάζει την πλευρά της επαφής με τα τοιχώματα του κυλίνδρου πριν φτάσει στο ΑΝΣ όπου η πίεση είναι μικρή και όχι μετά το ΑΝΣ, όπου λόγω της καύσεως έχουμε έκρηξη και μεγάλη συμπίεση (σχήμα 11.13).



Σχήμα 11.13 : Μετατόπιση του πείρου

Γ) Χρήση επιστρώσεων

Οι επιστρώσεις έχουν την ιδιότητα να μειώνουν τον συντελεστή τριβής και παρέχουν προστασία στο έμβολο από φθορές (τριβές, ξυσίματα). Παρακάτω σας παραθέτουμε τις επικρατέστερες:

Στρώση κασσίτερου: Όταν το έμβολο είναι επικασσιτερωμένο όχι μόνο αντέχει καλύτερα στην φθορά από τριβές και γδαρσίματα, ή τα μαγκώματα που εμφανίζονται στην αρχική περίοδο της λειτουργίας του κινητήρα, αλλά σχηματίζει και μία λεία επιφάνεια που μειώνει πολύ τον συντελεστή τριβής. Μία επίστρωση πάχους 0,005 του χιλιοστού έχει άριστα αποτελέσματα. Για τους λόγους αυτούς η επικασσιτέρωση χρησιμοποιείται ευρύτατα.

Στρώση Μολύβδου: Έχει το πλεονέκτημα ότι η θερμοκρασία τήξεως είναι υψηλότερη ($327\text{ }^{\circ}\text{C}$) έναντι του κασσίτερου ($232\text{ }^{\circ}\text{C}$).

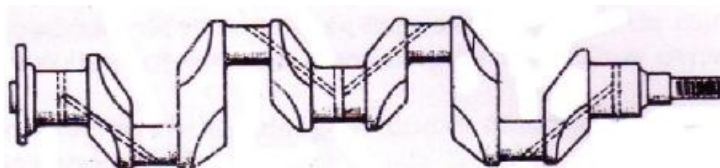
Στρώση Γραφίτη: Η επίστρωση γίνεται με εκτόξευση και σχηματίζει στρώση πάχους από 0,02mm έως 0,04mm. Ο συντελεστής τριβής μειώνεται σημαντικά και προσφέρει στο έμβολο εξαιρετική προστασία.

Στρώση eloxal : Η μέθοδος αυτή δίνει μεγάλη αντοχή στην φθορά. Έτσι, οι επιφάνειες έχουν εξαιρετική αντοχή στην θερμότητα και στην διάβρωση, όμως δεν υφίστανται περιορισμό των τριβών.

Στρώση με Οξειδίο Δημιουργείται ένα πολύ σκληρό σώμα, που αντέχει στην φθορά, του αλουμινίου: διευκολύνει την λίπανση και δημιουργεί μια θερμική ασπίδα.

Τα αυλάκια των ελατηρίων και τα έδρανα του πείρου καλύπτονται και αυτά με το ίδιο οξειδίο.

Πάντως το σύστημα που εξασφαλίζει τις ελάχιστες τριβές και την μέγιστη απαγωγή θερμότητας, είναι η λίπανση. Το λάδι ωθούμενο από την αντλία ακολουθεί συνήθως τον αγωγό στο εσωτερικό του στροφαλοφόρου (σχήμα 11.14) και φθάνει στο κάτω άκρο της μπιέλας. Από εκεί μέσω ενός ακροφύσιου που έχει η μπιέλα (σχήμα 11.15) το λάδι εξακοντίζεται στα τοιχώματα του κυλίνδρου και στο εσωτερικό του εμβόλου από το οποίο απαγάγει θερμότητα και επιστρέφει στο κάρτερ.



Σχήμα 11.14 : Διακρινουμε τους αγωγους στον



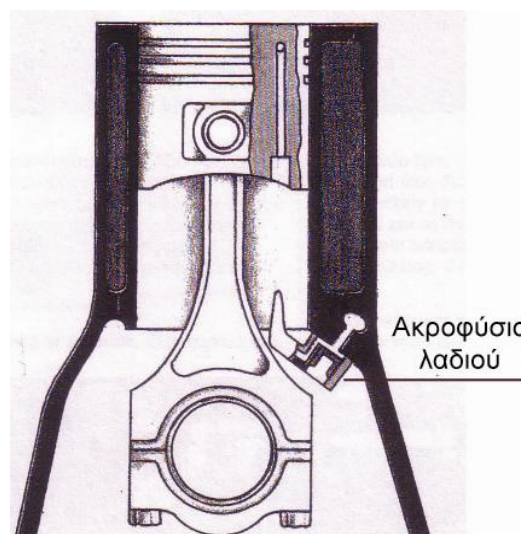
Σχήμα 11.15 : Ακροφυσιο μπιέλας

Όταν απαιτείται καλύτερη λίπανση, το λάδι μέσω ενός αγωγού στην μπιέλα κατευθύνεται με πίεση στο εσωτερικό της, και φθάνει στο άνω άκρο της και από εκεί εκτοξεύεται στον πείρο, και στο κάτω μέρος της οροφής του εμβόλου (σχήμα 11.16).



Σχήμα 11.16 : Οπή που εκτοξεύει λαδι στο εμβολο

Περαιτέρω τελειοποίηση χρειάστηκε με την εμφάνιση των υπερτροφοδοτούμενων κινητήρων (turbo, compressor). Στους οποίους το λάδι ψεκάζεται από ένα ακροφύσιο (μπέκ) τοποθετημένο στο κάτω μέρος του κυλίνδρου (σχήμα 11.17).



Σχήμα 11.17 : Λίπανση του εμβόλου σε υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες

11. 1.5 Υλικό κατασκευής των εμβόλων πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Λόγω των διαφορετικών ειδών καταπονήσεων, οι απαιτήσεις από ένα υλικό εμβόλου είναι οι παρακάτω:

- Μικρή πυκνότητα (μικρότερες δυνάμεις αδράνειας)
- Υψηλή αντοχή (ακόμα και στις υψηλές θερμοκρασίες)
- Καλή θερμοαγωγιμότητα
- Ελάχιστη θερμοδιαστολή
- Ελάχιστη αντίσταση τριβής
- Μεγάλη αντίσταση στην φθορά

Παλαιότερα χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά χυτοσίδηρο. Ο χυτοσίδηρος έχει μικρό συντελεστή διαστολής, είναι πολύ ανθεκτικός, αντέχει στις τριβές και αρκετά φθηνός. Είναι όμως βαρύς και αυτό είναι πολύ μεγάλο μειονέκτημα για τους ταχύστροφους κινητήρες.

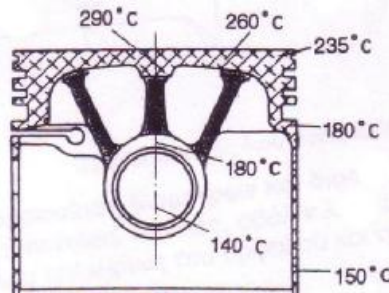
Πριν γενικευτεί η χρήση εμβόλων από αλουμίνιο, χρησιμοποιούσαν σε αυτοκίνητα αγώνων έμβολα από χάλυβα. Είχαν, σε σύγκριση με τα χυτοσίδηρα, πολύ καλές ιδιότητες επαγωγής της θερμότητας, και ήταν πολύ ελαφρύτερα. Ο συντελεστής διαστολής τους είναι μικρός αλλά τα χυτοσίδηρα έμβολα υπερτερούν.

Τα σύγχρονα έμβολα κατασκευάζονται από αλουμίνιο (AlSi12CuNi). Τα πλεονεκτήματα του αλουμινίου είναι η μικρή του πυκνότητα ($P \approx 2,7 \text{ kg/dm}^3$) που σημαίνει ότι έχουν πολύ μικρό βάρος, και η μεγάλη τους θερμοαγωγιμότητα. Μειονεκτούν ως προς τα προαναφερθέντα μέταλλα γιατί το αλουμίνιο έχει μεγάλες διαστολές και είναι μαλακό, δηλαδή φθείρεται εύκολα.

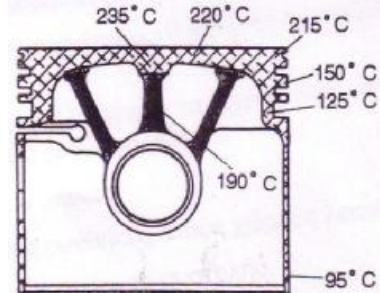
Τα αλουμινένια έμβολα με ειδικές κατεργασίες αποκτούν όλες τις ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα έμβολα. Προστίθενται στο αλουμίνιο περιεκτικότητες 10 -15% πυριτίου ή χαλκού και νικελίου, έτσι όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των κραμμάτων αυτών τόσο μικρότερη είναι η θερμοδιαστολή και η φθορά. Ακόμα, τα αλουμινένια έμβολα περνιούνται με στρώση από οξείδιο του αλουμινίου που περιορίζει τις φθορές, διευκολύνει την λίπανση και λειτουργεί σαν θερμική ασπίδα. Για τον περιορισμό των διαστολών προστίθενται ελάσματα από χυτοσίδηρο ή διαμορφώνονται σχισμές.

Ο κατασκευαστής επιλέγει ποιές κατεργασίες του αλουμινίου θα χρησιμοποιήσει στο έμβολο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και τη χρήση του.

Θερμοκρασίες
εμβόλου με
υλικό
χυτοσίδηρο.



Θερμοκρασίες
εμβόλου με
υλικό
σφυρήλατο
αλουμίνιο



Σχήματα 11.18, 11.19 : Συγκρίσεις θερμοκρασιών εμβόλων από διαφορετικά υλικά

11.1.6 Τρόποι κατασκευής των εμβόλων

Τα περισσότερα έμβολα κατασκευάζονται με χύτευση σε μήτρα. Τα χυτοπρεσαριστά έμβολα έχουν ακόμα καλύτερες ιδιότητες ως προς την αντοχή τους σε φθορές και απαγάγουν καλύτερα την θερμότητα. Οι δοκιμές έδειξαν ότι η αντοχή σε εφελκυσμό, του υπό πίεση χυμένου αλουμινίου, είναι 50% μεγαλύτερη από αλουμίνιο χυμένο σε άμμο και 25-30% από αλουμίνιο χυμένο σε μεταλλικό πρότυπο (εικόνα 11.20).

Η σφυρηλάτηση, αντίθετα, καθιστά συμπαγέστερο το μέταλλο, προσδίδοντάς του μεγαλύτερη μηχανική αντοχή και υψηλότερη θερμική αγωγιμότητα, αλλά τα έμβολα αυτά προορίζονται για αγωνιστικούς κινητήρες ή γενικά υψηλών αποδόσεων.

Τα σφυρηλάτα έμβολα εργάζονται σε θερμοκρασίες 15% χαμηλότερες από αυτές που σημειώνονται στα χυτά. Έτσι στην οροφή παρουσιάζουν θερμοκρασία γύρω τους 230c° έναντι των 280c° ενός χυτού εμβόλου. Μετά την παραγωγή πάντως είναι απαραίτητη μια κατεργασία για το φινίρισμα των εξωτερικών επιφανειών.



Εικόνα 11.20 : Έμβολο μετά την χύτευση

11.1.7 Ελατήρια των εμβόλων

Όση ακρίβεια και να υπάρχει στη συναρμογή του εμβόλου με τον κύλινδρο, η ανοχή μεταξύ τους καθιστά αδύνατη την επίτευξη της απαιτούμενης στεγανότητας. Τον ρόλο αυτόν αναλαμβάνουν τα ελατήρια που σκοπός τους είναι, η στεγανότητα του χώρου καύσης περιορίζοντας την εισαγωγή καυσαερίων στον στροφαλοθάλαμο και η απαγωγή ενός ποσοστού θερμότητας του εμβόλου. προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Τα ελατήρια έχουν σχήμα δακτυλίου ορθογωνική διατομής, με εξωτερική διάμετρο λίγο μεγαλύτερη από την διάμετρο του κυλίνδρου. Σε ένα σημείο της περιφέρειας τους είναι κομμένα (ανοιχτά). Το άνοιγμα αυτό διευκολύνει, ώστε ανοίγοντας λίγο να μπορούν να περάσουν μέσα στον κύλινδρο. Θα πρέπει να διατηρούν πάντα την ελαστικότητα τους ώστε να εφάπτονται με τον κύλινδρο και να μην εμφανίζουν μόνιμες παραμορφώσεις (εικόνα 11.6).



Εικόνα 11.6 : Ελατήρια εμβόλου

Τα ελατήρια κατασκευάζονται από κράματα χυτοσίδηρου και διακρίνονται σε: **Ελατήρια συμπίεσης.** Αναλαμβάνουν να εξασφαλίσουν ότι τα αέρια υπό την πίεση που δημιουργούνται κατά την καύση, δεν θα διαφύγουν προς τον στροφαλοθάλαμο. Τυχόν διαρροές καυσίμου μίγματος και αερίων θα είχαν σαν αποτέλεσμα, την


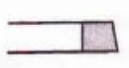
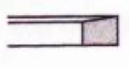

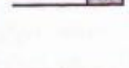
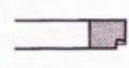
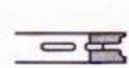
υποβάθμιση των ιδιοτήτων του λιπαντικού, και την αύξηση της πίεσης στον χώρο του στροφάλου.

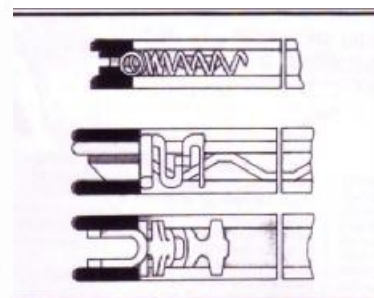
Βρίσκονται στο ανώτατο τμήμα της ζώνης των ελατηρίων και συνήθως είναι δυο στους κινητήρες κύκλου Otto. Το πρώτο ελατήριο συμπίεσεως ονομάζεται και ελατήριο της φωτιάς. Το υλικό κατασκευής του είναι βελτιωμένο με επιχρωμίωση γιατί δέχεται τις μεγαλύτερες καταπονήσεις και θα πρέπει να αντέχει σε πολύ μεγαλύτερα δυναμικά και θερμικά φορτία. Επίσης είναι αυτό που έχει την χειρότερη λίπανση.

Ελατήρια του λαδιού. Εμποδίζουν το λάδι να ανέβει στον χώρο καύσης. Τα ελατήρια του λαδιού βρίσκονται στο κατώτατο τμήμα της ζώνης των ελατηρίων και συνήθως είναι ένα. Η καύση του λαδιού έχει ως αποτέλεσμα των σχηματισμό ανθρακωμάτων. Τα ανθρακώματα αυτά προκαλούν συνήθως απώλεια στεγανότητας κατά το κλείσιμο των βαλβίδων, δυσκολία απαγωγής της θερμότητας στην οροφή του εμβόλου, μειωμένη απόδοση των μπουζί καθώς και επικίνδυνα υπέρθερμα σημεία (αυτανάφλεξη).

Ωστόσο είναι σχεδόν αδύνατον να αποφευχθεί η διαρροή μιας ελάχιστης ποσότητας λιπαντικού προς τον θάλαμο καύσης, κυρίως στους πολύστροφους κινητήρες όπου οι υψηλότερες θερμοκρασίες καθιστούν ρευστότερο το λιπαντικό. Για να βελτιωθεί η απόδοση των ελατηρίων λαδιού εισάγεται στο εσωτερικό τους ένα ελατήριο διαστολής από κυματιστή λωρίδα ή ένα σπειροειδές ελατήριο.

Πίνακας 11.1 : Είδη ελατηρίων και χαρακτηριστικά

Διαμόρφωση ελατηρίου		Συμβολισμός	Οδηγίες τοποθέτησης	Σκοπός της διαμόρφωσης
Διατομή	Χαρακτηρισμός			
	Ορθογώνιο ελατήριο (ελατήριο στεγανότητας)	R	Επιτρέπεται και προς τις δύο διευθύνσεις	Απλή κατασκευή
	Κωνικό ελατήριο	M	Η πλευρά "TOP" προς τη διεύθυνση της οροφής του εμβόλου	Επιταχύνεται το "στρώσιμο" (συνήθως στο ανώτατο αυλάκι)
	Τραπεζοειδές ελατήριο	Tr	Η λοξοτομημένη πλευρά προς τη διεύθυνση της οροφής του εμβόλου	Εμποδίζεται το σφηνώμα στο αυλάκι
	Ελατήριο - L	LR	Η μεγάλη εσωτερική \varnothing ελατηρίου προς τη διεύθυνση της οροφής του εμβόλου ή η άνω ακμή του ελατηρίου = Ακμή οροφής εμβόλου	Ενίσχυση της επαφής με τη δύναμη των αερίων συμπίεσης
	Ελατήριο με νύχι	N	Το "νύχι" πρέπει να διευθύνεται προς το στέλεχος του εμβόλου	Αυξημένο αποτέλεσμα στην απόξεση ελαίου
	Ελατήριο ελαίου με εγκοπή (κανονικά)	O	Επιτρέπεται και προς τις δύο διευθύνσεις	Απόξεση ελαίου με δίοδο ελαίου προς το εσωτερικό του εμβόλου
	Ελατήριο ελαίου με ελικοειδές ελατήριο	SF	Επιτρέπεται και προς τις δύο διευθύνσεις	Αύξηση της πίεσης, καλύτερη απόξεση ελαίου



Σχήμα 11.21 : Εσωτερική δομή των ελατηρίων

11.1.8 Διάγνωση βλαβών

- 1) Ακούγεται θόρυβος κατά την λειτουργία του κινητήρα.
- 2) Απώλεια πίεσεως με διαφυγή καυσαερίων. Γίνεται μέτρηση με ειδικά όργανα για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει πτώση πίεσης στον κύλινδρο είτε από τα ελατήρια του εμβόλου είτε από τις βαλβίδες.
- 3) Ο κινητήρας δυσκολεύεται να περιστραφεί ή δεν περιστρέφεται καθόλου. Τότε πιθανώς υπάρχουν κολλημένα εμβολα.

Αίτια βλαβών

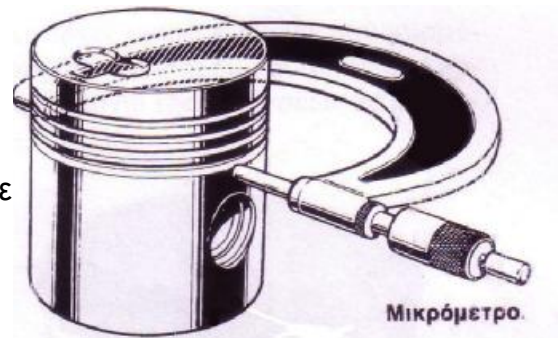
- 1) Θραύση της βαλβίδας και πτώση στον χώρο καύσης.
- 2) Νερό ή και άλλα στοιχεία στον χώρο καύσης.
- 3) Στρέβλωση ή και αστοχία της μπιέλας.
- 4) Κόλλημα, αστοχία των ελατηρίων.
- 5) Μικρό διάκενο μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου.
- 6) Υπερθέρμανση του κινητήρα (διαστολή εμβόλου από κακή ψύξη, λίπανση).
- 7) Ελλιπής λίπανση στα τριβόμενα σημεία.

11.1.9 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών του εμβόλου

Έλεγχος του εμβόλου.

Ο έλεγχος του εμβόλου γίνεται ως εξής: Πρώτο βήμα είναι να δούμε τις προκαθορισμένες τιμές που θα πρέπει να έχει το εμβολο, και μας τις έχει ορίσει ο κατασκευαστής. Στη συνέχεια μετράμε με μικρόμετρο και άλλα μετρητικά όργανα στο εμβολο μας όλες τις προς σύγκριση τιμές και έτσι ελέγχουμε κατά πόσο τα διάφορα σημεία έχουν φθαρεί (σχήμα 11.22).

Τα προς μέτρηση σημεία αλλάζουν για κάθε κατασκευή εμβόλου, για αυτό θα πρέπει να συμβουλευτούμε πρώτα το service manual και στη συνέχεια να πραγματοποιήσουμε τις οποιεσδήποτε μετρήσεις για να δούμε εάν υπάρχουν αποκλίσεις. Τα σημεία που ελέγχονται συνήθως είναι: το διάκενο σε διάφορα ύψη του εμβόλου, το διάκενο μεταξύ αυλακώσεων και ελατηρίων, τα ελατήρια, καθώς και η συναρμογή πείρου-εμβόλου.



Σχήμα 11.22 : Έλεγχος εμβόλου με μικρόμετρο

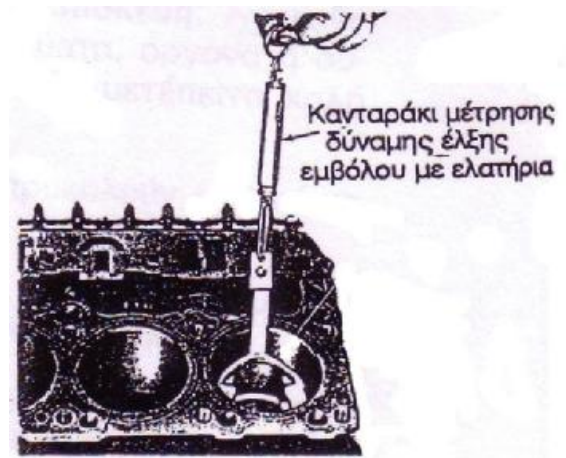
Πολλοί κατασκευαστές προτείνουν πρακτικότερους τρόπους για τον προσδιορισμό του διακένου (ανοχών) όπως:

- ∅ Έλεγχος διακένου με παχυμετρικό έλασμα μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου (σχήμα 11.23).



Σχήμα 11.23

- ∅ Έλεγχος διακένου με ανάλογη δύναμη έλξης του εμβόλου που βρίσκεται εντός κυλίνδρου.



Σχήμα 11.24

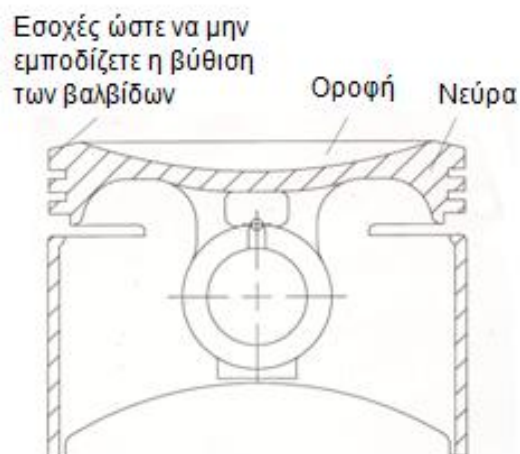
Θεραπεία βλαβών.

Η μόνη θεραπεία του εμβόλου είναι η αντικατάστασή του. Άλλη θεραπεία δεν επιδέχεται το εμβολο. Είναι εξάρτημα πολύς μεγάλης σημασίας με πολύ συγκεκριμένες ανοχές. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως η καρδιά του κινητήρα.

- ∅ Αντικατάσταση ελατηρίων.
- ∅ Αντικατάσταση εμβόλου.
- ∅ Ρεκτιφιέ των κυλίνδρων η αλλαγή χιτωνίων.

11.2 Περιγραφή του εμβόλου του κινητήρα E10

Η οροφή του εμβόλου μας είναι κοίλη, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την περιδίνηση του μίγματος αέρα-βενζίνης και την ομοιόμορφη κατανομή των δυνάμεων κατά την καύση του. Επίσης λόγω της διαμορφωμένης κοιλότητας μεγαλώνει λίγο ο θάλαμος καύσης (κυβισμός) και βελτιώνεται η απόδοση του κινητήρα. Στα άκρα της οροφής το έμβολο έχει δυο κοιλότητες για να μην εμποδίζεται η βύθιση των βαλβίδων. Στο εσωτερικό του εμβόλου υπάρχουν διαμορφωμένα νεύρα τα οποία λειτουργούν σαν ενίσχυση της οροφής λόγο των μεγάλων δυνάμεων που επιδρούν εκεί. Τα νεύρα αυτά βοηθούν και στην απαγωγή της θερμότητας προς τα υπόλοιπα τμήματα του εμβόλου (σχήμα 11.25).



Σχήμα 11.25 : Έμβολο του κινητήρα E 10

Το υλικό κατασκευής που έχει χρησιμοποιηθεί για το έμβολο του κινητήρα E10 είναι το αλουμίνιο. Πιθανός στο αλουμίνιο να έχουν προστεθεί και περιεκτικότητες 10-15% και άλλων μετάλλων για τη μείωση των θερμοδιαστολών και των φθορών. Η χρήση του αλουμινίου σαν βασικό μέταλλο μας δίνει ένα ελαφρύ και θερμοαγώγιμο έμβολο.

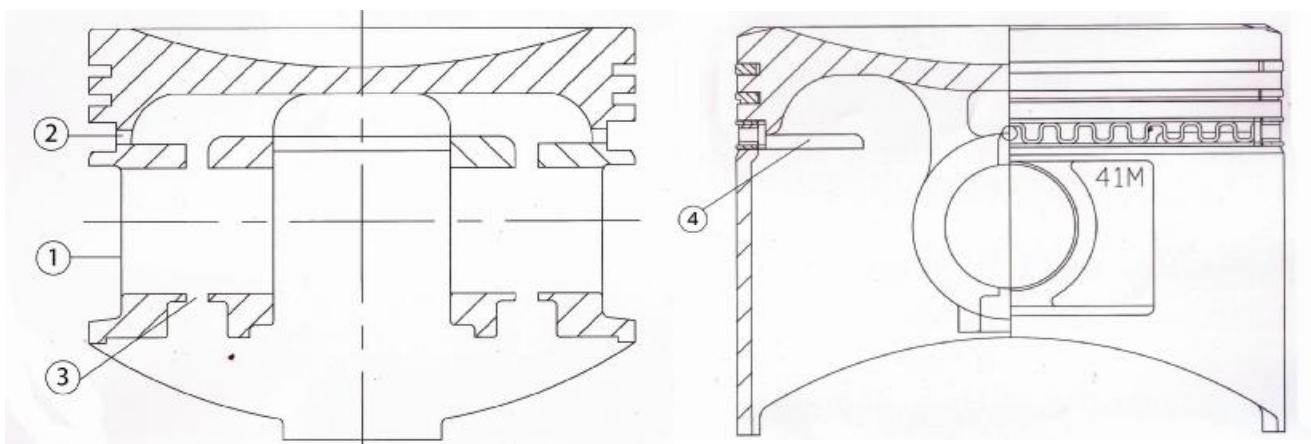
Ο τρόπος κατασκευής του εμβόλου είναι με χύτευση σε μήτρα υπό πίεση ώστε να μπορεί να αντέχει μεγαλύτερες μηχανικές καταπονήσεις και να απαγάγει την θερμότητα πιο αποτελεσματικά.

Για την αντιστάθμιση των διαστολών το έμβολο έχει κατασκευαστεί σε σχήμα κόλουρου κώνου. Η διάμετρος της οροφής είναι κυκλική και δεν έχει υποστεί κατεργασία οβάλ. Εσωτερικά του εμβόλου έχουν προστεθεί ελάσματα για τη μείωση των διαστολών τα οποία δεν γνωρίζουμε καθώς αποτελούν κατασκευαστικά μυστικά.

Για τη μείωση των τριβών και για την καλύτερη αντοχή του αλουμινένιου εμβόλου από φθορές (το οποίο είναι μαλακό μέταλλο). Έχει γίνει χρήση επιστρώσεων στις εξωτερικές επιφάνειες. Λόγο ότι το έμβολο έχει κατασκευαστεί από αλουμίνιο πιθανολογούμε ότι έχει χρησιμοποιηθεί στρώση με οξειδίο του αλουμίνιο. Τέτοιου είδους πληροφορίες δεν μπορούμε να τις γνωρίζουμε στα σίγουρα καθώς η εκάστοτε κατασκευάστρια εταιρεία τις αποκρύπτει αποτελώντας τα κατασκευαστικά μυστικά.

Η λίπανση του εμβόλου γίνεται ως εξής: Το λάδι μέσω του ακροφυσίου που φέρει η μπιέλα στον κορμό της εκτοξεύεται, κυρίως προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου και ένα μικρό μέρος της ποσότητας του λαδιού προς το εσωτερικό του εμβόλου. Από το λάδι που έχει εκτοξευθεί προς τον κύλινδρο λιπαίνονται όλες οι εξωτερικές επιφάνειες του εμβόλου. Δηλαδή ελατήρια, παρειές και ο πείρος του εμβόλου. (ο πείρος είναι πλευστός στο έμβολο με μικρό διάκενο και σφηνωτός στην μπιέλα). Στη συνέχεια μέσω ειδικών σχισμών και οπών που φέρει το έμβολο στην εξωτερική

επιφάνεια, το λάδι περνάει εσωτερικά του εμβόλου όπου απαγάγει θερμότητα και λιπαίνει τον πείρο.



Σχήματα 11.26, 11.27 : Πορεία της λίπανσης εμβόλου

Βλέποντας τα (σχήματα 11.26, 11.27) το λάδι ακολουθεί την εξής πορεία : 1) Από το λαδί στους κυλίνδρους λιπαίνετε ο πείρος στα άκρα του. 2) περνώντας το λαδί από την διαμορφωμένη οπή στο εμβολο λιπαίνετε το άνω τμήμα του πείρου. 3) από το λαδί που εκτοξεύετε από το ακροφύσιο της μπιέλας στο εσωτερικό του εμβόλου λιπαίνετε το κάτω τμήμα του πείρου. 4) το λάδι περνώντας από το ελατήριο του λαδιού και την σχισμή του εμβόλου λιπαίνει το μεσαίο τμήμα του πείρου.

Το έμβολό μας έχει δυο ελατήρια συμπίεσης και ένα ελατήριο λαδιού. Το υλικό κατασκευής των ελατηρίων είναι ο χυτοσίδηρος.

Το ελατήριο της φωτιάς δηλαδή το πρώτο ελατήριο συμπίεσεως είναι τύπου ορθογωνικής διατομής και είναι βελτιωμένο με επιχρωμίωση για να αντέχει τα αυξημένα δυναμικά και θερμικά φορτία που δημιουργούνται λόγω της καύσης. Επίσης είναι αυτό που έχει την χειρότερη λίπανση.

Το δεύτερο ελατήριο συμπίεσεως είναι του τύπου ορθογωνικής διατομής με νύχι στην κάτω του άκρη. Το νύχι μπορεί να αφαιρεί αποτελεσματικότερα το λάδι από τα τοιχώματα του κυλίνδρου.

Το ελατήριο του λαδιού είναι του τύπου: ελατήριο λαδιού με κανονική εγκοπή. Αφαιρεί το λάδι από τα τοιχώματα του κυλίνδρου και λόγω του σχήματος του επιτρέπει το πέρασμα του λαδιού στο εσωτερικό του εμβόλου.

Πίνακας 11.2 : Τα ελατηρια του εμβόλου μας

Διαμόρφωση ελατηρίου		Συμβολισμός	Οδηγίες τοποθέτησης	Σκοπός της διαμόρφωσης
Διατομή	Χαρακτηρισμός			
	τήριο (ελατήριο στεγανότητας)	R	Επιτρέπεται και προς τις δύο διευθύνσεις	Άλλη κατασκευή
	Ελατήριο με νύχι	N	Το "νύχι" πρέπει να διευθύνεται προς το στέλεχος του εμβόλου	Αυξημένο αποτέλεσμα στην απόξεση ελαίου
	Ελατήριο ελαίου με εγκοπή (κανονικά)	O	Επιτρέπεται και προς τις δύο διευθύνσεις	Απόξεση ελαίου με δίοδο ελαίου προς το εσωτερικό του εμβόλου

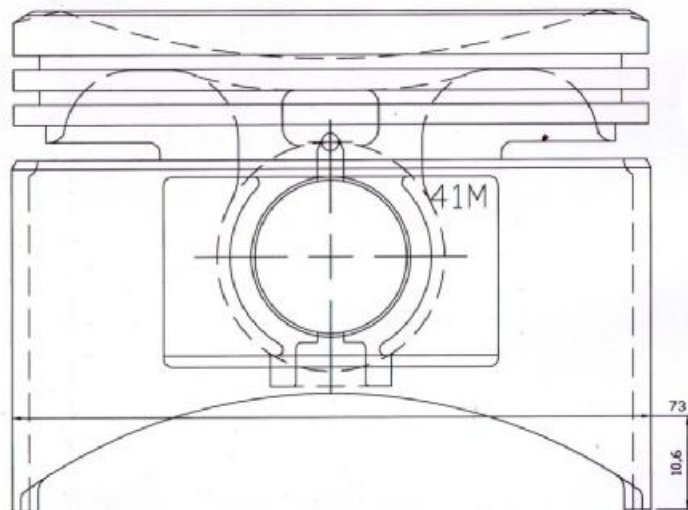


Εικόνες 11.7 : Φωτογραφίες του εμβόλου μας

11.2.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής

Πίνακας 11.3 : Προκαθορισμένες διαστάσεις του εμβόλου από το service manual

			SEM646	
Piston skirt diameter "A"	Standard	E10	72.967 - 73.017 (2.8727 - 2.8747)	
		E13 E15	75.967 - 76.017 (2.9908 - 2.9928)	
	Oversize for service	0.02 (0.0008)	E10	72.987 - 73.037 (2.8735 - 2.8755)
			E13 E15	75.987 - 76.037 (2.9916 - 2.9936)
		0.5 (0.020)	E10	73.467 - 73.517 (2.8924 - 2.8944)
			E13 E15	76.467 - 76.517 (3.0105 - 3.0125)
"a" dimension		E10	10.6 (0.417)	
		E13 E15	12.3 (0.484)	
		Piston pin hole diameter		E10
		E13 E15	19.003 - 19.012 (0.7481 - 0.7485)	
Piston clearance to cylinder block			0.023 - 0.043 (0.0009 - 0.0017)	



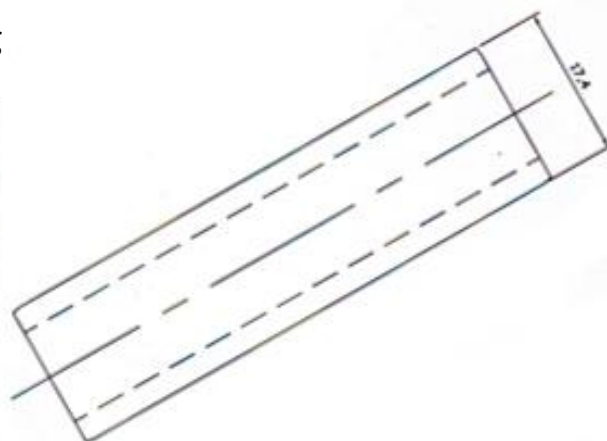
Σχήμα 11.28 : Μετρηθείσα τιμή του εμβόλου μας

Από το πινακίδιο του κατασκευαστή μετράμε την διάμετρο A, που το ύψος της μέτρησης έχει καθοριστεί να είναι 10,6mm από το κατώτερο τμήμα του εμβόλου. Πραγματοποιώντας την μέτρηση στο ύψος αυτό βρίσκουμε την διάμετρο του εμβόλου μας να αντιστοιχεί A=73mm (σχήμα 11.28). Ο κατασκευαστής έχει ορίσει τιμή A=72,967mm-73,017mm (πίνακας 11.3)

οπότε οι παρειές του εμβόλου είναι εντός των επιτρεπτών τιμών και οι επιφάνειες είναι λείες χωρίς να έχουν υποστεί εκδορές καυίματα και νενικά άλλες φθορές.

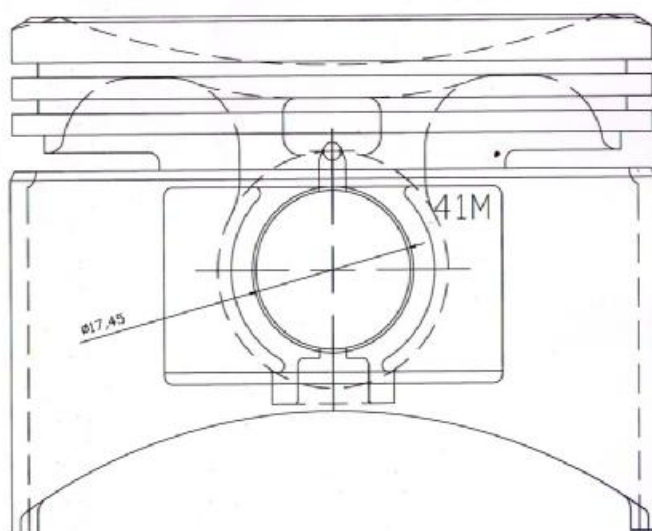
Πίνακας 11.4 : Προκαθορισμένες διαστάσεις του πείρου από το service manual

Piston pin outer diameter	E10	17.445 - 17.450 (0.6868 - 0.6870)	
	E13 E15	18.995 - 19.000 (0.7478 - 0.7480)	
	Piston pin to piston clearance		E10
		E13 E15	0.008 - 0.012 (0.0003 - 0.0005)
Interference fit of piston pin to connecting rod			0.017 - 0.038 (0.0007 - 0.0015)



Σχήμα 11.29 : Μετρηθείσα τιμή του πείρου μας

Υπενθυμίζουμε ότι ο **πείρος** είναι πλευστός ως προς το έμβολο και με σφιχτή συναρμογή ως προς την μπιέλα, D πείρου =17,4mm (σχήμα 11.29) (διαμετρος). Για την διάμετρο της οπής του πείρου στο έμβολο η αναγραφόμενη τιμή του κατασκευαστή είναι 17,452mm-17,459mm(πινακας 11.3). Η οπή του πείρου στο εμβολο μας μετρήθηκε 17,45mm (σχήμα 11.30). Η ελάχιστη απόκλιση της τιμής μας οφείλεται αφενός στην πιθανή στρογγυλοποίηση που έγινε, καθώς σε καμία αναγραφόμενη διάσταση δεν χρησιμοποιήθηκαν άνω των δυο δεκαδικών ψηφίων και αφετέρου στην έλλειψη τέτοιας τάξης ακρίβειας από τα μετρητικά μας όργανα. Το παχύμετρο μας έχει ακρίβεια της τάξης του 0.02mm οπότε η αμέσως επόμενη τιμή από την 17,45mm είναι η 17,47mm και δεν μπορεί να μας καλύψει στην συγκεκριμένη περίπτωση. Η αμελητέα απόκλιση είναι καθαρά λόγω μέτρησης και η οπή του πείρου στο έμβολο δεν έχει υποστεί φθορές.



Σχήμα 11.30 : Μετρηθείσα τιμή της οπής του πείρου στο έμβολο

Πίνακας 11.5 : Προκαθορισμένες διαστάσεις των ελατηρίων απο το service manual

		Standard	Limit
Side clearance	Top	0.040 - 0.073 (0.0016 - 0.0029)	0.2 (0.008)
	2nd	0.030 - 0.063 (0.0012 - 0.0025)	
	Oil	0.050 - 0.145 (0.0020 - 0.0057)	—
Ring gap	Top	0.20 - 0.35 (0.0079 - 0.0138)	1.0 (0.039)
	2nd	0.15 - 0.30 (0.0059 - 0.0118)	
	Oil (rail ring)	0.30 - 0.90 (0.0118 - 0.0354)	

Όσον αφορά τα **ελατήρια** του εμβόλου ο κατασκευαστής μας δίνει διάκενο μεταξύ **ελατηρίου και αύλακα να αντιστοιχεί για** :1^ο Ελατήριο (top) 0,040mm-0,073mm, 2^ο ελατήριο 0,030mm-0,063mm, 3^ο ελατήριο (λαδιού) 0,05mm-0,145mm (πίνακας11.5). Απο τις μετρήσεις μας στο διάκενο μεταξύ ελατηρίων και αυλακών για 1^ο, 2^ο, 3^ο βρέθηκε να αντιστοιχεί στα 0,1mm για το κάθε ένα. Οι αποκλίσεις των τιμών υπάρχουν γιατί η μέτρηση του διακένου των ελατηρίων

πραγματοποιείται μέσω ειδικού μετρητικού οργάνου που ονομάζεται filler, ενώ εμείς χρησιμοποιήσαμε παχύμετρο. Πάντως το διάκενο των ελατηρίων κυμαίνεται εντός των αποδεκτών ορίων, καθώς ο κατασκευαστής και στις 3 περιπτώσεις των ελατηρίων ορίζει ανώτατο όριο διακένου τα 0,2mm και το δικό μας μετρήθηκε στα 0,1mm.

Μετριάζοντας όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι τα έμβολά μας δεν έχουν υποστεί φθορές κατά το πέρασμα του χρόνου. Πάντως όταν ένα εμβολο για οποιοδήποτε λόγο αποσυναρμολογηθεί από τον κύλινδρο καλό θα είναι η αντικατάσταση των ελατηρίων με καινούρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: ΜΠΙΕΛΑ (ΔΙΩΣΤΗΡΑΣ)



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικά Σχέδια με αριθμό 11

12.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΠΙΕΛΑ

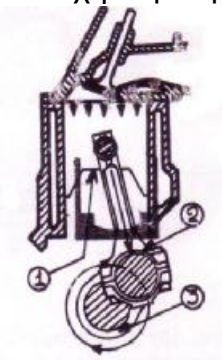


Εικόνα 12.1 : Μπιέλα του κινητήρα E10

12.1.1 Σκοπός της μπιέλας

Η μπιέλα συνδέει τον πείρο του εμβόλου με το κομβίο του στρόφαλου. Σκοπός της μπιέλας είναι να μεταβιβάζει στον στρόφαλο την ισχύ που δημιουργείται επάνω στο εμβολο (λόγο της καύσης), εκτός από ένα μικρό μέρος, που χάνεται λόγω των τριβών μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου. Συνεπώς μετατρέπει την ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε συνεχή περιστροφική κίνηση του Στροφαλοφόρου (σχήμα 12.1, 12.2).

Η μπιέλα χρησιμεύει επίσης στα να μεταβιβάζει από τον στρόφαλο στο εμβολο όση δύναμη χρειάζεται για την συμπίεση των αερίων, καθώς και όση είναι απαραίτητη για την έξοδο των αερίων από τον κύλινδρο.



Σχήμα 12.1 : Διαδρομή εκτονώσεως(το πιστόνι γυρίζει τον στρόφαλο. 1)πιστόνι 2)μπιέλα, 3)στρόφαλος



Σχήμα 12.2 : Διαδρομή συμπίεσεως(ο στρόφαλος σπρώχνει το πιστόνι)

12.1.2 Περιγραφή της μπιέλας

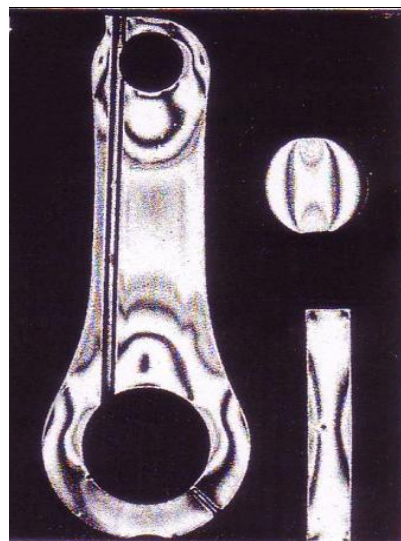
Όπως είπαμε η μπιέλα πρόκειται για ένα είδος άκαμπτης ράβδου που στο άνω άκρο της συνδέεται με το εμβολο μέσω του πείρου, ενώ το κάτω άκρο εδράζεται στον στροφαλοφόρο μέσω του κομβίου του στροφάλου. Ο τρόπος λειτουργίας του στοιχείου αυτού του κινητήρα, γίνεται εύκολα αντιληπτός: Όταν το εμβολο ωθείται προς τα κάτω παρασέρνει μαζί και την μπιέλα η οποία κλίνει αλλά και μεταβιβάζει την ώθηση στο κομβίο του στροφαλοφόρου (ο οποίος παραμένει σταθερός λόγω της ύπαρξης των εδράνων βάσης του) προκαλώντας την περιστροφή του. (Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει με τον ποδηλάτη που ανεβοκατεβάζει τα πόδια του, θέτοντας σε περιστροφή το γρανάζι των πεντάλ).

Οι μπιέλες υφίστανται ισχυρές καταπονήσεις με μεταβαλλόμενα φορτία. Έτσι το σχήμα της μπιέλας έχει μελετηθεί με βάση τις έντονες αξονικές και στρεπτικές καταπονήσεις που δέχεται. Οι αξονικές δυνάμεις διαχωρίζονται σε: Δυνάμεις συμπίεσης οι οποίες οφείλονται στην πίεση των καυσαερίων και σε δυνάμεις έλξης οι οποίες δημιουργούνται λόγω αδράνειας. Στην αρχή, η μπιέλα ήταν μια απλή ράβδος, με κυλινδρική διατομή που παρέμενε αμετάβλητη σε όλο το μήκος της. Αργότερα η διατομή έγινε ελιψοειδής και, τέλος πήρε το σημερινό της σχήμα διπλού ται Ι.

Το σημερινό σχήμα αντιπροσωπεύει τον βέλτιστο συμβιβασμό των άριστων χαρακτηριστικών αντοχής στα στιγμιαία μέγιστα φορτία

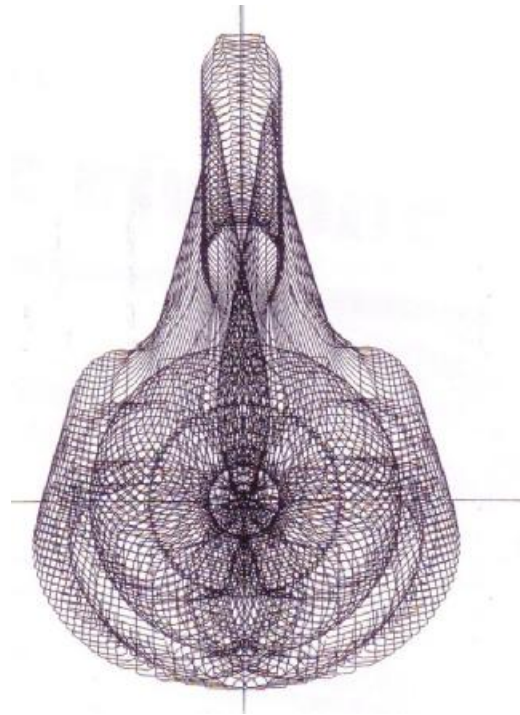
Στο (σχήμα 12.3) βλέπουμε ένα πρόπλασμα μπιέλας από πλαστικό υλικό. Το οποίο υποβάλλεται μηχανική καταπόνηση και φωτογραφίζεται υπο πολωμένο φωτισμό. Αυτή η μέθοδος φωτογράφισης επιτρέπει τη διερεύνηση της κατανομής των καταπονήσεων, και αν αυτές είναι υπερβολικές τον ανασχεδιασμό της μπιέλας.

Το γεγονός ότι η μπιέλα υφίσταται εναλλάξ (άρα με περιοδικότητα) καταπονήσεις συμπίεσης και έλξης, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ όψιν κατά τον σχεδιασμό της ενεργούς διατομής του στοιχείου αυτού. Στις μπιέλες σύγχρονης κατασκευής, η διατομή του κορμού δεν είναι σταθερή, εκτός από λόγους περιορισμού βάρους, το γεγονός αυτό οφείλεται και στην εξέλιξη της μπιέλας, διότι εάν λάβουμε υπ όψιν μας ότι, η σχετική κίνηση του άνω άκρου της μπιέλας-(πείρος εμβόλου) είναι μικρότερη από την αντίστοιχη σχετική κίνηση του κάτω άκρου της μπιέλας-(κομβίο στροφάλου). Για τον λόγο αυτό οι διαστάσεις του άνω άκρου είναι μικρότερες από τις διαστάσεις του κάτω άκρου, και έτσι ο κορμός έχει μεταβαλλόμενη διατομή.



Σχήμα 12.3 : Πρόπλασμα μπιέλας

Στο εικονιζόμενο σχέδιο (Σχήμα 12.4) βλέπουμε την κίνηση της μπιέλας. Με την βοήθεια Η/Υ μπορούν να παρασταθούν οι διάφορες θέσεις που παίρνει η μπιέλα στη διάρκεια μια πλήρους περιστροφής του στροφαλοφόρου, βοηθώντας τον σχεδιαστή να καθορίσει τις διαστάσεις του κάτω μέρους του κινητήρα.



Σχήμα 12.4 : Κίνηση μπιέλας με βοήθεια Η/Υ

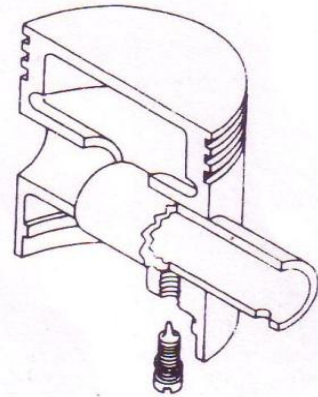
Ονοματολογία μπιέλας



Εικόνα 12.2 : Ονοματολογία μπιέλας

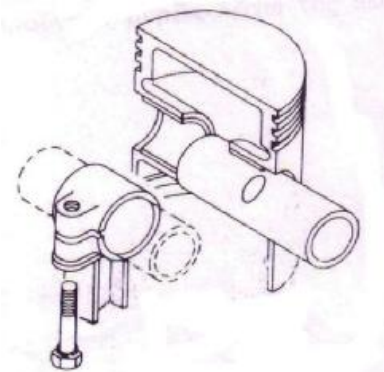
Η δομή της μπιέλας ξεχωρίζεται ονομαστικά στα εξής κομμάτια: **Κεφαλή** είναι το άνω άκρο της μπιέλας και το μικρότερο από τα δυο κυλινδρικά εξογκώματα. Στην κεφαλή πραγματοποιείται η σύνδεση της μπιέλας με τον πείρο του εμβόλου. Η σύνδεση κεφαλής-πείρου εμβόλου γίνεται με διάφορους τρόπους.

Α) Όταν ο πείρος είναι σταθερά προσαρμοσμένος στα έδρανα του εμβόλου, και η σύνδεση μπιέλας-πείρου είναι ελεύθερη. Στην περίπτωση αυτή εντός της κεφαλής τοποθετείται ένας ορειχάλκινος δακτύλιος που τον ονομάζουμε τριβέα η έδρανο, ώστε ο πείρος να μπορεί να περιστρέφεται στην μπιέλα και η μπιέλα αντίστοιχα να μπορεί να αντέχει τις πιέσεις και τις τριβές με τον πείρο. (Σχήμα 12.5)



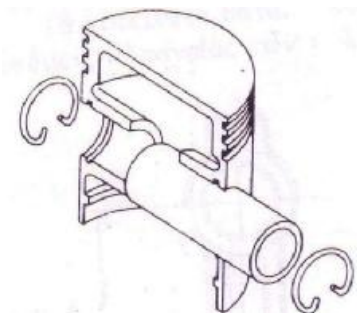
Σχήμα 12.5 : Ο πείρος σταθερά προσαρμοσμένος στο έμβολο

Β) Ο πείρος είναι σταθερά προσαρμοσμένος στην κεφαλή της μπιέλας και στρέφεται ελεύθερα στα έδρανα του εμβόλου. (Σχήμα 12.6)



Σχήμα 12.6 : Ο πείρος σταθερά προσαρμοσμένος στην μπιέλα

Γ) Τέλος μια άλλη περίπτωση είναι όταν ο πείρος περιστρέφεται ελεύθερα και στην μπιέλα και στο έμβολο. Για να σταθεροποιείται ο πείρος χρησιμοποιούνται ασφαλιστικοί παράκυκλοι (circlips). (Σχήμα 12.7)



Σχήμα 12.7 : Ο πείρος σε ελεύθερη συναρμογή

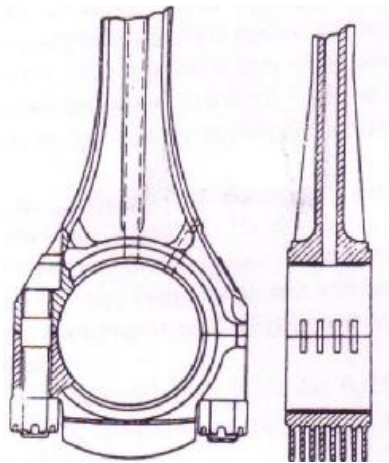
Η λίπανση μεταξύ της κεφαλής της μπιέλας και του πείρου εμβόλου επιτυγχάνεται είτε από την φυσική ροή του λαδιού καθώς ο κινητήρας δουλεύει, μέσω εσοχών(τρυπών) που έχουν διαμορφωθεί στην μπιέλα (σχήμα 12.8), είτε μέσω ενός σωληνίσκου (αγωγού) που βρίσκεται κατά μήκος στο σώμα της μπιέλας (σχήμα 12.9)



Σχήμα 12.8 : Αγωγός στην κεφαλή της μπιέλας

Κορμός: Είναι το ενδιάμεσο τμήμα της μπιέλας στα άκρα του οποίου διαμορφώνεται η κεφαλή και το κάτω άκρο της μπιέλας. Λόγο των υψηλών καταπονήσεων έχει ειδική μορφή διπλού ταυ και ενισχύσεις προς τα άκρα. Το μήκος του κορμού είναι περίπου ίσο με το διπλάσιο της διαδρομής του εμβόλου.

Σε μερικές περιπτώσεις φέρει εσωτερικά κατά μήκος του έναν σωληνίσκο (αυλάκι) που χρησιμεύει για την λίπανση του εδράνου (τριβέα) της κεφαλής ή για την λίπανση του εδράνου (τριβέα) του κάτω άκρου της μπιέλας.



Σχήμα 12.9 : Διακρίνεται το αυλάκι στον κορμό

Πόδας ή ποδάρι: Ονομάζεται το κάτω άκρο της μπιέλας, χωρίζεται σε δυο μέρη. Το ένα μέρος είναι ολόσωμο με την μπιέλα και το άλλο αφαιρείται για να μπορεί να αποσυναρμολογηθεί η μπιέλα από τον στρόφαλο ο οποίος είναι ενιαίος.

Το στοιχείο που κλείνει το κάτω άκρο της μπιέλας ολοκληρώνοντας το, είναι το καβαλέτο. Οι εσωτερικές επιφάνειες του κάτω άκρου υποβάλλονται σε λεπτομερή κατεργασία έτσι ώστε να μπορούν να εδράσουν δυο λεπτούς ημιδακτύλιους τριβής ολίσθησης (εικόνα 12.3-έδρανα) οι οποίοι ολισθαίνουν πάνω στον στρόφαλο του στροφάλου.

Ο κάθε ημιδακτύλιος έχει μια προεξοχή που εφαρμόζει σε αντίστοιχη εσοχή (σφηνόδρομο) στο ποδάρι της μπιέλας. Οι προεξοχές και οι εσοχές χρειάζονται για να μην μπορούν τα δυο κομμάτια του τριβέα να γυρίζουν μέσα στο ποδάρι της μπιέλας παρασυρόμενα από τον στρόφαλο του στροφάλου.

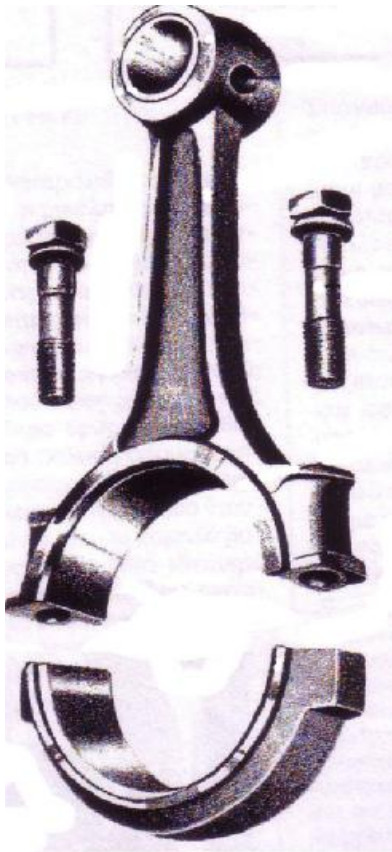


Επίσης οι δυο ημιδακτύλιοι τριβής έχουν διάμετρο ελάχιστα μεγαλύτερη από την εσωτερική διάμετρο της μπιέλας ώστε να σφηνώνουν σταθερά στο εσωτερικό του κάθε μισοφέγγαρου της μπιέλας. Οι δυο ημιδακτύλιοι έχουν επίστρωση στο εσωτερικό τους, από λευκό μέταλλο το οποίο έχει την ιδιότητα να είναι ανθεκτικό στην τριβή. Το διάκενο μεταξύ τριβέα και στρόφαλο κυμαίνεται από 0,010mm έως 0,060mm. A

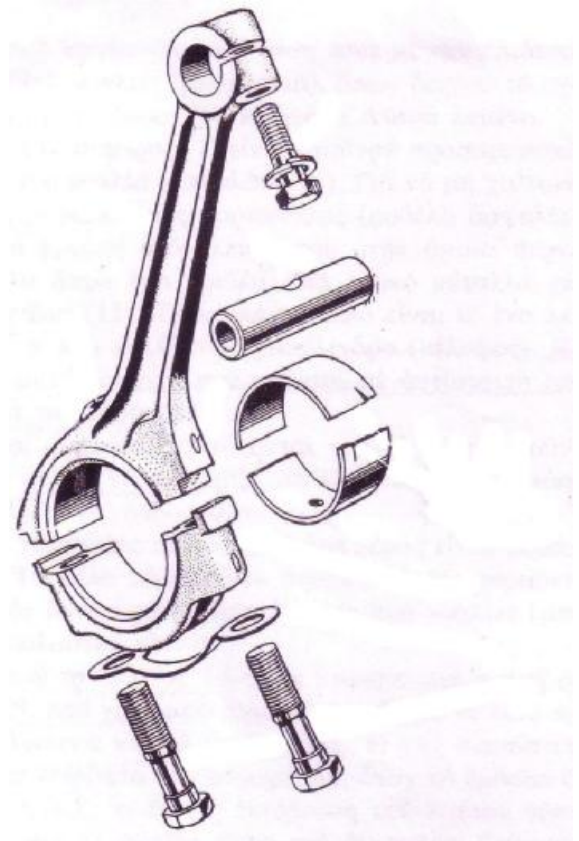
Το στοιχείο που κλείνει το κάτω άκρο της μπιέλας, το καβαλέτο απαιτεί μεγάλη ακρίβεια συναρμογής (σχήμα 12.10) με την μπιέλα ώστε να μην δημιουργηθεί σκαλοπάτι στο σημείο συνάρμοσης. Για να επιτευχθεί αυτή η ακρίβεια χρησιμοποιούνται : A) βίδες B) πείροι, και Γ) οδόντωση στο σημείο της ένωσης καβαλέτου-μπιέλας, έτσι οι κοχλίες ανακουφίζονται από οποιαδήποτε διατμητική τάση.

B Γ

Σχήμα 12.10 :
A)Βίδες, B)Πείροι, Γ)Οδόντωση



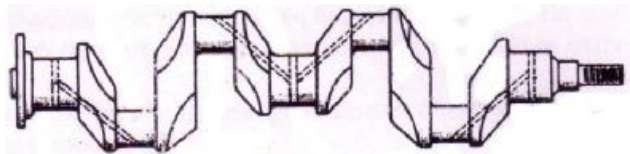
Σχήμα 12.11 : Ευθεία τομή



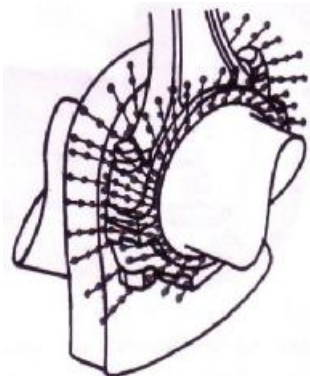
Σχήμα 12.12 : Τομή 45 μοιρών

Η τομή (το σχίσσιμο) που σχηματίζεται στην ένωση του καβαλέτου με την μπιέλα συνηθίζεται να είναι ευθεία (σχήμα 12.11), δηλαδή κάθετη προς τον κύριο άξονα του, για λόγους διευκόλυνσης της κατεργασίας. Σε πολλούς όμως σύγχρονους κινητήρες η τομή είναι σε γωνία 45° (σχήμα 12.12). Η διάταξη αυτή του ποδιού έχει κάποια πλεονεκτήματα, δηλαδή επιτρέπει την αφαίρεση της μπιέλας διαμέσου του κυλίνδρου, χωρίς να χρειάζεται να λυθεί ο στροφαλοφόρος άξονας. Ακόμα ο θάλαμος του στροφαλοφόρου γίνεται πιο συμμαζεμένος. Όταν η τομή είναι κάθετη, τότε το ποδάρι γίνεται τόσο ογκώδες που δεν χωρεί να περάσει από τον κύλινδρο και έτσι αναγκαστικά για την αφαίρεση της μπιέλας θα πρέπει να λυθεί και ο στρόφαλος.

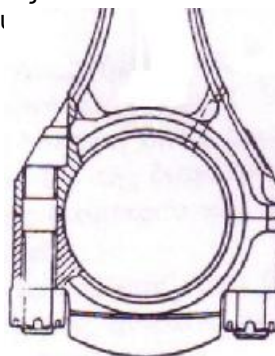
Η λίπανση σε όλους τους σύγχρονους κινητήρες γίνεται με λαδί, που φέρεται υπό πίεση στα σημεία τριβής με έναν σωληνίσκο (αγωγό), που βρίσκεται στο σώμα του στροφαλοφόρου άξονα (σχήμα 12.13). Για την καλύτερη διανομή του λαδιού σε όλη την επιφάνεια μερικοί κινητήρες φέρουν επάνω στην εσωτερική επιφάνεια του τριβέα τους αυλακώσεις, που λέγονται αυλακώσεις διανομής του λαδιού. Η λίπανση αναλαμβάνει να εξασφαλίσει τη συνοχή της μεμβράνης του λαδιού που παρεμβάλλεται μεταξύ τριβέα και στροφέα. (αυτά τα δυο στοιχεία δεν πρέπει να έρχονται ποτέ σε άμεση επαφή, παρά μόνο όταν ο κινητήρας είναι σφιγμένος).



Σχήμα 12.13 : Αγωγοί στον στροφαλοφόρο



Σχήμα 12.14 : Το λάδι λιπαίνει με τοίχωμα του εκτίναξη, του κυλίνδρου έως και τον πείρο του εμβόλου



Σχήμα 12.15 : Μέσω του ακροφυσίου το λάδι εκτινάσσεται προς τον κύλινδρο

12.1.3 Υλικό κατασκευής της μπιέλας

Οι μπιέλες κατασκευάζονται από βελτιωμένους κραματοχάλυβες (πχ 34crMo4), χυτοσίδηρο με σφαιρικό γραφίτη (πχ 444-50), ή από μαλακό χυτοσίδηρο (πχ GTS-70-02). Στους πιο πολύστροφους κινητήρες χρησιμοποιούνται υψηλής ποιότητας κράματα αλουμινίου, που το χαμηλό βάρος τους τις καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλες για τέτοιες εφαρμογές. Το υλικό αυτό επιτρέπει εξάλλου, άριστη επαγωγή θερμότητας. Οι μπιέλες για κινητήρες μεγάλων αποδόσεων κατασκευάζονται από κράματα τιτανίου (πχ TiAl6V4) που έχουν μικρότερο βάρος (πυκνότητα $P=4,5\text{kg/dm}^3$) και μεγαλύτερη αντοχή ($RE=900\text{N/mm}^2$).

Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο υλικό, η μπιέλα κατασκευάζεται με σφυρηλασία, χυτοπρεσάρισμα ή χύτευση. Τελείως άλλη υπόθεση είναι η κατεργασία σε εργαλειομηχανές για τη διαμόρφωση μπιέλας από όγκο μετάλλου. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται για μικρό αριθμό τεμαχίων που προορίζονται για αγωνιστικούς κινητήρες. Μετά την κατασκευή της, η μπιέλα ελέγχεται με ειδικά όργανα για κανονικό βάρος, προκαθορισμένη διάσταση με απόλυτη ακρίβεια και αντοχή στις διάφορες καταπονήσεις που αντιμετωπίζει όταν δουλεύει η μηχανή, όπως (λυγισμό-στρέψη-κάμψη).

12.1.4 Διάγνωση και αιτία βλαβών της μπιέλας

Διάγνωση βλαβών

1. Ξαφνικό μεγάλο χτύπημα και άμεση εμπλοκή του κινητήρα.
2. Χαρακτηριστικά χτυπήματα κατά το σταμάτημα του κινητήρα.
3. Γύρισμα του κινητήρα από το βολάν και παρακολούθηση εάν μπλοκάρει η κίνηση και μεταδίδετε στην τροχαλία.

ΑΙΤΙΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΦΘΟΡΑ ΣΤΗΝ ΜΠΙΕΛΑ

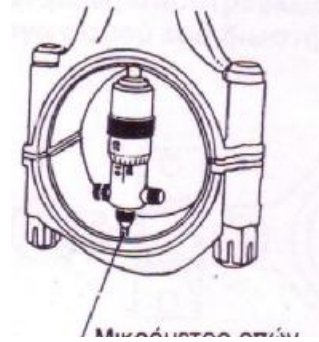
1. Κακή ευθυγράμμιση πείρου-εμβόλου.
2. Αντικανονική σύσφιξη των εδράνων.
3. Κακή λίπανση-ακατάλληλο λιπαντικό.
4. Φθορά των εδράνων.
5. Στρέβλωση της μπιέλας

12.1.5 Έλεγχος και θεραπεία βλαβών της μπιέλας

Έλεγχος ανοχών και φθορών

Ελέγχουμε με ωρολογιακό μικρόμετρο τις διαστάσεις που αφορούν

- ∅ Τις εσωτερικές διαμέτρους της κεφαλής και του ποδιού χωρίς τους τριβείς ολίσθησης. Διαπιστώνουμε την κατάσταση τους από άποψη ομοκεντρικότητας, κωνικότητας η ελλειπτικότητας. Όταν διαπιστωθούν αποκλίσεις πέρα των προβλεπόμενων ορίων, αντικαθιστούμε την μπιέλα ελέγχοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

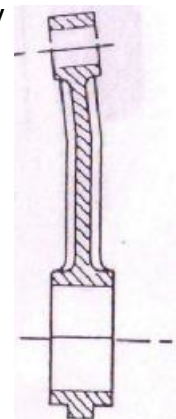


Σχήμα 12.16 : Έλεγχος μπιέλας

- ∅ Τις εσωτερικές διαμέτρους των τριβένων της κεφαλής και του ποδιού. Βρίσκοντας το επιτρεπόμενο ελάχιστο η μέγιστο διάκενο μεταξύ τριβένων και στροφέων κρίνουμε την φθορά των τριβένων (σχήμα 12.16). Εάν το διάκενο είναι πέρα των προβλεπόμενων ορίων αντικαθιστούμε τους τριβείς.

Έλεγχος των αξόνων της μπιέλας.

- ∅ **Η στρέβλωση** δημιουργείται από δυνάμεις που τείνουν να στρέψουν την κεφαλή η το πόδι. Αυτό επιφέρει την αλλοίωση της ευθυγράμμισης των αξόνων, την παραλληλότητα και την επιπεδότητα της κεφαλής και του ποδιού. Επιδιορθώνουμε την βλάβη αυτή με ειδικές συσκευές αποστρέβλωσης και ελέγχουμε την μπιέλα με συσκευές ορθογωνισμού.
- ∅ **Ο λυγισμός** (σχήμα 12.17) δημιουργείται από δυνάμεις πίεσης στον κατά μήκος άξονα της μπιέλας. Ο λυγισμός διαπιστώνεται από την παραλληλότητα των αξόνων και των προσώπων της κεφαλής και του ποδαριού. Η αποκατάσταση της βλάβης γίνεται σε υδραυλικές πρέσες και αποστρεβλωτικές συσκευές. Όταν η βλάβη αποκατασταθεί, επιβάλλεται έλεγχος των διαστάσεων, των ανοχών και του βάρους, ώστε να μην δημιουργηθούν προβλήματα ευθυγράμμισης και ζυγοστάθμισης.



Σχήμα 12.17 :
Λυγισμός

12.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΠΙΕΛΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Ε10

Στην μπιέλα του πειράματος μας η σύνδεση μεταξύ του πείρου εμβόλου-μπιέλας γίνεται με τον εξής τρόπο: Ο πείρος πρεσάρεται στο πιστόνι με σφικτή συναρμογή χωρίς ασφάλειες η κοχλία συγκράτησης και στην μπιέλα μπορεί και περιστρέφεται ελεύθερα.

Η λίπανση μεταξύ της κεφαλής της μπιέλας και του πείρου εμβόλου γίνεται από την φυσική ροή του λαδιού κατά την λειτουργία του κινητήρα.

Όσον αφορά το πόδι της μπιέλας ο κάθε ημιδακτύλιος τριβής ολίσθησης φέρει μια προεξοχή που εφαρμόζει σε αντίστοιχη εσοχή στο ποδάρι της μπιέλας ώστε να σφηνώνουν και να μένουν σταθεροί τριβόμενοι πάνω στον στροφέα του στροφάλου (εικόνα 12.5).

Η τομή (το σχήσιμο) που σχηματίζεται στην ένωση του καβαλέτου με την μπιέλα είναι ευθεία (εικόνα 12.4) για λόγους διευκόλυνσης της κατεργασίας. Οπότε για την αφαίρεση της μπιέλας το λύσιμο του στροφαλοφόρου άξονα είναι αναγκαίο καθώς επειδή η τομή είναι ευθεία το ποδάρι της μπιέλας είναι τόσο ογκώδες που δεν χωράει να περάσει από τον κύλινδρο.

Λόγω του ότι χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια συναρμογής στην ένωση του καβαλέτου με το κάτω άκρο της μπιέλας χρησιμοποιούνται βίδες με την μορφή πείρου που μας δίνουν την απαιτούμενη μεγάλη ακρίβεια συνάρμοσης (εικόνα 12.6).

Η λίπανση του ποδιού της μπιέλας γίνεται μέσω ενός σωληνίσκου (αγωγού) που βρίσκεται στο σώμα του στροφαλοφόρου. Το λάδι διανέμεται στους τριβείς σχηματίζοντας ένα φιλμ (μεμβράνη) μεταξύ των κοίλων επιφανειών του τριβέα και του στροφέα. Οι τριβείς μας δεν φέρουν στην εσωτερική τους επιφάνεια αυλακώσεις. Στον άνω τριβέα του ποδιού της μπιέλας υπάρχει ένα ακροφύσιο (σωληνίσκος) που εκτείνεται κατά το μήκος του κορμού και στο τελείωμα του σημαδεύει προς τον κύλινδρο. Σκοπός του ακροφυσίου αυτού είναι να εκτοξεύει λάδι προς τον κύλινδρο.



Εικόνα 12.4 : Η μπιέλα του κινητήρα μας



Εικόνα 12.5 : Οι ημιδακτύλιοι της μπιέλας



Εικόνα 12.6 : Βίδες μπιέλας



Εικόνα 12.7 : Φωτογραφίες της ανακατασκευασμένης μπιέλας



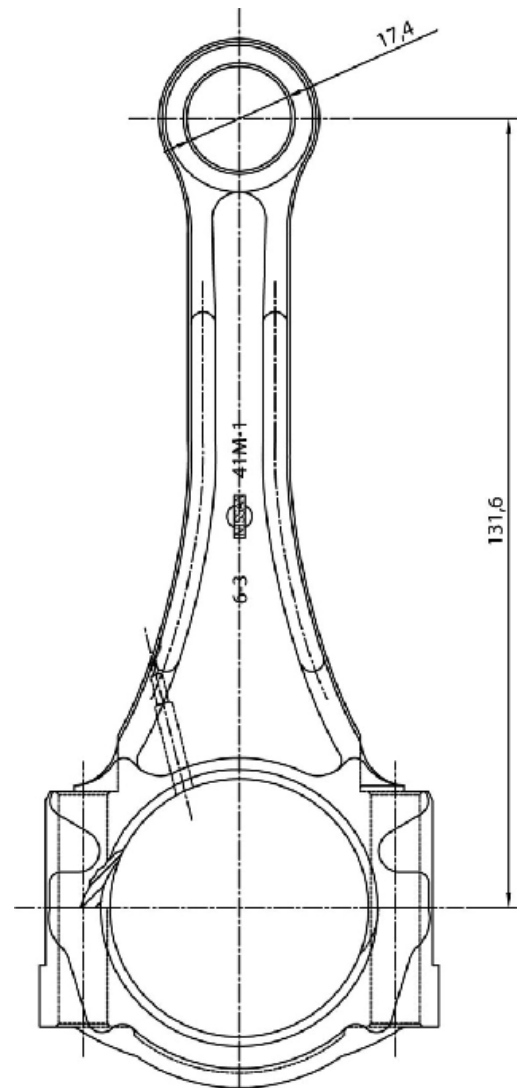
12.2.1 Σύγκριση των μετρηθείσων τιμών με αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής

Πίνακας 12.1 : Προκαθορισμένες διαστάσεις του πείρου απο το service manual

Center distance	E10	131.5 (5.1772)
	E13	121.5 (4.7835)
	E15	140.5 (5.5315)
Bend, torsion [per 100 (3.94)]	Limit	0.05 (0.0020)
Piston pin bore dia.	E10	17.412 - 17.428 (0.6855 - 0.6861)
	E13	18.962 - 18.978 (0.7465 - 0.7472)
	E15	
Big end play	Standard	0.1 - 0.37 (0.004 - 0.0146)
	Limit	0.5 (0.020)

Από τον πίνακα του κατασκευαστή (πίνακας 12.1) βλέπουμε ότι η μέτρηση του μήκους από το κέντρο του κύκλου του κεφαλιού έως το κέντρο του ποδιού, θα πρέπει να είναι 131,5mm έως 131,51772mm. Στην μπιέλα μας η αντίστοιχη αυτή τιμή μετρήθηκε στα 131,6mm (σχήμα 12.18) . Η απόκλιση αυτή οφείλεται στο ότι το μήκος αυτό από κέντρο σε κέντρο δεν μπορούσε να μετρηθεί απευθείας από το όργανο μέτρησης, έτσι προέκυψε σιγά σιγά μετρώντας και σχεδιάζοντας άλλα σημεία της μπιέλας, και κατέληξε να είναι αυτή λόγω στρογγυλοποίησης.

Για την εσωτερική διάμετρο της κεφαλής ο κατασκευαστής ορίζει τιμή 17,412mm έως 17,428mm (πίνακας 12.1). Η δική μας μετρηθείσα τιμή είναι 17,4mm (σχήμα 12.18). Η διαφορά είναι μικρή, όμως επειδή δεν χρησιμοποιήθηκαν πολλά δεκαδικά ψηφία για λόγους στρογγυλοποίησης και διευκόλυνσης, δεν μπορούμε να βγάλουμε σαφή συμπεράσματα για το εάν η μπιέλα έχει φθαρεί. Για να καταλήξουμε σε αυτό το συμπέρασμα, η μπιέλα θα πρέπει να ξαναμετρηθεί, δίνοντας βάση σε αυτές τις δυο διαστάσεις του κατασκευαστή, χρησιμοποιώντας μεγάλη ακρίβεια.



Σχήμα 12.18 : Μετρηθείσες τιμές της μπιέλας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΣ ΑΞΟΝΑΣ



ΒΛ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ :
Κατασκευαστικά Σχέδια με αριθμό 12, 13, 14, 15, 16

13.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ

13.1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ

Σκοπός του στροφαλοφόρου άξονα είναι σε συνεργασία με την μπιέλα να μετατρέπει την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική, η οποία μεταδίδεται στο κιβώτιο ταχυτήτων και από εκεί στους τροχούς.

Καθώς γυρνάμε το κλειδί του αυτοκινήτου μας η μπαταρία τροφοδοτεί με ρεύμα την μίζα. Η μίζα φέρει ένα γρανάζι το οποίο περιστρεφόμενο μεταδίδει την κίνηση στο βολάν (σφόνδυλο). Το βολάν είναι σταθερά προσαρμοσμένο με βίδες επάνω στον στρόφαλο κι έτσι έχουμε την περιστροφή του στροφαλοφόρου. Ο στροφαλοφόρος κατά την περιστροφή του παρασέρνει και δίνει κίνηση σε μπιέλες, έμβολα και στον εκκεντροφόρο. Έτσι δίνοντας μέσω των ηλεκτρικών κίνηση στον στροφαλοφόρο εκείνος μεταδίδει την κίνηση και σε άλλα εξαρτήματα και ο κινητήρας μας αποκτάει ζωή.

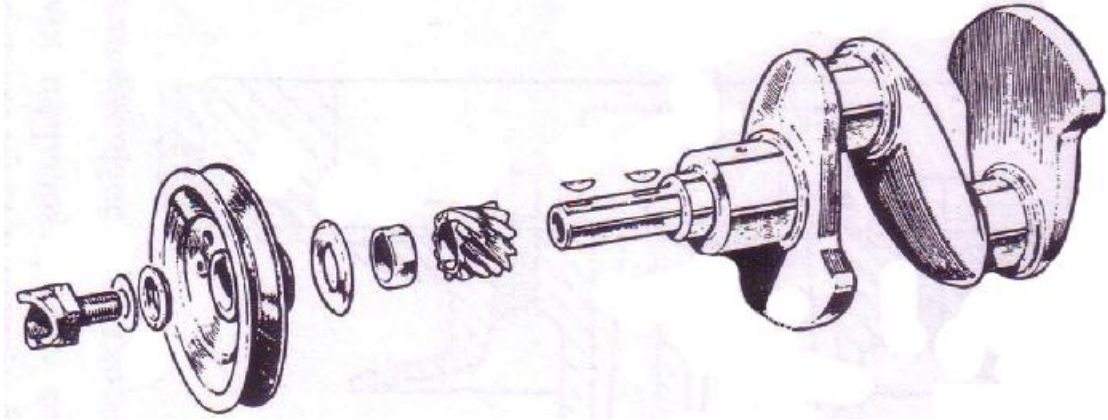
Ο στροφαλοφόρος μέσω ιμάντων δίνει κίνηση και σε άλλους βοηθητικούς μηχανισμούς όπως την αντλία νερού, αντλία λαδιού και στο δυναμό.

13.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ



Εικόνα 13.1 : Ονοματολογία του στροφαλοφόρου

Εμπρόσθιο τμήμα (άκρο)

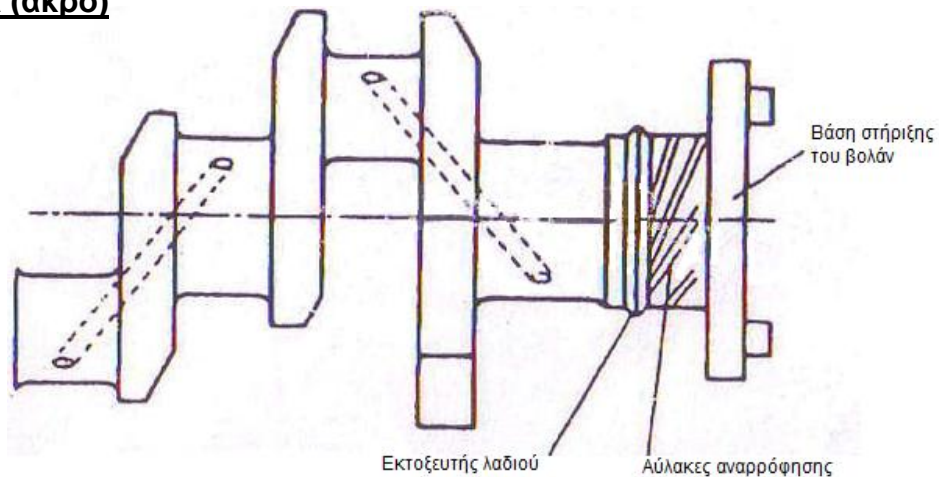


Σχήμα 13.1 : Εμπρόσθιο τμήμα του στροφαλοφόρου

Η διαμόρφωση του εμπρόσθιου τμήματος (σχήμα 13.1) εξασφαλίζει την τοποθέτηση εξαρτημάτων, συσκευών και μηχανισμών που επιτρέπουν:

- Ø Την σύνδεση του στροφαλοφόρου με τον εκκεντροφόρο άξονα με οδοντωτούς ιμάντες ή καδένες ή οδοντωτούς τροχούς
- Ø Την τοποθέτηση τροχαλιών με ειδικές αντικραδασμικές συσκευές (dampers) για την κίνηση αντλιών νερού, λαδιού, ηλεκτρογεννητριών (δυναμό) κλπ.

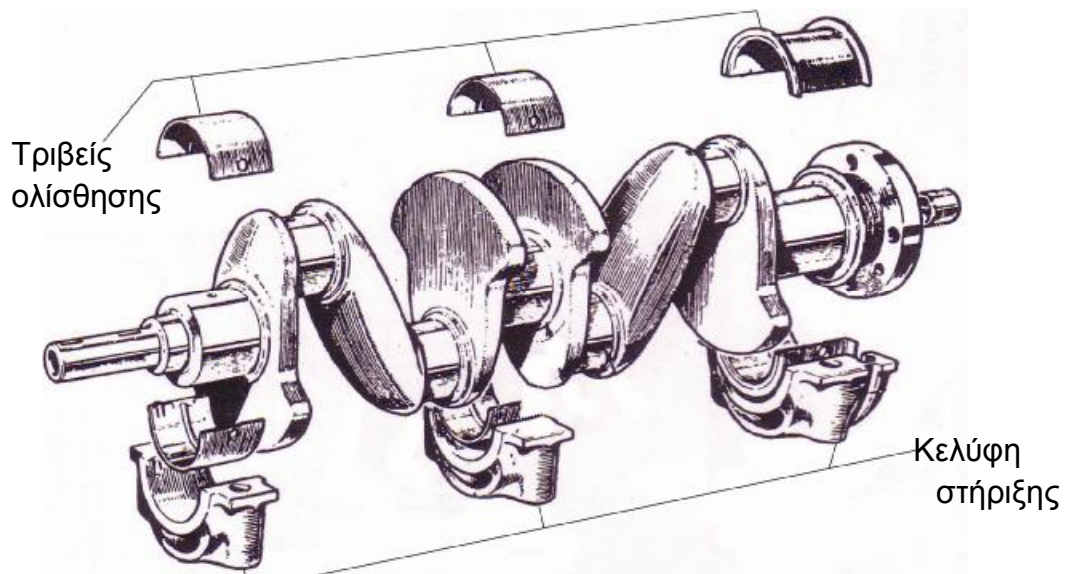
Οπίσθιο τμήμα (άκρο)



Σχήμα 13.2 : Οπίσθιο τμήμα του στροφαλοφόρου

Η διαμόρφωσή του (σχήμα 13.2) επιτρέπει την τοποθέτηση του βολάν (σφόνδυλος) και στεγανοποιητικών εξαρτημάτων (τσιμούχες). Σε πολλούς στροφαλοφόρους κατασκευάζονται και ειδικοί αύλακες αναρρόφησης λιπαντικού, ώστε το λάδι να εκτοξεύεται και να λιπαίνει τα εξαρτήματα που βρίσκονται άνω του στροφαλοφόρου.

Στροφείς βάσης



Σχήμα 13.3 : Εδώ βλέπουμε τους τριβείς και τα κελύφη, να αναρτούνται στους στροφείς βάσης

Ο στροφαλοφόρος άξονας προσαρμόζεται σε κατάλληλα διαμορφωμένες κοιλότητες στο κάτω μέρος του πλαισίου του κινητήρα. Οι στροφείς βάσης αναρτώνται σε αυτές τις διαμορφωμένες κοιλότητες και το εξάρτημα που κλείνει τους στροφείς βάσης και ενώνεται με τις διαμορφωμένες κοιλότητες είναι τα κελύφη στήριξης. Τα κελύφη στήριξης σφίγγονται με συγκεκριμένη ροπή στις διαμορφωμένες κοιλότητες και με την χρήση τριβέων (εδράνων) στους στροφείς βάσης ο στροφαλοφόρος μπορεί και περιστρέφεται (σχήμα 13.3).

Ο νοητός άξονας των στροφών βάσης είναι και ο κύριος άξονας περιστροφής του στροφαλοφόρου.

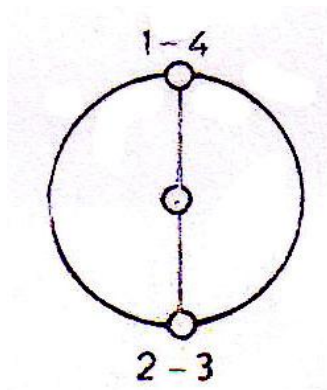
Κομβία (ή στρόφαλα) του στροφαλοφόρου

Ο στροφαλοφόρος άξονας φέρει τμήματα που προεκβάλουν κατά το μήκος του άξονα της κυρίας συμμετρίας του, τα οποία ονομάζονται κομβία ή στρόφαλα (εικόνα 13.1). Στα προεκβάλοντα αυτά τμήματα, δηλαδή στα κομβία, συνδέονται οι μπιέλες.

Τα κομβία του στροφαλοφόρου δεν βρίσκονται όλα στο ίδιο επίπεδο. Γωνία σφηνώσεως είναι η γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους τα κομβία που αντιστοιχούν σε κυλίνδρους δύο διαδοχικών αναφλέξεων του μίγματος. Η γωνία σφηνώσεως προκύπτει από την διαίρεση της συνολικής γωνίας του κύκλου λειτουργίας του κινητήρα δια του αριθμού των κυλίνδρων. Για τετράχρονους κινητήρες η γωνία σφηνώσεως είναι ίση με $720^\circ / z$ όπου z είναι ο αριθμός των κυλίνδρων. Εάν πούμε ότι έχουμε έναν τετρακύλινδρο κινητήρα τότε από την διαίρεση προκύπτει ότι η γωνία σφηνώσεως $= 180^\circ$. Αυτό σημαίνει ότι ανά 180° περιστροφής του στροφαλοφόρου έχουμε από μία ανάφλεξη του καυσίμου μίγματος σε έναν κύλινδρο. Έτσι έχουμε μία συνεχή επίδραση δυνάμεων πάνω στον στροφαλοφόρο άξονα και σαν επακόλουθο την ανάπτυξη μια ομοιόμορφης ροπής στον κινητήρα όσο αυτό είναι δυνατό.

4κύλινδρος κινητήρας (σχήμα 13.4)

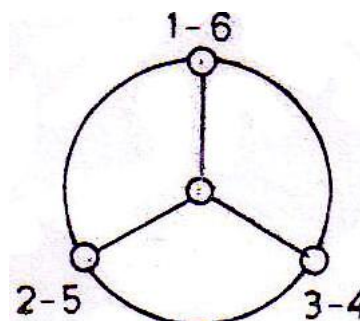
Η ανάφλεξη του καυσίμου στον 1 και στον 4 κύλινδρο γίνεται την ίδια χρονική στιγμή μετά από 180° περιστροφής του στροφαλοφόρου αναφλέγετε το καύσιμο του 2 και του 3 κυλίνδρου.



Σχήμα 13.4

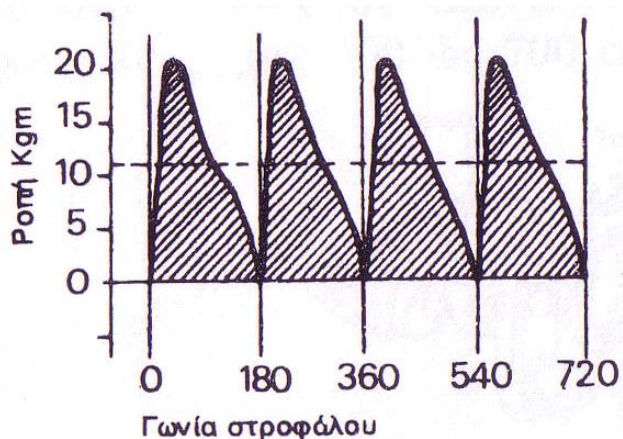
6κύλινδρος κινητήρας (σχήμα 13.5)

Ανά 120° περιστροφής του στροφαλοφόρου έχουμε ανάφλεξη του καυσίμου ανά ζεύγος κυλίνδρων, 1-6, στη συνέχεια 2-5 και τέλος 3-4

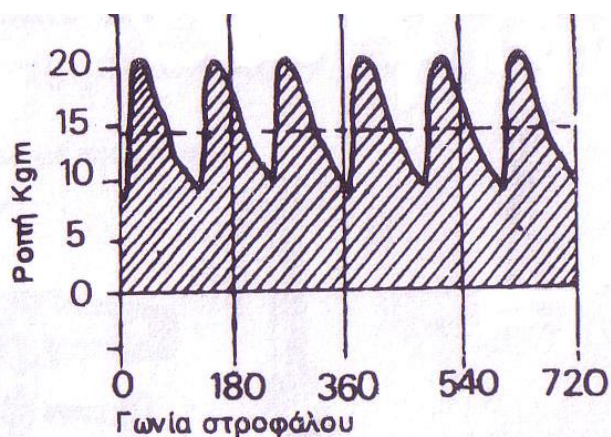


Σχήμα 13.5

Κάποιοι κατασκευαστές προτιμούν κατά την δημιουργία ενός κινητήρα να διαιρούν τον κυβισμό σε πολλούς κυλίνδρους, κάνοντας την παραγόμενη ροπή να είναι μικρότερης ισχύος αλλά να εμφανίζεται πιο συχνά κατά την περιστροφή του στροφαλοφόρου. Έτσι λόγω της αύξησης των κυλίνδρων τα κομβία του στροφαλοφόρου παραλαμβάνουν μικρότερης ισχύος, αλλά σε λιγότερες μοίρες, εμφανιζόμενη ροπή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μικρότερη καταπόνηση του στροφαλοφόρου άξονα και την ομαλότερη λειτουργία του και γενικά την ομαλότερη λειτουργία όλου του κινητήρα δίνοντας μια γραμμική ροπή.



Διάγραμμα 13.1 : Φάσμα και συχνότητα ροπής ενός τετρακύλινδρου κινητήρα

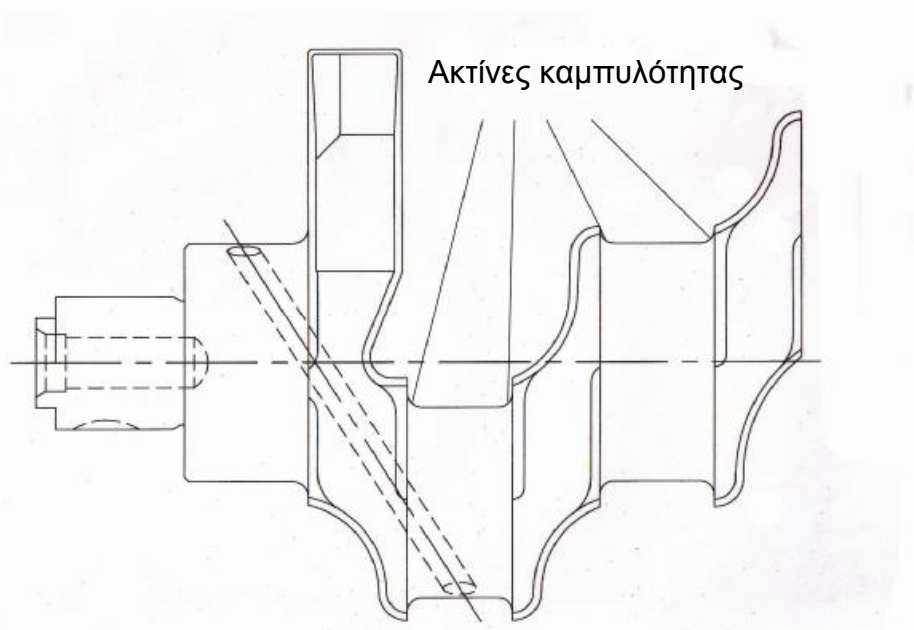


Διάγραμμα 13.2 : Φάσμα και συχνότητα ροπής ενός εξακύλινδρου κινητήρα

Όταν ο κινητήρας έχει τους κυλίνδρους εν σειρά, ο αριθμός των κομβίων του στροφαλοφόρου είναι ίσος με τον αριθμό των κυλίνδρων. Όταν ο κινητήρας έχει τους κυλίνδρους σε διάταξη V ή αντιπιθέμενους (διάταξη boxer) τότε ο αριθμός των κομβίων είναι ίσος με τον μισό από τον αριθμό των κυλίνδρων.

Στους κινητήρες με μεγάλη ισχύ, κάθε κομβίο έχει αριστερά και δεξιά του από έναν στροφέα βάσης. Αυτό γίνεται για να συγκρατείται καλύτερα ο στροφαλοφόρος και να μην αστοχήσει λόγω των μεγάλων στρεπτικών ροπών και καμπτικών δυνάμεων που επιδρούν πάνω στα κομβία. Στους κινητήρες όμως με μικρή ισχύ μπορεί ο αριθμός των στροφών βάσης να είναι περιορισμένος.

Στα σημεία όπου συνδέονται τα κομβία με τους βραχίονες και οι στροφείς με τους βραχίονες, έχουν δημιουργηθεί συγκεκριμένες ακτίνες καμπυλότητας, για να μεταβιβάζονται ομαλά οι τάσεις κατά την αλλαγή της διατομής και να μειώνεται ο κίνδυνος θραύσης λόγω κοπώσεως (σχήμα 13.6).



Σχήμα 13.6 : Ακτίνες καμπυλότητας

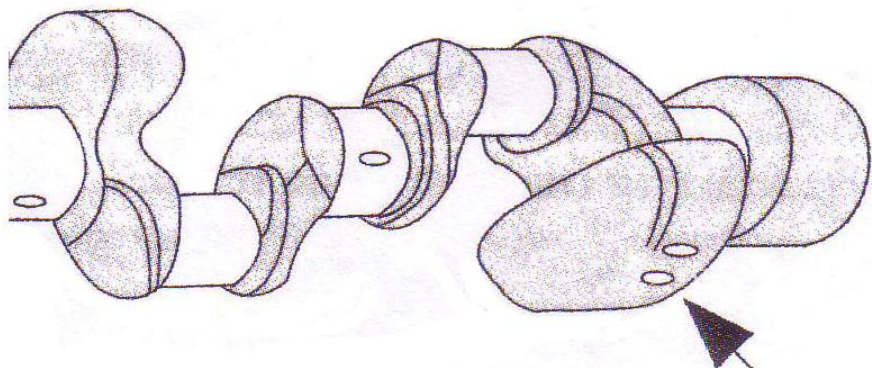
Βραχίονες ή κιθάρες

Οι βραχίονες είναι το τμήμα του στροφαλοφόρου που ενώνει τους στροφείς βάσης με τα κομβία ή και μόνο τα κομβία μεταξύ τους, όταν έχουμε μικρής ισχύος κινητήρες (εικόνα 13.1).

Αντίβαρα

Είναι το προεξέχον τμήμα του βραχίονα (σχήμα 13.7). Τα κομβία λόγω της έκκεντρης τοποθέτησής τους ως προς τον κύριο άξονα περιστροφής του στροφαλοφόρου, δημιουργούν δυνάμεις και ροπές οι οποίες εξισορροπούνται με την χρήση αντιβάρων. Έτσι, το κάθε αντίβαρο τοποθετείται αντίθετα ως προς κάθε κομβίο ώστε να αλληλοεξουδετερώνουν τις δυνάμεις που προκαλούνται από το βάρος τους και ο στροφαλοφόρος να μπορεί να περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα χωρίς κραδασμούς.

Για την ακριβή ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου γίνονται τρύπες στα αντίβαρα, ώστε να ελαττωθεί το βάρος τόσο όσο χρειάζεται για να περιστρέφεται ο στροφαλοφόρος ομαλά.



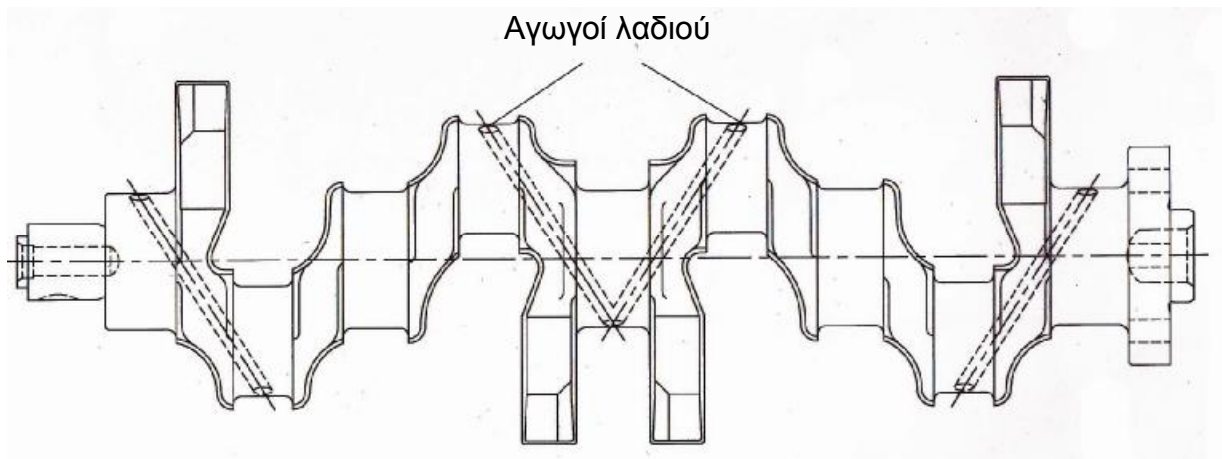
Σχήμα 13.7

Αντίβαρο και οπές ζυγοστάθμισης

Η ζυγοστάθμιση μερικές φορές συμπεριλαμβάνει την εξέταση όλων των εξαρτημάτων που συνεργάζονται με τον στροφαλοφόρο (έμβολα, μπιέλες) σαν ένα, ώστε να αποδοθεί στον στροφαλοφόρο το κατάλληλο σχήμα των αντιβάρων για την περαιτέρω μείωση των κραδασμών.

Η σωστή ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου είναι μια απαραίτητη διαδικασία, αν αναλογιστούμε ότι η ανώτατη ταχύτητα περιστροφής του για τους αγωνιστικούς κινητήρες είναι περίπου 14.000 στροφές ανά λεπτό. Δηλαδή ο στροφαλοφόρος πραγματοποιεί κάθε δευτερόλεπτο 233 περιστροφές.

Αγωγοί λαδιού



Σχήμα 13.8 : Σχεδιαστική αποτύπωση του δικού μας στροφάλου όπου διακρίνονται οι αγωγοί του λαδιού

Ο στροφαλοφόρος λιπαίνεται καλύτερα από όλα τα εξαρτήματα του κινητήρα, καθώς βρίσκεται συνήθως στο κάτω μέρος της μηχανής, εκεί όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη ποσότητα του λαδιού λόγω βαρύτητας.

Η λίπανση των τριβένων ολίσθησης (έδρανα) γίνεται μέσω των αγωγών που έχουν διαμορφωθεί εσωτερικά του στροφαλοφόρου (σχήμα 13.8). Η πορεία που ακολουθεί το λάδι μέσα στους αγωγούς είναι η εξής. Από τον στροφέα βάσης το λάδι οδηγείται προς το κομβίο, συνεχίζει την ροή του στον αγωγό που είναι διαμορφωμένος στο εσωτερικό της μπιέλας και από εκεί εκτοξεύεται με πίεση λιπαίνοντας κύλινδρο και έμβολο.

13.1.3 ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ

Ο στροφαλοφόρος άξονας υφίσταται σύνθετη μηχανική καταπόνηση σε στρέψη και κάμψη. Ταυτόχρονα, καταπονείται από στρεπτικές ταλαντώσεις, κόπωση στις υψηλές στροφές, λόγω εναλλασόμενης φόρτισης του και φθορά στις τριβόμενες επιφάνειες.

Για τους λόγους αυτούς, ο στροφαλοφόρος άξονας κατασκευάζεται από βελτιωμένο χάλυβα (36crNIM04) ή χάλυβα εναζώτωσης (34crAlM05) μετά από ειδική χύτευση ή θερμηλασία. Κατασκευάζεται επίσης και από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη (GGG-70), που παρέχει καλή απόσβεση ταλαντώσεων.

Μετά την χύτευση ή την θερμηλασία, οι στροφεείς βάσης και τα κομβία τονρίζονται περίπου στην προκαθορισμένη διάσταση. Προκειμένου όμως να γίνουν πιο σκληρές οι κατεργασμένες επιφάνειες των στροφών βάσης και των κομβίων του στροφαλοφόρου τοποθετείται ο στρόφαλος για βαφή μέσα σε ειδικό φούρνο. Για να αποφύγουν την σκλήρυνση οι ακατέργαστες επιφάνειες του στροφάλου (αντίβαρα, βραχίονες), καλύπτονται προ βαφής με ένα λεπτό στρώμα χαλκού. Στη συνέχεια ακολουθεί η βαφή του στροφαλοφόρου και μετα λειαινόνται τα τονρισμένα κομβία και οι στροφεείς βάσης σε ειδικό μηχάνημα (ρεκτιφιέ) για να αποκτήσουν λεία επιφάνεια και την τελική τους επιθυμητή διάσταση.

13.1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΙΤΙΑ ΒΛΑΒΩΝ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ

Διάγνωση βλαβών

- 1) Χαμηλή πίεση λαδιού λόγω φθοράς των μετάλλων.
- 2) Θόρυβος κατά την λειτουργία του κινητήρα.
- 3) Χτυπήματα, κραδασμοί κατά την λειτουργία του κινητήρα.
- 4) Φρακάρισμα ή δυσκολία περιστροφής του κινητήρα.

Αίτια Βλαβών

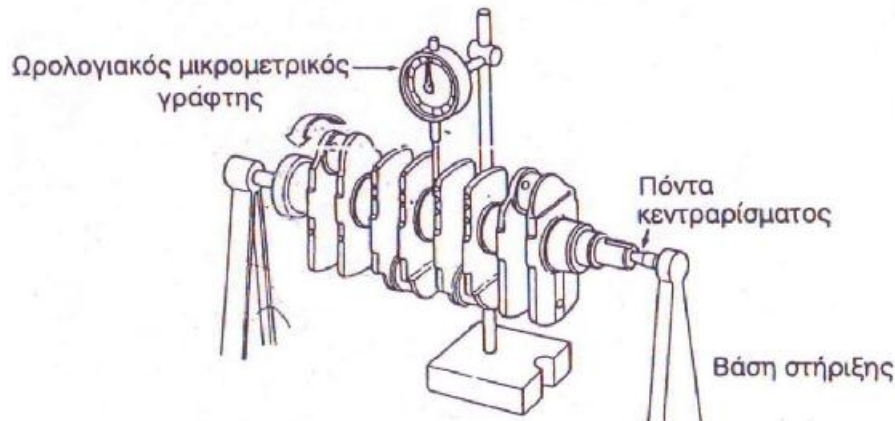
- 1) Κακή ζυγοστάθμιση, ευθυγράμμιση του στροφαλοφόρου.
- 2) Μη σωστή σύσφιξη των τριβέων ολίσθησης (εδράνων).
- 3) Κακή εφαρμογή των τριβέων ολίσθησης (εδράνων).
- 4) Μη επαρκής λίπανση.
- 5) Χρήση ακατάλληλου λιπαντικού.
- 6) Αστοχία του στροφαλοφόρου.

13.1.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΒΛΑΒΩΝ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ

Έλεγχος του στροφαλοφόρου

Ο στροφαλοφόρος είναι από τα ακριβότερα εξαρτήματα. Είναι προτιμότερο να τον επισκευάσουμε παρά να τον αντικαταστήσουμε, και πρίν προβούμε σε οποιαδήποτε εργασία επισκευής πραγματοποιούμε τους παρακάτω ελέγχους:

- Ø Έλεγχος ζυγοστάθμισης του στροφαλοφόρου.
Ο στροφαλοφόρος ζυγοσταθμίζεται πάνω σε ειδικό μηχάνημα στατικά και δυναμικά, προστίθεται ή αφαιρείται βάρος στα σημεία που χρειάζεται.
- Ø Έλεγχος ευθυγράμμισης στροφένων βάσης (σχήμα 13.9).
Τοποθετείται ο στροφαλοφόρος σε ειδικά V, στην πλάκα εφαρμογής και περιστρέφοντάς τον, ελέγχουμε το ισογύρισμα των στροφένων βάσης καθώς και την γωνία σφηνώσεως των κομβίων.



Σχήμα 13.9 : Έλεγχος ευθυγράμμισης

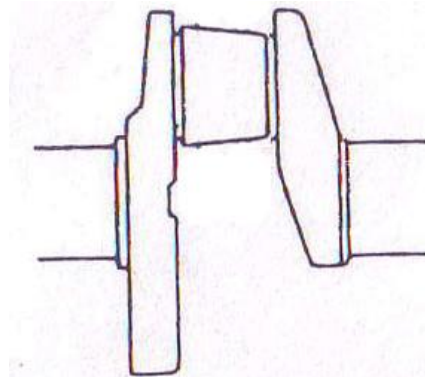
- Ø Έλεγχος του στροφαλοφόρου για ραγίσματα.
Ο έλεγχος γίνεται με μαγνητικές συσκευές, συσκευές υπερήχων κλπ.
- Ø Έλεγχος φθορών στροφένων βάσης και κομβίων του στροφαλοφόρου.
Ο έλεγχος πραγματοποιείται με μικρόμετρα και έχει σκοπό την διαπίστωση της κατάστασης των στροφένων και των κομβίων από άποψη :

- Ελλειπτικότητα



Σχήμα 13.10 : Ελλειπτικός στροφέας ή κομβίων

- Κωνικότητας



Σχήμα 13.11 : Κωνικότητα στο κομβίον

- Φθοράς τω επιφανειών
(χαρακίες, γραμμώσεις κλπ)

Θεραπεία βλαβών

Οι κατασκευαστές προβλέπουν την αποκατάσταση των βλαβών, του στροφαλοφόρου όταν αυτές βρίσκονται εντός των επισκευάσιμων επιτρεπτών ορίων.

Οι φθορές αποκαθίστανται με την λείανση των κομβίων και των στροφών σε λειαντικά μηχανήματα. Εφόσον η διάμετρος των κομβίων και των στροφών λειαινεται και μικραίνει, τοποθετούνται αντίστοιχα τριβείς ολίσθησης (έδρανα) μεγαλύτερου πάχους, ώστε το διάκενο να είναι το προβλεπόμενο.

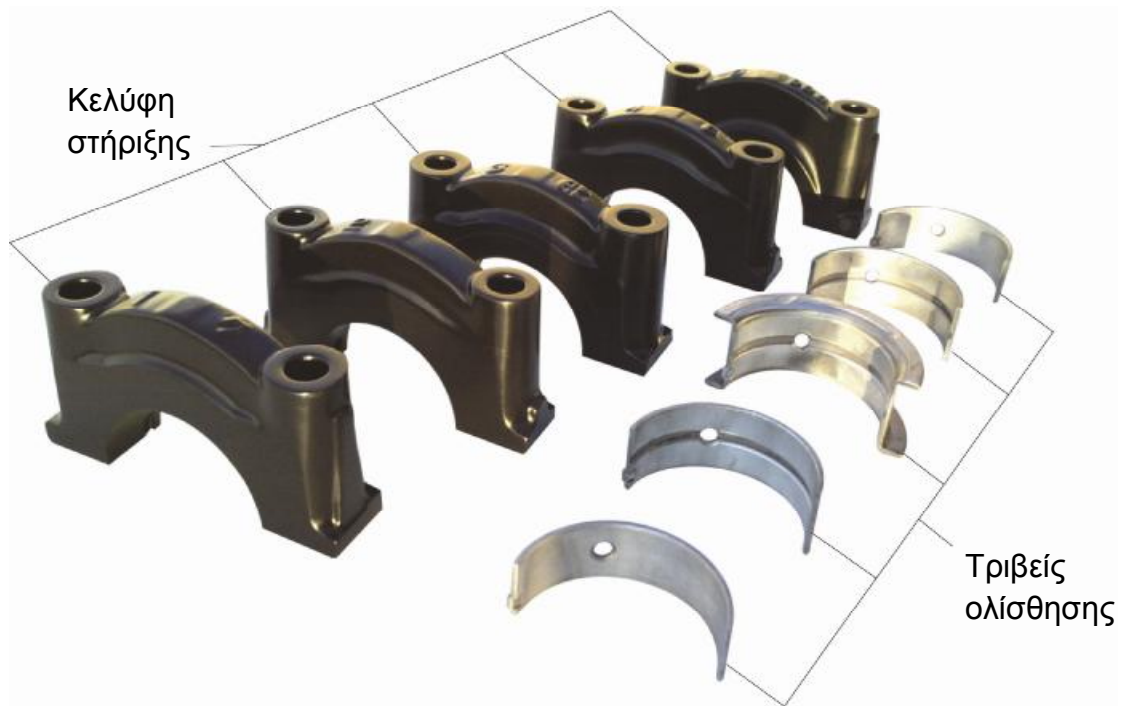
Προβλέπονται τυποποιημένα υπομεγέθη διαμέτρων (under-size) των στροφών και των κομβίων στο αγγλοσαξονικό σύστημα σε χιλιοστά της ίντσας (0,000 inc) ή το αντίστοιχο μετρικό σύστημα σε εκατοστά του χιλιοστού (0,00 mm) ή μικρά (0,000mm).

Πίνακας 13.1 : τυποποιημένα υπομενέθη διαμέτρων των κομβίων και των στροφών

Μεγέθη διαμέτρων	Αγγλοσαξωνική τυποποίηση	Διαστάσεις σε χιλιοστά της ίντσας (inc)	Διαστάσεις σε χιλιοστά του χιλιοστού (μικρά)
Αρχική διάμετρος	standard	0,000 inc	0,000 mm
1η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,005 inc.	0,125 mm
2η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,010 inc.	0,254 mm
3η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,015 inc.	0,375 mm
4η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,020 inc.	0,500 mm
5η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,025 inc.	0,625 mm
6η Υποδιάμετρος (υπομέγεθος)	under - size	0,030 inc.	0,750 mm

Εάν οι φθορές των στροφών και των κομβίων είναι τόσο μεγάλες που ξεπερνούν τα τυποποιημένα υπομεγέθη διαμέτρων τότε ο στροφαλοφόρος αντικαθίσταται καθώς συγκόλληση σε στροφαλοφόρο για το γέμισμα της διαμέτρου ή για οποιονδήποτε άλλο λόγο δεν γίνεται ποτέ.

13.1.6 ΤΡΙΒΕΙΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΥ



Εικόνα 13.2 : Παρίστανται οι τριβείς και τα κελύφη του Ε 10

Οι τριβείς ολίσθησης στηρίζουν και είναι οι επιφάνειες όπου εφαρμόζει και περιστρέφεται ο στροφαλοφόρος άξονας. Οι τριβείς είναι συνήθως δαιρούμενου τύπου ή τύπου δακτυλίου.

Τοποθετούνται όπου υπάρχει στροφέας βάσης και κομβίο μέσα στα κελύφη στήριξης και στο πόδι της μπιέλας, όπου οι τριβείς με τις ειδικές προεξοχές που έχουν και λειτουργούν σαν ασφάλειες, καθώς και με την σύσφιξη τους με τις βίδες παραμένουν σταθεροί μέσα στο κάθε πόδι και στα κελύφη στήριξης.

Οι τριβείς είναι τα μεσάζοντα μέταλλα που έρχονται σε επαφή με τον στροφαλοφόρο και θα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες ώστε η περιστροφή του στροφαλοφόρου να είναι όσο το δυνατόν πιο ελεύθερη και με μικρές τριβές και φθορές.

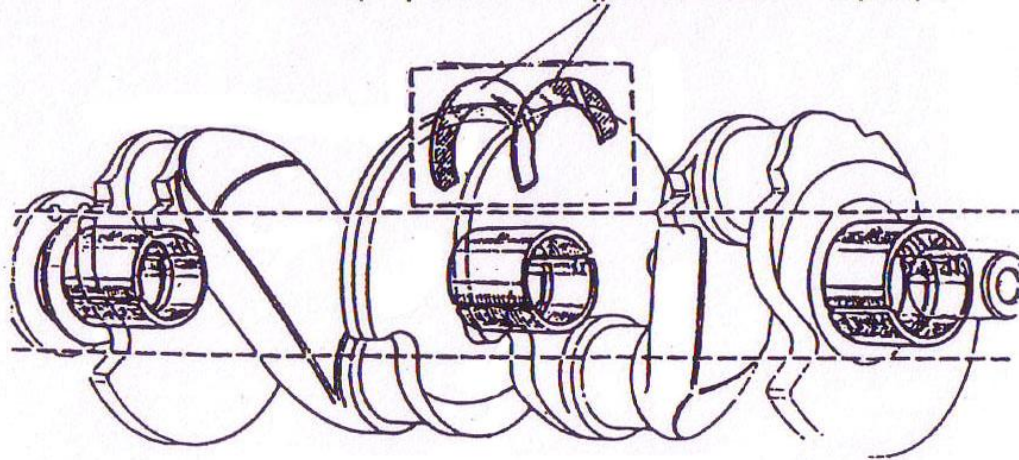
Ιδιομορφία παρουσιάζει ο τριβέας (εικόνα 13.3) που προορίζεται να ελέγχει τις αξονικές μετατοπίσεις του στροφαλοφόρου που προέρχονται από τις δυνάμεις του συμπλέκτη. Φέρει ωστικούς πλευρικούς ημιδακτυλίσκους με τους οποίους εφάπτεται στις αντίστοιχες επιφάνειες του στροφέα βάσης. Ο ωστικός τριβέας τοποθετείται συνήθως στο κέντρο ή στην πλευρά του βολάν (σφόνδυλος).



Εικόνα 13.3 : Ωστικός τριβέας 'θρός'

Οι ωστικοί ημιδακτύλιοι μπορεί να είναι και πρόσθετα αντί να είναι ενιαίοι με τον τριβέα. Στην περίπτωση αυτή τοποθετούνται σε αντίστοιχες υποδοχές. Οι ωστικοί ημιδακτύλιοι είναι γνωστοί με την ονομασία 'θρός'.

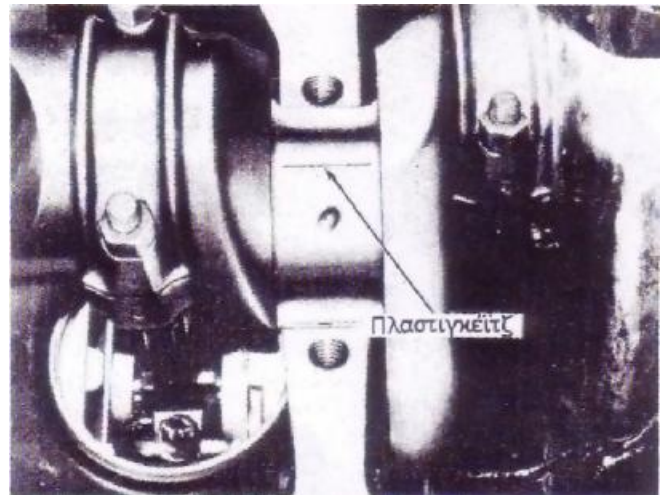
Ζεύγος ωστικού ημιδακτυλίου "θρός"



Σχήμα 13.12 : Διαιρούμενοι ωστικοί ημιδακτύλιοι

Η λίπανση των τριβέων ολίσθησης επιτυγχάνεται από το λάδι που εκτοξεύεται στις πλευρικές τους επιφάνειες καθώς ο στροφαλοφόρος βρίσκεται στο κάτω τμήμα του κινητήρα όπου υπάρχει η περισσότερη ποσότητα λαδιού. Η κύρια λίπανση των τριβέων γίνεται διαμέσου των αγωγών που είναι διαμορφωμένοι εσωτερικά του στροφαλοφόρου. Από τις οπές που φέρνουν οι τριβείς το λάδι διέρχεται στις τριβόμενες επιφάνειες. Σε όποιους τριβείς κρίνεται αναγκαία η καλύτερη λίπανση λόγω των αυξημένων φορτίων, διαμορφώνεται κατά το μήκος τους ένας αύλακας.

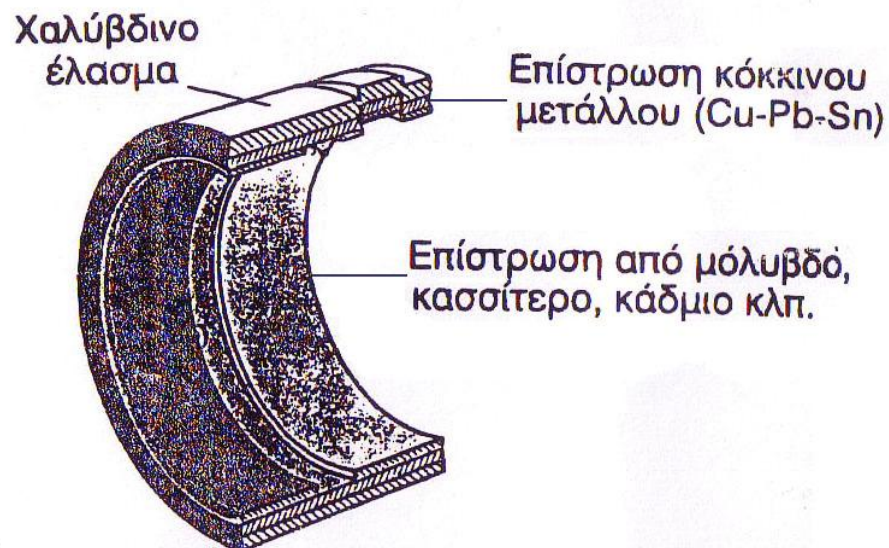
Για τον έλεγχο του διάκενου μεταξύ του τριβέα ολίσθησης και του στροφέα βάσης ή κομβίου τοποθετείται ένα ειδικό πλαστικό σύρμα που ονομάζεται πλαστικγκειτζ σχήμα (13.13). Στη συνέχεια τοποθετείται το καβαλέτο και σφίγγεται με την σωστή ροπή σύσφιξης. Μετά την αφαίρεση του πεπλατισμένου πλέον σύρματος μετρείται το πλάτος του με κανόνα ειδικής κλίμακας. Με αυτήν την μέθοδο βρίσκονται τυχόν αποκλίσεις του διάκενου από το προβλεπόμενο.



Σχήμα 13.13 : Τοποθετημένο πλαστικγκειτζ

Οι τριβείς ολίσθησης δέχονται όλων των μορφών των καταπονήσεων από τις δυνάμεις που μεταφέρουν οι συναρμογές εμβόλων-μπιελών-στροφαλοφόρου. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να αναπτύσσεται στους τριβείς μια όσο το δυνατόν ελάχιστη τριβή και φθορά. Για τους λόγους αυτούς το υλικό κατασκευής, η δομή και η επεξεργασία των τριβέων είναι μια επιμελημένη εργασία και περιλαμβάνει:

- ∅ Το εξωτερικό έλασμα από χάλυβα ή από μπρούτζο πάχους 1,5mm
- ∅ Την επίστρωση αντιτριβικού μετάλλου με βάση των χαλκό, μόλυβδο, κασσίτερο κλπ γνωστού ως κόκκινου μετάλλου πάχους 0,2-0,3 mm
- ∅ Την επίστρωση ειδικού αντιτριβικού μετάλλου από μόλυβδο, κασσίτερο, κάδμιο, χρυσό πάχους 0,0012-0,020mm που έχουν ελάχιστο συντελεστή τριβής και καλή αγωγιμότητα.



Σχήμα 13.14 : Επίστρώσεις στους τριβείς ολίσθησης

13.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ Ε10



Εικόνα 13.4 : Ανακατασκευασμένος Στροφαλοφόρος του κινητήρα Ε10

Στο εμπρόσθιο τμήμα του στροφαλοφόρου είναι διαμορφωμένος ένας σφηνόδρομος (εικόνα 13.4), ώστε να προσαρμόζεται εκεί ένα γρανάζι από το οποίο παίρνει κίνηση ο εκκεντροφόρος και ο βοηθητικός μηχανισμός της αντλίας λαδιού, μέσω του οδοντωτού ιμάντα. Ακόμα στο εμπρόσθιο τμήμα υπάρχει μια οπή με σπείρωμα. Εκεί προσαρμόζεται μία τροχαλία η οποία συσφίγγεται με την κατάλληλη βίδα και μέσω κωνικού τραπεζοειδούς ιμάντα ο στροφαλοφόρος μεταδίδει την κίνηση στους βοηθητικούς μηχανισμούς οι οποίοι είναι η αντλία του νερού και το δυναμό.

Στο οπίσθιο τμήμα υπάρχουν διαμορφωμένες οπές με σπείρωμα για την τοποθέτηση του βολάν (σφόνδυλος).

Ο στροφαλοφόρος διαθέτει πέντε στροφείς βάσης. Εφόσον ο τύπος του κινητήρα μας είναι τετρακύλινδρος εν σειρά αυτό συνεπάγεται ότι αριστερά και δεξιά από κάθε κομβίο υπάρχει ένας στροφέας βάσης. Αυτό δίνει στον στροφαλοφόρο μία σταθερή συγκράτηση και δεν υπάρχει κίνδυνος να αστοχήσει από τις μεγάλες στρεπτικές ροπές και καμπτικές δυνάμεις που επιδρούν σε κάθε κομβίο. Ο μεσαίος από τους στροφείς βάσης έχει πλευρικά επίπεδες επιφάνειες για να δέχεται τον τριβέα θρος και να ελέγχονται οι αξονικές μετατοπίσεις που εφαρμόζονται στο βολάν από την πίεση του συμπλέκτη. Στα σημεία που συνδέονται οι στροφείς βάσης με

τους βραχίονες και οι βραχίονες με τα κομβία αντίστοιχα, έχουν δημιουργηθεί συγκεκριμένες ακτίνες καμπυλότητας για να μεταβιβάζονται ομαλά οι τάσεις κατά την αλλαγή της διατομής και να μειώνεται ο κίνδυνος θράυσης λόγω κόπωσης.

Εφόσον ο κινητήρας μας είναι τετρακύλινδρος με διάταξη εν σειρά έχουμε τέσσερα κομβία που δέχονται τις μπιέλες. Από τον τύπο της γωνίας σφηνώσεως που ισούται με $720^\circ / z$ προκύπτει ότι η γωνία σφηνώσεως του στροφαλοφόρου μας να είναι ίση με 180° . Αυτό σημαίνει ότι ανά 180° περιστροφής του στροφαλοφόρου πραγματοποιείται και μία ανάφλεξη του καύσιμου μίγματος. Δεδομένου ότι ο κινητήρας είναι 1.000cm^3 προκύπτει μία γραμμική και ομοιόμορφη ροπή σε όλο το φάσμα της λειτουργίας του. Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα είναι 6.000 στροφές ανά λεπτό. Αυτό συνεπάγεται ότι ο στροφαλοφόρος μπορεί να πραγματοποιήσει έως και 100 περιστροφές το δευτερόλεπτο.

Ο στροφαλοφόρος μας έχει τέσσερα αντίβαρα, δηλαδή τόσα όσα είναι και τα κομβία. Το κάθε αντίβαρο βρίσκεται αντίθετα ως προς το εκάστοτε κομβίο για να αντισταθμίζεται το βάρος από την έκκεντρη τοποθέτηση των κομβίων, ως προς τον κύριο άξονα περιστροφής του στροφαλοφόρου. Στα τρία από τα τέσσερα αντίβαρα διακρίνονται τρύπες που έχουν διαμορφωθεί για την ακριβή ζυγοστάθμιση του στροφαλοφόρου.

Εσωτερικά του στροφαλοφόρου υπάρχουν διαμορφωμένοι αγωγοί που έχουν ως σκοπό την λίπανση των τριβών.

Ο στροφαλοφόρος άξονας του κινητήρα E10 έχει κατασκευαστεί από βελτιωμένο χάλυβα (36crNIM04) με την μέθοδο της χύτευσης υπό πίεση. Οι στροφείς βάσης και τα κομβία έχουν υποστεί επιφανειακές κατεργασίες, ώστε να μειωθεί ο συντελεστής τριβής, τις οποίες δεν γνωρίζουμε. Επίσης, προκειμένου οι επιφάνειες των στροφών και των κομβίων να γίνουν πιο σκληρές, τους έχει εφαρμοσθεί κάποια μέθοδος σκλήρυνσης με πιθανότερη την μέθοδο της βαφής μέσα σε ειδικό φούρνο.

Οι τριβείς ολίσθησης είναι διαιρούμενου τύπου για να μπορούν να αφαιρούνται εύκολα και μερικοί από αυτούς διαθέτουν κατά το μήκος τους ένα αυλάκι που εξυπηρετεί στην καλύτερη λίπανση. Ο τριβέας 'θρος' φέρει τους ωστικούς ημιδακτυλίους και είναι ενιαίος με αυτούς. Η τοποθέτησή του είναι στον στροφέα βάσης που βρίσκεται στο κέντρο του στροφαλοφόρου. Το εξωτερικό έλασμα των τριβών είναι από χάλυβα και όσον αφορά ποια μέταλλα έχουν χρησιμοποιηθεί σαν επιστρώσεις δεν μπορούμε να γνωρίζουμε καθώς είναι κατασκευαστικά μυστικά.

13.2.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΘΕΙΣΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕ ΑΥΤΕΣ ΠΟΥ ΟΡΙΖΕΙ Ο ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ

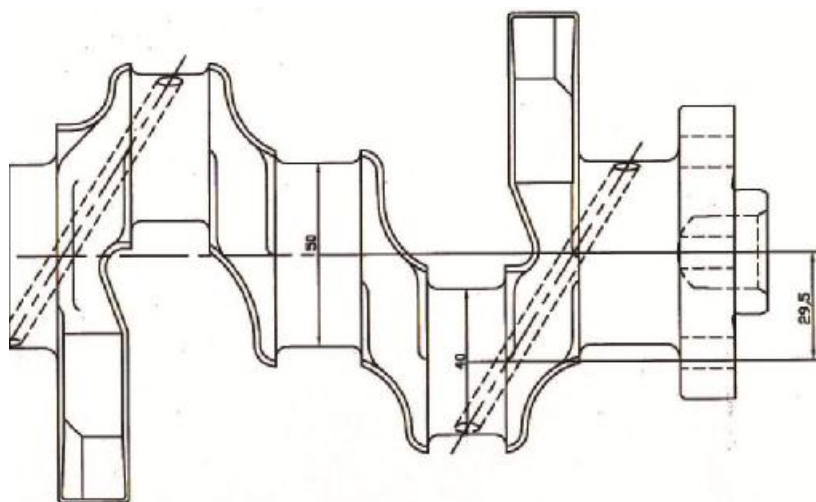
Πίνακας 13.2 : Τιμές από το service manual

Main journal dia. "Dm"		49.940 - 49.964 (1.9661 - 1.9671)
Pin journal dia. "Dp"		39.954 - 39.974 (1.5730 - 1.5738)
Center distance "r"	E10	29.5 (1.1614)
	E13	35.0 (1.3780)
	E15	41.0 (1.6142)
Out-of-round (X-Y) and taper (A-B)	Standard	Less than 0.01 (0.0004)
	Limit	0.03 (0.0012)
Bend [T.I.R.]	Standard	Less than 0.05 (0.0020)
	Limit	0.10 (0.0039)
Free end play	Standard	0.05 - 0.18 (0.0020 - 0.0071)
	Limit	0.30 (0.0118)

Ο κατασκευαστής ορίζει ότι η διάμετρος των στροφένων βάσης θα πρέπει να είναι 49,940 - 49,964mm (πίνακας 13.2). Η διάμετρος των στροφένων βάσης του στροφαλοφόρου μας μετρήθηκε 50mm (σχήμα 13.15). Η διαφορά στην τιμή μας από αυτήν του κατασκευαστή δεν οφείλεται σε λόγους στρογγυλοποίησης, καθώς δεν έγινε στρογγυλοποίηση και η διάμετρος των στροφένων μας όντως είναι 50mm. Αυτό οφείλεται στο ότι ο στροφαλοφόρος έχει αφαιρεθεί πολύ καιρό από το σώμα της μηχανής και οι εξωτερικές επιφάνειες των στροφένων έχουν υποστεί στην μικροδομή τους κάποια διάβρωση που έχει σαν αποτέλεσμα την μικρή αύξηση της διαμέτρου. Δεν υπάρχει ίχνος σκουριάς, παρ'όλα αυτά η διάμετρος έχει αυξηθεί.

39,974mm (πίνακας 13.2). Η διάμετρος των κομβίων του στροφαλοφόρου μας

μετρήθηκε 40mm (σχήμα 13.15). Η απόκλιση από την τιμή του κατασκευαστή και πάλι δεν οφείλεται σε λόγους στρογγυλοποίησης, αλλά λόγω της μικροαύξησης της διαμέτρου από επιφανειακή διάβρωση.



Σχήμα 13.15 : Μετρηθείσες τιμές του στροφάλου απόσταση r, το service manual αναφέρει ότι πρέπει να είναι 29,5mm (πίνακας 13.2).

Όσον αφορά την

απόσταση r, το service manual αναφέρει ότι πρέπει να είναι 29,5mm (πίνακας 13.2).

Όντως, και η δική μας μετρηθείσα τιμή είναι 29,5mm (σχήμα 13.15). Έτσι καταλαβαίνουμε ότι ο στροφαλοφόρος μας είναι ευθυγραμμισμένος.

Απ' όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι με μία κατάλληλη λείανση των στροφών βάσης και των κομβίων του στροφαλοφόρου ή έστω και με την λειτουργία ως έχει (κάτι που θα ήταν προτιμότερο να αποφευχθεί), οι διάμετροι θα επανέλθουν στα επιτρεπτά όρια και ο στροφαλοφόρος δεν θα παρουσιάσει κανένα πρόβλημα κατά την λειτουργία του. Οι διάμετροι των στροφών βάσης και των κομβίων δεν παρουσιάζουν καμία ένδειξη ελλειπτικότητας ή κωνικότητας και στις επιφάνειές τους δεν υπάρχουν ραγίσματα, γραμμώσεις ή άλλου είδους φθορές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέρος της διαδικασίας της εργασίας αυτής είναι η αξιολόγηση των εξαρτημάτων του κινητήρα E10 και η διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Όλες οι τιμές των εξαρτημάτων έχουν μετρηθεί διεξοδικά, ώστε να αποτυπωθούν με την μορφή σχεδίων. Συγκρίνοντας τις μετρηθείσες τιμές των εξαρτημάτων του κινητήρα E10 με αυτές που ορίζει ο κατασκευαστής, συμπεραίνουμε ότι είναι εντός των επιτρεπτών ορίων, πλην ελάχιστων περιπτώσεων που εμφανίζουν αποκλίσεις. Όμως, σχεδόν όλες οι αποκλίσεις των τιμών έχουν δημιουργηθεί από την στρογγυλοποίηση που τους έγινε κατά την σχεδίαση τους, καθώς κρίθηκε περιττή η χρήση τόσης μεγάλης ακρίβειας. Οι αποκλίσεις είναι της τάξης των 0,001mm. Οι αιτίες των αποκλίσεων περιγράφονται αναλυτικά σε κάθε κεφάλαιο.

Το συμπέρασμα που προκύπτει όσον αφορά τα βασικά εσωτερικά εξαρτήματα του κινητήρα, δηλαδή βαλβίδες, εκκεντροφόρος, έμβολα, διωστήρες και στρόφαλος, είναι ότι δεν έχουν υποστεί φθορές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς καμιά απολύτως επιφύλαξη. Παρόλα αυτά ένας καλός συντηρητής που διαθέτει ζήλο και προθυμία να κάνει το κάτι παραπάνω, μπορεί να κατεργαστεί τα εξαρτήματα αυτά και να τους κάνει μια λείανση που θα έχει σαν αποτέλεσμα, όταν τεθεί σε λειτουργία ο κινητήρας τα συνεργαζόμενα εξαρτήματα να αναπτύξουν μεταξύ τους μικρότερες τριβές, βελτιώνοντας σημαντικά τον βαθμό απόδοσης του κινητήρα. Υπενθυμίζουμε λόγω των τριβών χάνεται το 30% της παραγόμενης ισχύος.

Από τις πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί στην εργασία αυτή μπορεί πλέον ο κάθε αναγνώστης να κρίνει μόνος του ποια εξαρτήματα πρέπει να αντικατασταθούν κατά την επιθεώρηση ενός κινητήρα. Στην περίπτωση του E10 για την πλήρη αποκατάσταση του, θα πρέπει να αντικατασταθούν οι έδρες των βαλβίδων, τα ελατήρια των εμβόλων και να αγοραστεί ένα σετ των στοιχείων στεγάνωσης, το οποίο περιλαμβάνει όλες τις φλάντζες και τις τσιμούχες του κινητήρα.

Παρατηρούμε ότι το κόστος των ανταλλακτικών δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να ξεπεράσει τα 70 ευρώ. Το συγκεκριμένο κόστος έχει ιδιαίτερη σημασία για τον κινητήρα, εάν αναλογιστεί κανείς ότι τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει ο συγκεκριμένος κινητήρας είναι της τάξης άνω των 180.000 και ότι έχει τεθεί εκτός λειτουργίας για τουλάχιστον 7 χρόνια.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι, όταν ο κινητήρας που δεν τίθεται σε λειτουργία, εμφανίζει μεγαλύτερες φθορές κατά το πέρασμα του χρόνου. Αυτό συμβαίνει για τον λόγο ότι, η ποσότητα του λαδιού παραμένει στο κάρτερ και τα στοιχεία του κινητήρα δεν λιπαίνονται και έτσι χάνονται όλες οι ευεργετικές ιδιότητες του λαδιού. Η συνθετική σύσταση του λαδιού πέρα από τις αντιτριβικές ιδιότητες που έχει, δημιουργεί και ένα φιλμ προστασίας στα εξαρτήματα που λειτουργεί σαν ασπίδα προστασίας από την διάβρωση. Για αυτό, ενδεχομένως να έχουμε ακούσει ότι σε ένα όχημα, το οποίο βρίσκεται σε ακινησία, ανά κάποια χρονικά διαστήματα αφήνουμε τον κινητήρα να δουλέψει για λίγα λεπτά, ώστε να δημιουργηθεί το φιλμ προστασίας του λαδιού.

Κρίνοντας όλα αυτά και συμπεριλαμβάνοντας το γεγονός ότι, τα αυτοκίνητα που διαθέτουν τον κινητήρα αυτόν είναι μοντέλα του 1980,(δηλαδή ο κινητήρας μας είναι τουλάχιστον 25 χρόνων) και πιθανολογώντας ότι ποτέ στο παρελθόν δεν έχει γίνει αντικατάσταση των εσωτερικών του εξαρτημάτων, συμπεραίνουμε βάσει μετρήσεων ότι ο κινητήρας E10 είναι υπερβολικά αξιόπιστος. Άλλωστε η αξιοπιστία είναι ένα χαρακτηριστικό που διαθέτουν οι τετράχρονοι κινητήρες και σε συνδυασμό με την χαμηλή τους κατανάλωση τους έχουν καθιερωθεί στην αγορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βούλγαρης, Μηχανολογικό Σχέδιο, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα, 2004.
2. Βουσούρας Ε., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης.
3. Γεωργόπουλος Φ., Αυτοκίνητο.
4. Καρβέλης Ι.& Μπαλντούκας Α., Στοιχεία Μηχανών Σχέδιο Εκδόσεις Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, 1999.
5. Κλιάνη-Νικολού-Σιδέρη., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Εκδόσεις Ευγενίδειο Ίδρυμα.
6. Κανδύλης Γ., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης 2, Τεύχος 1, Εκδόσεις Κωστόγιαννος, 2003
7. Λαζάρου Κ. & Σιδέρη Ι., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης, Τόμος 1.
8. Παπαμητούκας Β., Μηχανολογικό Σχέδιο, Εκδόσεις University studio press.
9. Πιερρουτσάκος Γ., Τεχνολογία του Αυτοκινήτου.
10. Ρετζέπης Π., Τεχνολογία του Αυτοκινήτου, Εκδόσεις ΊΩΝ.
11. Χασιώτης Π., Μηχανές Εσωτερικής Καύσης ,Τεύχος 1, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2003.
12. Μηχανές Εσωτερικής καύσης-Τεχνολογία Του Αυτοκινήτου 1., Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2000.
13. Αυτο και Αυτο Μηχανολογία και Ηλεκτρολογία. Εκδόσεις Καρακόστογλου.
14. Arthur & Judge., Εγκυκλοπαίδια του Αυτοκινήτου.
15. Nissan Service Manual For Model B11 & N12.

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

16. <http://iceal.wikidot.com/vasikes-arches-leitoyrgias-katataxi>
17. http://imarinakis.webs.com/engines_otto.htm
18. http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2010-2011/ErgasiesAtaxi-2010/KINHTHRESvathis.htm#_Toc284458234
19. http://atermonkoxlias.blogspot.gr/2011/04/blog-post_23.html
20. <http://www.infobeto.com/forum/f17/mazda-rx-8-amp-peristrofikos-kinitiras-wankel-71907/>
21. <http://pechliivanoglou.com/sites/default/files/files/InnovativeEngines.pdf>
22. <http://www.caroto.gr/2009/03/22/engines-layout/>
23. <http://www.animatedengines.com/>
24. <http://r19club.com/el/%CE%BC%CE%BF%CF%84%CE%AD%CF%81/disposicao-dos-cilindros/>
25. <http://www.m3.tuc.gr/ANAGNWSTHRIO/Drawing/THEORIA/KOXLIOSYNDES EIS.html>
26. <http://www.mech.upatras.gr/~papado/CAMD/8.Pres.pdf>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16 : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΧΕΔΙΩΝ

