



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ
ΜΗΧΑΝΕΣ

ΤΟΜΟΣ Β'



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγένιδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκαποντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρωμένα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος Κ. Α. Μανάφης, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, Γεώργιος Ανδρεάκος.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, Μιχαήλ Σπετσιέρης (1956-1959), Νικόλαος Βασιώτης (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Παναγιώτης Χατζηιωάννου (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Αλέξανδρος Ι. Παπατάς (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, Χρυσόστομος Καβουνίδης (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, Γεώργιος Ρούσσος (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος Παπαδεσσόδοσσος (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Ιγνάπος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταματίου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γκλαβάς (1989-1993), Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

I Δ Ρ Υ Μ Α Ε Υ Γ Ε Ν Ι Δ Ο Υ
Β Ι Β Λ Ι Ο Θ Η Κ Η Τ Ο Υ Τ Ε Χ Ν Ι Κ Ο Υ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Φ. ΔΑΝΙΗΛ

ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ (Τ) ε. α.

Πρώην καθηγητή Σχολής Ν. Δοκίμων
(Μηχανικών) και Σχολής Δοκίμων
Σημαιοφόρων Λιμ. Σώματος

ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΥ Κ. ΡΕΒΙΔΗ

ΑΝΤΙΠΛΟΙΑΡΧΟΥ (Τ) ε. α.

K I N H T H R I E S

M H X A N E S

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ



AΘΗΝΑ
1998

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι κινητήριες μηχανές, όπως είπαμε και στον πρόλογο του Α' τόμου, αποτελούν κατηγορία μηχανών ιδιαίτερης σημασίας, γιατί με αυτές ενέργεια άλλων μορφών μετατρέπεται σε πολύτιμη κινητική ενέργεια, η οποία αναλίσκεται για την κίνηση οχημάτων, πλοίων, αεροπλάνων, εργομηχανών και διαφόρων άλλων ποικίλων μηχανισμών.

Στο δεύτερο αυτό τόμο (υπάρχει και τρίτος) εκτίθενται με τρόπο κατάλληλο για τους τεχνικόδύς, για τους οποίους και προορίζεται, όλα όσα αφορούν τους Ατμοστρόβιλους, τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως και τις Αεριομηχανές.

Από τους εφευρέτες και κατασκευαστές των μηχανών καταβάλλεται συνεχώς κάθε προσπάθεια, ώστε όσο το δυνατόν:

- Ο βαθμός αποδόσεώς τους να είναι μεγαλύτερος.
- Να έχουν μεγαλύτερη αντοχή και διάρκεια ζωής.
- Να υφίστανται λιγότερες και σπανιότερες βλάβες,

γιατί οι τρεις αυτοί παράγοντες ακριβώς αποτελούν την ποιότητα μιας μηχανής.

Είναι φανερό όμως ότι οι παράγοντες αυτοί δεν εξαρτώνται μόνο από την κατασκευή της μηχανής, αλλά και από τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθεί και θα συντηρηθεί, την ευθύνη δε λειτουργίας και συντηρήσεως έχει ο τεχνικός. Άρα, αν ο τεχνικός γνωρίζει καλά τη δομή της όλης μηχανής, κάθε οργάνου της, το σκοπό που εκπληρώνει και τον τρόπο λειτουργίας του, μπορεί να συντελέσει σημαντικά στην υψηλή απόδοσή της και στην καλή της συντήρηση.

Γι' αυτό πρέπει ο σπουδαστής να προσπαθήσει να καταλάβει καλά αυτό το βιβλίο, γιατί η απλή απομνημόνευση δεν θα του χρησιμεύσει σε τίποτα στην πράξη.

Η αναλυτική ύλη του παρόντος τόμου ανταποκρίνεται προς την προδιαγραφόμενη ως διδακτέα ύλη στους Τεχνικούς από το Υπουργείο Παιδείας.

Αποφύγαμε κατά τη συγγραφή τις γενικές θεωρίες, οι οποίες παρουσιάζουν δυσκολία για τους σπουδαστές. Όσες όμως από

αυτές κρίθηκαν αναγκαίες για την πλήρη κατανόηση κάθε θέματος, δόθηκαν με τον απλούστερο δυνατό τρόπο, αφού συνδέθηκαν κατάλληλα με τις γενικές γνώσεις από τη Φυσική και τη Χημεία.

Υπάρχει μεγάλος αριθμός σχημάτων και εικόνων με σκοπό να διευκολυνθεί η κατανόηση κάθε αντικειμένου που αναπτύσσεται και έτσι να αποφευχθούν οι μακρές και πολύπλοκες περιγραφές.

Νομίζουμε ότι και ο τόμος αυτός, πέρα από τη σχολική διδασκαλία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από οποιονδήποτε ειδικό ή μη, ο οποίος θα επιθυμούσε να έχει ολοκληρωμένες έννοιες των αντικειμένων του μεγάλου πεδίου της Μηχανολογίας. Παράλληλα μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στην προαγωγή των γνώσεων των Τεχνικών σε βαθμό, ώστε να αποτελέσουν αυτοί ενεργό πράγματα για την Τεχνική εξέλιξη και Βιομηχανική πρόοδο της χώρας μας.

Αν το τελευταίο αυτό επιτευχθεί, θα αποτελέσει τη μεγαλύτερη όντως ικανοποίηση για εμάς.

Οι Συγγραφείς

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

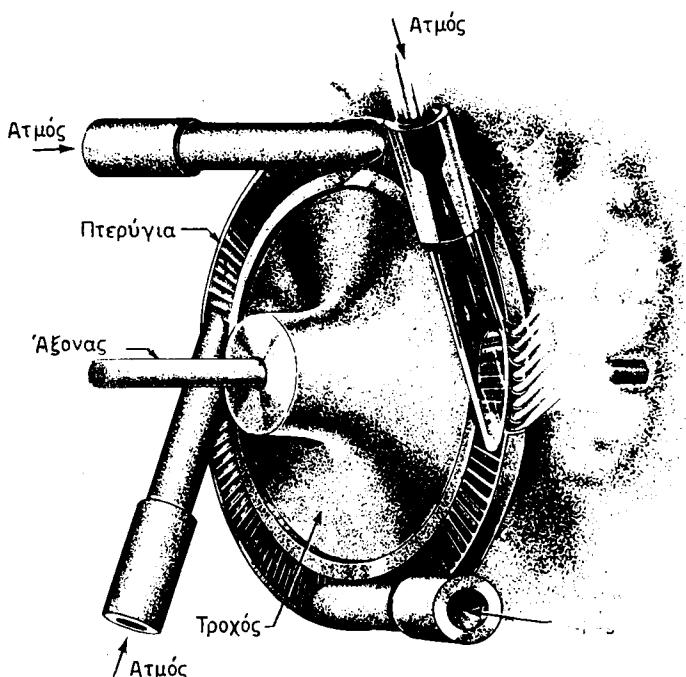
ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΔΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 47

47.1 Γενικά.

Ο ατμοστρόβιλος (τουρμπίνα) είναι θερμική μηχανή, η οποία ανήκει στην κατηγορία των μηχανών εξωτερικής καύσεως και μετατρέπει την ενέργεια του ατμού σε αφέλιμο μηχανικό έργο.

Στη συνηθισμένη μορφή του ο ατμοστρόβιλος αποτελείται από έναν άξονα, επάνω στον οποίο προσαρμόζονται ένας ή περισσότεροι **τροχοί με πτερύγια** στην περιφέρειά τους (σχ. 47.1). Αντί για τροχούς μπορεί να προσαρμοσθεί επάνω στον



Σχ. 47.1.

άξονα **τύμπανο**. Επίσης να κατασκευασθεί το τύμπανο ολόσωμο μαζί με τον άξονα. Επάνω στο τύμπανο υπάρχουν επίσης σειρές πτερυγίων διατεταγμένες περιφερειακά. Σε αλλες κατασκευές τέλος υπάρχει συνδυασμός τροχών και τυμπάνου επάνω σε κοινό άξονα.

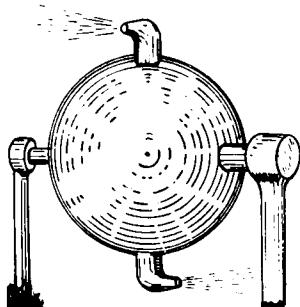
Στα πτερύγια του στροβίλου πέφτει ο ατμός, ο οποίος, λόγω της ταχύτητας ή της εκτονωτικής του δυνάμεως, προκαλεί την περιστροφή του άξονα, από τον οποίο και λαμβάνεται το κινητήριο έργο.

Η κίνηση του ατμοστροβίλου είναι πάντοτε περιστροφική, δηλαδή τελείως διαφορετική από την κίνηση, που εκτελούν τα μέρη της παλινδρομικής ατμομηχανής. Η χρησιμοποίηση του ατμού εξ άλλου στη μεν παλινδρομική μηχανή συνίσταται σε εκμετάλλευση της θερμικής και της δυναμικής ενέργειας του ατμού, δηλαδή της πιέσεως του, στο δε ατμοστρόβιλο της θερμικής και κινητικής ενέργειάς του, δηλαδή της ταχύτητάς του.

Ο ατμοστρόβιλος, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του, χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια για την παραγωγή έργου σε μεγάλα εργοστάσια, πλοία κ.λπ., έχει δε εκτοπίσει σχεδόν τελείως, τουλάχιστον στις περιπτώσεις εγκαταστάσεων μεγάλης ιπποδυνάμεως, την παλινδρομική μηχανή.

47.2 Εξέλιξη του ατμοστροβίλου.

Η ιδέα χρησιμοποιήσεως του ατμού με τρόπο παρόμοιο με αυτόν, ο οποίος εφαρμόζεται σήμερα στους στροβίλους, οφείλεται στον Αλεξανδρινό μαθηματικό και φυσικό Ἡρωνα, ο οποίος κατασκεύασε συσκευή, που ονομάζεται **σφαιρα του Ἡρωνα** (σχ. 47.2α). Με χυτήν ο Ἡρων απέβλεπε σε εκμετάλλευση της ενέργειας, η οποία τροκύπτει από την αντίδραση της ροής του ατμού.



Σχ. 47.2α.

Για αιώνες στη συνέχεια οι μηχανικοί προσπάθησαν να θέσουν υπό έλεγχο την ενέργεια του ατμού για παραγωγή έργου με διάφορες επινοήσεις, χωρίς ιδιαίτερη όμως πρακτική αξία.

Μια αξιόλογη προσπάθεια αποτελεί, η κατασκευή του Ιταλού καλλιτέχνη και μηχανικού Leonardo da Vinci, η οποία ήταν από χαλκό και έμοιαζε με κάννη πολυβόλου, έριχνε δε σφαιρικά βλήματα βάρους 30 kg περίπου με την ενέργεια του ατμού. Ο απαιτούμενος ατμός για τη λειτουργία της παράγεται με εκτόξευση νερού στα εσωτερικά τοιχώματα κλειστού δοχείου, τα οποία θερμαίνονταν εξωτερικά. Η απότομη ατμοποίηση και εκτόνωση του ατμού προκαλούσε την εκσφενδόνιση της σφαίρας.

Μια άλλη προσπάθεια κατά το 1601 αποδίδεται στον Ιταλό Giovanni Battista Della Porta, ο οποίος, εφαρμόζοντας την αρχή της σφαίρας του 'Ηρωνα, χρησιμοποίησε τον παραγόμενο ατμό για την ανύψωση νερού και κατάθλιψή του σε ένα ορισμένο ύψος.

Άλλες παρόμοιες προσπάθειες είναι των Γάλλων Florence Raivault κατά το 1605 και Solomon De Caus το 1615.

Η πιο αξιόλογη πάντως συσκευή υπήρξε του Ιταλού σοφού Ciovanni Di Branca το 1629, ο οποίος χρησιμοποίησε την ενέργεια του ατμού για την κίνηση τροχού, που είχε πτερύγια στην περιφέρειά του (σχ. 47.2β).

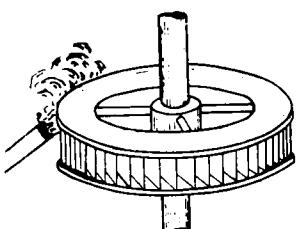
Ο μεγάλος Άγγλος φυσικός Isaac Newton σκέφθηκε επίσης να κινήσει άμαξα με εκτόξευση ατμού από αυτήν προς τα πίσω.

Οι προαναφερθείσες εργασίες δεν βρήκαν πρακτική εφαρμογή (λόγω ελλείψεως τεχνικών μέσων κατά την εποχή εκείνη), μέχρις ότου το 1883 ο Σουηδός μηχανικός de Laval κατασκεύασε τον πρώτο ατμοστρόβιλο από έναν τροχό με πτερύγια, ο οποίος περιστρέφονταν με ταχύτητα 25.000 στροφών ανά λεπτό (r.p.m.).

Ταυτόχρονα σχεδόν το 1884 ο Άγγλος μηχανικός Parson κατασκεύασε στρόβιλο, στον οποίο εφαρμόσθηκε επιτυχώς η υπό του ατμού παραγωγή έργου σύμφωνα με την αρχή της αντιδράσεως.

Τον τροχό de Laval αργότερα τελειοποίησε ο Αμερικανός μηχανικός Charles Gordon Curtis που κατασκεύασε τον ομώνυμο στρόβιλο Curtis ή στρόβιλο δράσεως.

Στα επόμενα χρόνια ο στρόβιλος υπέστη πολλές τροποποιήσεις και

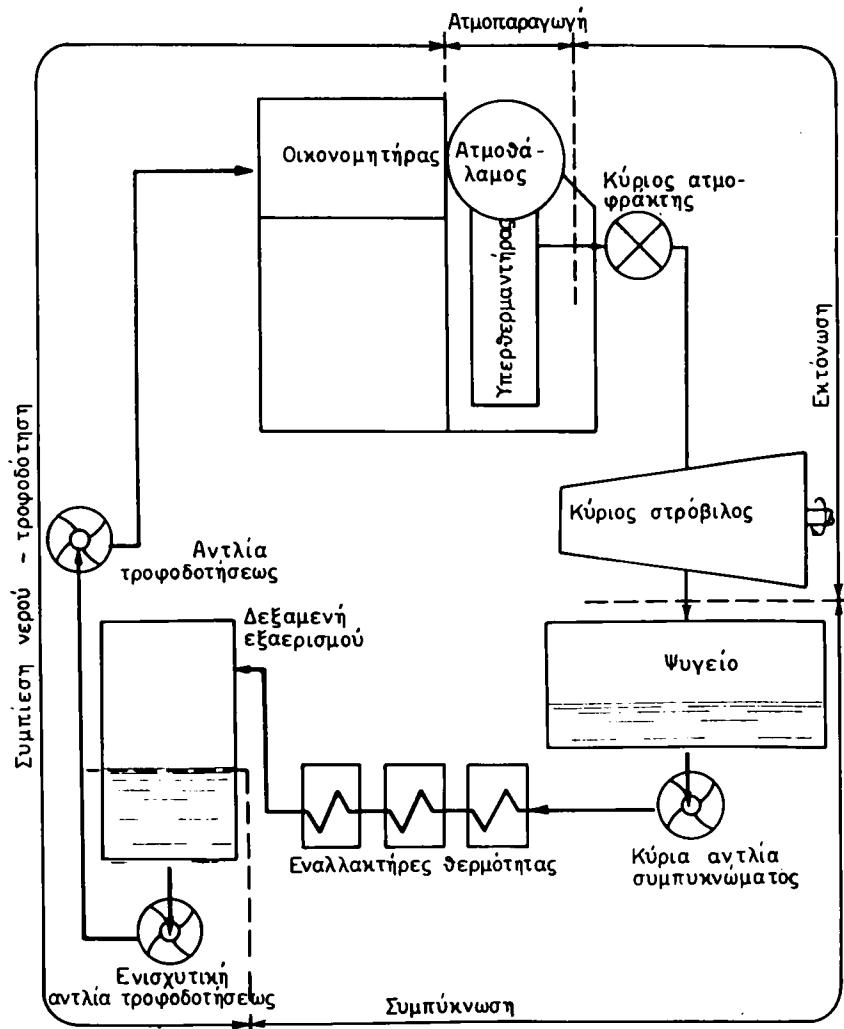


Σχ. 47.2β.

τελειοποίησεις και πήρε αξιόλογη θέση στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις ξηράς και στα πλοία όπως θα δούμε.

47.3 Το κύκλωμα λειτουργίας του ατμοστροβίλου.

Το σχήμα 47.3 παριστάνει διαγραμματικά στην απλή του μορφή το κύκλωμα λειτουργίας μιας σύγχρονης εγκαταστάσεως ατμοστροβίλου.



Σχ. 47.3.

Εργαζόμενη ουσία είναι το νερό, το οποίο υποβάλλεται σε αλλαγές της φυσικής του καταστάσεως από νερό σε ατμό και αντιστρόφως με καθορισμένο τρόπο, με σκοπό την παραγωγή έργου.

Οι βασικές διαδοχικές φάσεις λειτουργίας στο κύκλωμα αυτό, είναι οι εξής τέσσερις:

α) Η **συμπίεση** του νερού μέχρι να φθάσει σε πίεση υψηλότερη από αυτήν που επικρατεί μέσα στο λέβητα και η **τροφοδότηση** του τελευταίου, δηλαδή του λέβητα.

β) Η **απομονωγή** με θέρμανση του νερού στο λέβητα.

γ) Η **εκπόνωση** του ατμού μέσα στο στρόβιλο και η παραγωγή έργου και

δ) η **συμπύκνωση** του ατμού σε νερό μέσα στο ψυγείο.

Η όλη λειτουργία της εγκαταστάσεως πραγματοποιείται ως εξής:

Η ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως αναρροφάει το νερό από τη δεξαμενή εξαερισμού, η οποία καλείται και **θερμοδοχείο**, και το καταθλίβει στην αναρρόφηση της **αντλίας τροφοδοτήσεως** του λέβητα. Αυτή το συμπιέζει σε πίεση μεγαλύτερη από την πίεση του λέβητα και το καταθλίβει πρώτα στον **οικονομητήρα**, και από κει στο **λέβητα**.

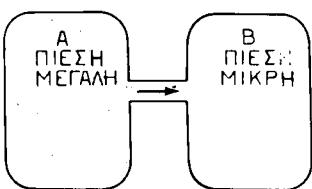
Μέσα στο λέβητα το νερό ατμοποιείται και ως ατμός οδηγείται στον **υπερθερμαντήρα**, από τον οποίο εξέρχεται ως υπέρθερμος.

Ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται στον **κύριο στρόβιλο**, όπου με εκτόνωση παράγει το έργο.

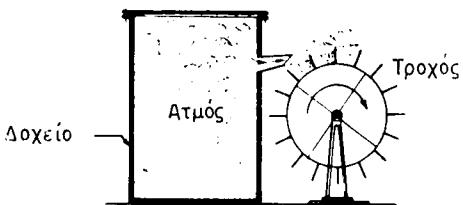
Από το στρόβιλο ο ατμός εισέρχεται με μορφή εξατμίσεων στο **ψυγείο**, όπου συμπυκνώνεται σε νερό. Από εκεί αναρροφάται από την κύρια **αντλία συμπυκνώματος** και καταθλίβεται προς τους **εναλλακτήρες θερμότητας**. Εκεί προθερμαίνεται με ατμό που λαμβάνεται από το στρόβιλο, στη συνέχεια δε οδεύει προς το **θερμοδοχείο**, όπου υποβάλλεται σε εξαερισμό. Το εξαερισμένο νερό συγκεντρώνεται τελικά στον πυθμένα της εξαεριστικής δεξαμενής, από όπου αναρροφάται ξανά από την ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως και αρχίζει η πραγματοποίηση των ιδίων φάσεων του κυκλώματος.

47.4 Η αρχή της δράσεως.

Ας υποθέσουμε ότι στεγανό δοχείο (Α) (σχ. 47.4a) περιέχει ποσότητα ατμού. Ο ατμός ασκεί ορισμένη πίεση στα εσωτερικά τοιχώματα του δοχείου.



Σχ. 47.4α.



Σχ. 47.4β.

Έστω επίσης άλλο δοχείο (B), το οποίο περιέχει ατμό χαμηλότερης πιέσεως από το πρώτο.

Αν φέρομε σε επικοινωνία τα δύο δοχεία, με ένα σωλήνα, θα παρατηρήσουμε ότι από το δοχείο με τη μεγαλύτερη πίεση (A) θα εκρεύσει ατμός προς το δοχείο με τη μικρότερη (B).

Κατά τη ροή του αυτή ο ατμός εκτονώνεται και γι' αυτό αποκτάει μια ταχύτητα. Η πόσοτητα του ατμού, η οποία διέρχεται μέσα από το σωλήνα, εξαρτάται από αυτή την ταχύτητα και από το μέγεθος της διατομής του σωλήνα. Η ταχύτητα ροής πάλι είναι συνάρτηση της διαφοράς πιέσεων των δοχείων (A) και (B).

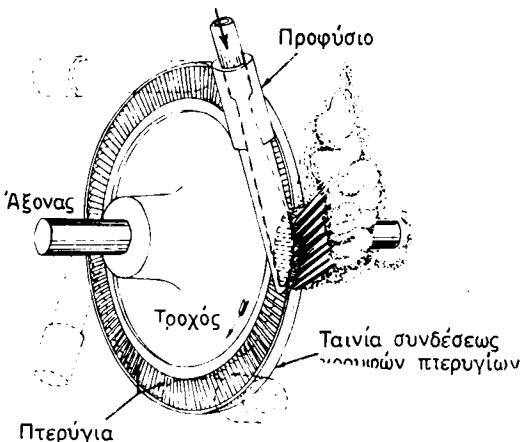
Με το πείραμα αυτό αντιλαμβανόμαστε αμέσως ότι η διαφορά πιέσεως μετατρέπεται σε ταχύτητα του ατμού, εξηγείται δε το φαινόμενο, με βάση όσα γνωρίζομε, ως εξής:

Ο ατμός, ορισμένης πιέσεως και θερμοκρασίας περιέχει **θερμική ενέργεια** (θερμότητα) τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση και η θερμοκρασία του. Επομένως κατά τη ροή του ατμού μέσα από το σωλήνα, και εφ' όσον ελαττώνεται η πίεσή του, ελαττώνεται αντίστοιχα και η θερμική του ενέργεια. Το ποσόν, κατά το οποίο ελαττώνεται η θερμική του ενέργεια, δεν χάνεται (Α' Θερμοδυναμικός νόμος), αλλά προκαλεί την αύξηση της ταχύτητας του ατμού, δηλαδή μετατρέπεται σε **κινητική ενέργεια** αυτού.

Εάν στη φλέβα της ροής του ατμού παρεμβάλομε ένα αντικείμενο, τότε ο ατμός που ρέει θα ασκήσει σ' αυτό μια δύναμη. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **δράση** του ατμού.

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η έννοια της δράσεως και το αποτέλεσμά της, ας λάβομε ένα δοχείο (Δ) που περιέχει ατμό (σχ. 47.4β) και ας υποθέσουμε ότι μπροστά από το στόμιο εκροής τοποθετούμε ένα τροχό με πτερύγια ακτινικά τοποθετημένα στην περιφέρειά του.

Είναι φανερό ότι από τη δράση του ατμού επάνω στο πρώτο



Σχ. 47.4γ.

πτερύγιο θα περιστραφεί λίγο ο τροχός. Κατόπιν θα ἔρθει μπροστά από το στόμιο εκροής το επόμενο πτερύγιο, στη συνέχεια το τρίτο κ.ο.κ., ώστε τελικά, εφ' όσον θα υπάρχει ροή ατμού, θα συνεχίζεται και η περιστροφική κίνηση του τροχού.

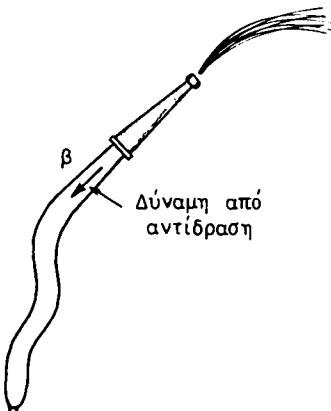
Η διάταξη αυτή αποτελεί και την απλή μορφή ενός **στροφοβίου δράσεως** (σχ. 47.4γ) (βλ. Κεφ. 52).

47.5 Η αρχή της αντιδράσεως.

Είδαμε ότι, (παράγρ. 47.4), καθώς ο ατμός ρέει από ένα στόμιο, εκτονώνεται και αποκτάει ταχύτητα, δηλαδή κινητική ενέργεια, με την οποία και ασκεί τη δύναμη δράσεως.

Γνωρίζομε όμως από τη Φυσική ότι για κάθε δύναμη ή δράση υπάρχει πάντοτε μια δύναμη ίση και αντίθετη, δηλαδή η **αντιδραστήρας**.

Ως παράδειγμα από τη Φυσική ας θεωρήσομε ότι κρατάμε ένα ακροσωλήνιο, από το οποίο εκτοξεύεται νερό με υψηλή ταχύτητα (σχ. 47.5α). Αισθανόμαστε τότε στα χέρια μας κατά την εκροή του νερού μια δύναμη ή άθηση αντίθετη από την κατεύθυνση, προς την οποία εκτοξεύεται το νερό, δηλαδή κατά την έννοια του βέλους (β) στο σχήμα. Αυτό μας αναγκάζει να καταβάλομε και εμείς ανάλογη δύναμη, ώστε να κρατήσομε το ακροσωλήνιο σταθερό. Η δύναμη αυτή, κατά την έννοια του βέλους, είναι η δύναμη αντιδράσεως, που αναπτύσσεται λόγω της εκροής του νερού.



Σχ. 47.5α.



Σχ. 47.5β.

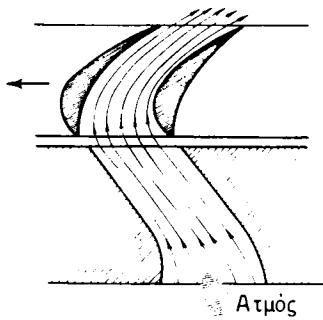
Ας υποθέσουμε τώρα (σχ. 47.5β) ότι έχομε ένα κοίλο τροχό (Δ) στεγανό, ο οποίος μπορεί να περιστραφεί γύρω από οριζόντιο άξονα και ότι στην περιφέρεια του τροχού αυτού υπάρχουν δύο ή περισσότερα στόμια εκροής (δ_1 - δ_2). Έστω επίσης ότι ο άξονας του δοχείου είναι κοίλος και ότι μέσα από αυτόν στέλνεται συνεχώς στο εσωτερικό του τροχού, ατμός με υψηλή πίεση.

Θα παρατηρήσουμε τότε ότι ο ατμός εξέρχεται με μεγάλη ταχύτητα από τα δύο στόμια, ο δε τροχός περιστρέφεται, λόγω των δυνάμεων αντιδράσεως της εκροής, κατά την έννοια του βέλους (a), δηλαδή αντίθετα από την κατεύθυνση εκροής του ατμού από τα στόμια.

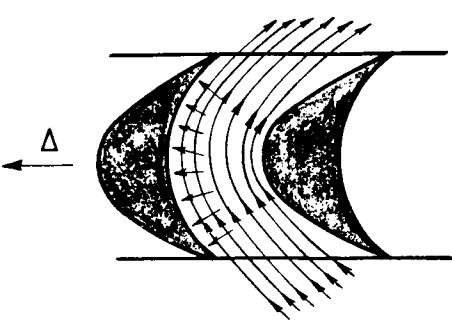
Στην αρχή της αντιδράσεως στηρίζεται η κατασκευή των **στροβίλων αντιδράσεως**. Σ' αυτούς για παραγωγή έργου χρησιμοποιείται η δύναμη αντιδράσεως του ατμού, καθώς αυτός εκτονώνεται ρέοντας από στόμια.

Στην πραγματικότητα στους στροβίλους αυτούς αντί για στόμια υπάρχουν πτερύγια, τα οποία σχηματίζουν μεταξύ τους αυλάκια, με τη μορφή των στομάτων (σχ. 47.5γ). Στην παράγραφο 53.1 και εξής θα εξηγήσουμε πώς λειτουργούν οι στρόβιλοι αυτοί.

Το σχήμα 47.5γ παριστάνει ακριβώς σε κάτοψη την είσοδο του ατμού μέσα σε ένα αυλάκι, που σχηματίζεται μεταξύ δύο πτερυγίων. Μέσα στο αυλάκι ο ατμός εκτονώνεται και αναπτύσσει δύναμη αντιδράσεως αντίθετη προς τη διεύθυνση



Σχ. 47.5γ.



Σχ. 47.5δ.

εκροής. Η δύναμη αυτή αντιδράσεως προκαλεί την περιστροφή του στροβίλου κατά την έννοια του βέλους.

Για να πραγματοποιηθεί η εκτόνωση του ατμού μέσα στο αυλάκι, κατασκευάζονται έτσι, ώστε η διατομή του να είναι μεγαλύτερη στην εισαγωγή του ατμού και μικρότερη στην εξαγωγή. Έτσι ο ατμός εκτονώνεται και αποκτάει αυξημένη ταχύτητα εξόδου, από την οποία δημιουργείται και η δύναμη αντιδράσεως και από αυτήν πάλι η περιστροφή του τροχού.

Η δύναμη αντιδράσεως υπάρχει πάντοτε σε όλες τις περιπτώσεις, κατά τις οποίες το ρευστό εξέρχεται με ταχύτητα εξόδου μεγαλύτερη από αυτή της εισόδου στο αυλάκι ή το στόμιο. Παρόμοια όμως δύναμη (Δ) παράγεται επίσης και όταν ένα ρευστό διέρχεται από στόμιο ή αυλάκι, μέσα στα οποία αλλάζει διεύθυνση ροής (σχ. 47.5δ). Είναι τότε αυτή ίση με τη συνισταμένη όλων των μικρών φυγοκεντρικών δυνάμεων, που παράγονται στο κοίλωμα των πτερυγίων, καθώς το ρευστό διαγράφει καμπύλη τροχιά μέσα στο αυλάκι.

Τα διάφορα στόμια εκροής, από τα οποία ο ατμός εξέρχεται, για να εισέλθει στο στρόβιλο, τα ονομάζομε γενικά **προφύσια ή ακροφύσια**.

47.6 Ορισμός στροβίλων δράσεως και αντιδράσεως. Βαθμός αντιδράσεως.

Μετά από όσα είπαμε μέχρι τώρα, ονομάζομε **στροστρόβιλο** τη θερμική μηχανή εξωτερικής καύσεως, στην οποία ο ατμός διέρχεται από κατάλληλα στόμια ή οχετούς, τα **ακροφύσια**, όπου **μέρος της θερμικής και δυναμικής του ενέργειας μετατρέ-**

πέται σε κινητική, η οποία μετατρέπεται στη συνέχεια σε έργο. Η μετατροπή αυτή της ενέργειας γίνεται με ένα από τους εξής δύο τρόπους:

α) Με κατεύθυνση της φλέβας του εκτονούμενου ατμού από τα ακροφύσια έτσι, ώστε να πέφτει με ταχύτητα επάνω στα πτερύγια που είναι προσαρμοσμένα στην περιφέρεια ενός τροχού. Έτσι με τη **δράση** του ατμού προκαλείται η περιστροφή του τροχού. Οι στρόβιλοι αυτοί λέγονται στρόβιλοι **δράσεως**. Αξιοσημείωτο σ' αυτούς είναι ότι, όταν ο ατμός διέρχεται από τα αυλάκια και μεταξύ των πτερυγίων τους, η πίεσή του παραμένει αμετάβλητη, δηλαδή μέσα σ' αυτά καμιά **εκτόνωση** του ατμού δεν γίνεται, η δε ενέργεια του ατμού συνίσταται σε δράση μόνο, λόγω της ταχύτητας, την οποία έχει αποκτήσει κατά τη διέλευσή του από τα ακροφύσια.

β) Με χρησιμοποίηση της δυνάμεως **αντιδράσεως** του ατμού, η οποία αναπτύσσεται κατά τη διέλευση του ατμού από τα αυλάκια των πτερυγίων. Οι στρόβιλοι αυτοί καλούνται στρόβιλοι **αντιδράσεως**. Αξιοσημείωτο σ' αυτούς είναι ότι η πίεση του ατμού πριν από την είσοδό του σε κάθε πτερύγωση είναι μεγαλύτερη από την πίεση κατά την έξοδό του από αυτή. Επομένως μέσα στα αυλάκια των πτερυγίων ο ατμός υφίσταται μια εκτόνωση, από την οποία και αναπτύσσεται η δύναμη της αντιδράσεως, που περιστρέφει το τύμπανο.

Η πραγματική τώρα ενέργεια του ατμού στους στροβίλους δεν συνίσταται σε μεμονωμένη **δράση** ή **αντιδραση**, αλλά σε **συνδυασμό και των δύο αυτών δυνάμεων**.

Η διαφορά επομένως μεταξύ των δύο κατηγοριών στροβίλων είναι ότι **στους στροβίλους δράσεως η πίεση του ατμού κατά τη διόδο του από τα κινητά πτερύγια παραμένει αμετάβλητη, ενώ στους στροβίλους αντιδράσεως ελαττώνεται, ώστε η πτώση αυτή της πίεσεως να προκαλέσει την εκτόνωση του ατμού**, από την οποία γίνεται πιο φανερό το έργο, που παράγεται από την αντίδραση.

Για πιο εύκολη διάκριση των στροβίλων μεταξύ τους παραδεχόμαστε ότι στους στροβίλους δράσεως το έργο παράγεται μόνο από τη δράση του ατμού, ενώ στους στροβίλους αντιδράσεως από συνδυασμό δράσεως και αντιδράσεως.

Είναι φανερό από τα πιο πάνω ότι και στους στροβίλους αντιδράσεως, δεν υφίσταται στην πραγματικότητα καθαρή αντίδραση, αλλά το έργο, που αναπτύσσεται μέσα στην κινητή πτερύγωση τους, οφείλεται κατά ένα μέρος σε δράση και κατά το υπόλοιπο σε αντίδραση.

Το πηλίκον του έργου, το οποίο παράγεται από αντίδραση μέσα στην κινητή πτερύγωση του στροβίλου αντιδράσεως, σε σχέση προς το συνολικό έργο, που παράγεται μέσα σ' αυτήν λόγω δράσεως και αντιδράσεως, ονομάζεται **βαθμός αντιδράσεως**.

Ο βαθμός αντιδράσεως έχει συνήθως περίπου την τιμή 0,5. Αυτό σημαίνει ότι μέσα στο στρόβιλο αντιδράσεως το παραγόμενο έργο οφείλεται περίπου κατά 50% σε δράση και 50% σε αντίδραση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 48

ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

48.1 Στροφείο και κέλυφος.

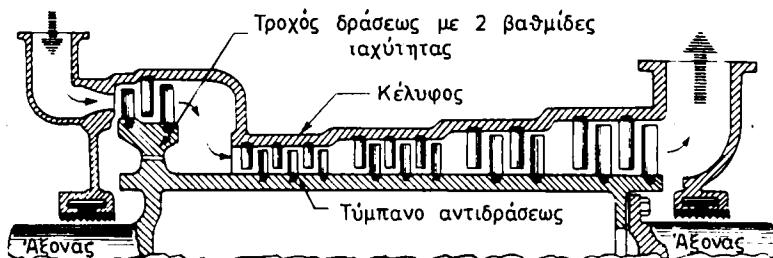
Τα δύο κύρια μέρη ενός ατμοστροβίλου είναι το κινητό μέρος, το οποίο ονομάζεται **στροφείο**, και το σταθερό, το οποίο ονομάζεται **κέλυφος** και περιβάλλει το στροφείο.

Το **στροφείο** αποτελείται από έναν **άξονα**, επάνω στον οποίο προσαρμόζονται ένας ή περισσότεροι **τροχοί**. Στην περιφέρεια των τροχών, τη στεφάνη όπως λέγεται, στερεώνονται τα κινητά **πτερύγια**. Η μορφή αυτή του στροβίλου αποτελεί το λεγόμενο **στρόβιλο δράσεως**, και γι' αυτό οι τροχοί αποκαλούνται **τροχοί δράσεως**.

Στους στροβίλους αντιδράσεως, επάνω στον άξονα προσαρμόζεται ένα **τύμπανο** και γύρω από αυτό στερεώνονται σε περιφερειακές σειρές τα **κινητά πτερύγια**. Το τύμπανο αυτό αποκαλείται **τύμπανο αντιδράσεως**.

Τέλος συναντάται και συνδυασμός τροχών και τυμπάνου, οπότε έχομε το μικτό **στρόβιλο δράσεως - αντιδράσεως**.

Στο σχήμα 48.1 παριστάνεται σε ημιτομή ένας μικτός στρόβιλος με τροχό δράσεως και τύμπανο αντιδράσεως, ο οποίος και αποτελεί γενικότερα μορφή των δύο ειδικών μορφών, δηλαδή του στροβίλου δράσεως και του στροβίλου αντιδράσεως μεμονωμένα.



Σχ. 48.1.

Επάνω στα πτερύγια του στροφείου ενεργεί, όπως είναι γνωστό, ο ατμός και προκαλεί τήν περιστροφή του.

Το **κέλυφος** αντίστοιχα περιβάλλει κατάλληλα το στροφείο (σχ. 48.1). Αποτελείται από δύο **ημικέλυφη**, το **άνω** και **κάτω**, τα οποία καταλήγουν κατάλληλα σε **περισυχένια** (φλάντζες), που συνδέονται μεταξύ τους ισχυρά με κοχλίες. Έτσι διαμορφώνεται η εσωτερική κοιλότητα, μέσα στην οποία τοποθετείται και περιστρέφεται το στροφείο. Το άνω μέρος του κελύφους ανυψώνεται εύκολα.

Στο άνω ημικέλυφος τοποθετούνται από τη μια πλευρά οι οχετοί, οι οποίοι οδηγούν τον ατμό στο στρόβιλο, και τα στόμια ή **προφύστα** ή **ακροφύστα**, από τα οποία ο ατμός διέρχεται και αποκτάει ταχύτητα, για να ενεργήσει στη συνέχεια στα πτερύγια. Τα προφύστα αυτά καταλαμβάνουν πιο συχνά ένα τόξο μόνο της περιφέρειας του κελύφους. Από την άλλη πλευρά του άνω ημικέλυφους υπάρχει ο οχετός των **εξαπιστεων** προς το ψυγείο.

Εσωτερικά στο κέλυφος σε όλη του την επιφάνεια ή σε τόξο μόνο αυτής τοποθετούνται τα σταθερά πτερύγια σε περιφερειακές σειρές διατεταγμένα και αντίστοιχα προς τις σειρές των κινητών πτερυγίων.

'Οσα από τα σταθερά πτερύγια αντιστοιχούν σε τροχούς **δράσεως**, χρησιμεύουν για να κατευθύνουν κατάλληλα τον ατμό, και λέγονται **οδηγητικά**. 'Οσα αντιστοιχούν στο τύμπανο αντιδράσεως είναι εκτονωτικά και λέγονται **σταθερά πτερύγια αντιδράσεως**.

Στο πρόσθιο και το οπίσθιο άκρο του κελύφους και εκεί, όπου ο άξονας το διαπερνά, τοποθετείται κατάλληλο σύστημα στεγανότητας, ώστε αφ' ενός μεν να εμποδίζει τις διαφυγές του ατμού, αφ' ετέρου δε την είσοδο του αέρα.

Το κάτω ημικέλυφος του στροβίλου στηρίζεται στη βάση του. Στα δύο άκρα του σχηματίζονται κατάλληλες υποδοχές για την τοποθέτηση των **τριβέων εδράσεως**. Μέσα σ' αυτούς εδράζεται και περιστρέφεται ο άξονας του στροβίλου και του **τριβέα ισορροπήσεως**, με τον οποίο ρυθμίζεται και διατηρείται η αξονική θέση του στροφείου.

48.2 Τα προφύστα ή ακροφύστα και η ροή του ατμού μέσα από αυτά. Μορφές προφυσίων.

Τα ακροφύστα είναι τα **όργανα παραγωγής της ταχύτητας** του ατμού.

Η ταχύτητα αυτή αναπτύσσεται, καθώς ο ατμός από χώρο μεγάλης πιέσεως εισέρχεται μέσω των ακροφυσίων προς χώρο μικρότερης πιέσεως.

Σε πολλές περιπτώσεις, όπως π.χ. στους ατμοστροβίλους αντιδράσεως, αντί για ακροφύσια χρησιμοποιούνται **σταθερά πτερύγια** (μεταξύ των οποίων σχηματίζονται αυλάκια με κατάληη μορφή), τα οποία και ενεργούν ως ακροφύσια.

Τα ακροφύσια έχουν διάφορα σχήματα, βασικά όμως η επιδρασή τους στον ατμό, ο οποίος διέρχεται μέσω αυτών, είναι η ίδια.

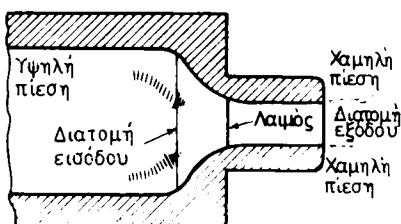
Χαρακτηρίζονται γενικά από τη **διατομή εισόδου** του ατμού, το **λαιμό** ή **λάρυγγα** και τη **διατομή εξόδου** του ατμού.

Το σχήμα 48.2α παριστάνει σε τομή ένα ακροφύσιο, το οποίο ειδικότερα λέγεται **συγκλίνον**.

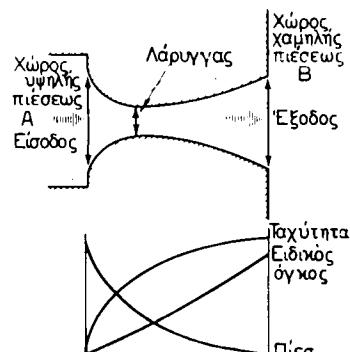
Αυτό είναι κατασκευασμένο έτσι, ώστε η διατομή του να ελαττώνεται λίγο λίγο από την είσοδο μέχρι το λαιμό, να διατηρείται δε στη συνέχεια σταθερή μέσα στο λαιμό μέχρι το σημείο της εξόδου.

Το ακροφύσιο λαμβάνει τη μορφή αυτή, όταν η πίεση εξόδου δεν είναι πολύ μικρότερη από την πίεση της εισόδου. Όταν όμως είναι πολύ μικρότερη, τότε το ακροφύσιο παίρνει τη μορφή του σχήματος 48.2β και καλείται ειδικότερα **συγκλίνον - αποκλίνον** ακροφύσιο. Σ' αυτό η διατομή μεγαλώνει προσδεutικά από το λαιμό ή λάρυγγα μέχρι το σημείο εξόδου του ατμού.

Οι μεταβολές της πιέσεως, της ταχύτητας και του ειδικού όγκου του ατμού μέσα στο συγκλίνον - αποκλίνον ακροφύσιο παριστάνονται στο διάγραμμα του σχήματος 48.2β.



Σχ. 48.2α.



Σχ. 48.2β.

Η μορφή των καμπυλών αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαφορά πιέσεως μεταξύ των χώρων (A) και (B), επίσης δε ανάλογα με τις εγκάρσιες διατομές του ακροφυσίου, προς το μήκος αυτού και τη γωνία, την οποία σχηματίζουν τα τοιχώματα του αποκλίνοντος μέρους του ακροφυσίου. 'Οσο μικρότερη είναι η γωνία αυτή και μεγαλύτερο το μήκος του ακροφυσίου, τόσο ομαλότερη, δηλαδή χωρίς αποκολλήσεις, είναι και η ροή του ατμού μέσα από το αποκλίνον τμήμα του ακροφυσίου.

Από τη Φυσική γνωρίζομε ότι η κινητική ενέργεια της μάζας του ατμού εν κινήσει προκύπτει από τη σχέση:

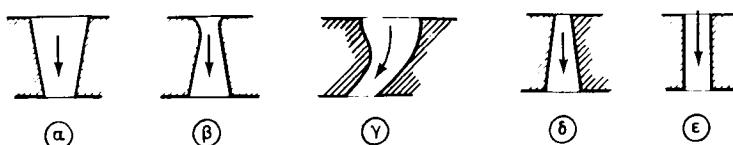
$$E_k = \frac{B \cdot c^2}{2g}$$

όπου: E_k είναι η κινητική ενέργεια σε kgm, B το βάρος του ατμού σε kg, c η ταχύτητα του ατμού σε m/sec και g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας ίση προς $9,81 \text{ m/sec}^2$.

Από τον τύπο αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι μέσα στο ακροφύσιο και όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του ατμού, μεγαλώνει και η κινητική του ενέργεια και μάλιστα ανάλογα προς το τετράγωνο της ταχύτητας. 'Αρα το ακροφύσιο είναι το όργανο, το οποίο μετατρέπει τη θερμική ενέργεια του ατμού σε κινητική, καθώς τον εκτονώνει από υψηλότερες σε χαμηλότερη πίεση.

Το ακροφύσιο επίσης χρησιμεύει, για να οδηγεί και τη φλέβα του ατμού κατάλληλα, ώστε να εισέλθει με την κατάλληλη κατεύθυνση στα αυλάκια των πτερυγίων.

Από σχετικά πειράματα με τη ροή του ατμού μέσα από τα ακροφύσια και με την προϋπόθεση ότι η πίεση του ατμού στο χώρο πριν από την είσοδο στο ακροφύσιο είναι σταθερή, διαπιστώθηκε ότι, εάν το ακροφύσιο είναι **συγκλίνον** [σχ. 48.2γ (α)], τότε, όσο μικρότερη είναι η πίεση εξόδου από αυτό, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ατμού κατά την έξοδό του. 'Οταν όμως η πίεση εξόδου γίνει περίπου 0,56 της πιέσεως του



Σχ. 48.2γ.

χώρου εισόδου, τότε η ταχύτητα του ατμού κατά την έξοδο φθάνει το όριό της. Αυτό σημαίνει ότι όσο και αν ελαττωθεί η πίεση εξόδου κάτω από την τιμή των 0,56 της αρχικής πιέσεως, η ταχύτητα παραμένει σταθερή.

Εάν σύμφωνα με τα παραπάνω p_1 είναι η πίεση εισόδου και p_2 είναι η πίεση εξόδου, τότε, όταν θα γίνει $p_2 = 0,56 p_1$, θα έχουμε τη μεγαλύτερη ταχύτητα εξόδου του ατμού.

Την πίεση αυτή $p_2 = 0,56 p_1$ την ονομάζομε **κρίσιμη πίεση**, τη δε αντίστοιχη ταχύτητα **κρίσιμη ταχύτητα**. Είναι δε η ταχύτητα αυτή περίπου ίση με 450 m/sec, δηλαδή όση η ταχύτητα του ήχου μέσα στο ρευστό, δηλαδή μέσα στον ατμό. Γι' αυτό και καλείται και **ηχητική ταχύτητα**.

Για να είμαστε ακριβείς η κρίσιμη πίεση για τον κεκορεσμένο ατμό είναι 0,577 p_1 , για δε τον υπέρθερμο 0,546 p_1 .

Από αυτά συμπεραίνομε ότι με το συγκλίνον ακροφύσιο δεν μπορούμε να επιτύχουμε ταχύτητες μεγαλύτερες από την κρίσιμη ή όπως καλούνται, **υπέρ - κρίσιμες ή υπερηχητικές**, οι οποίες όμως είναι και αναγκαίες, γιατί **ο βαθμός αποδόσεως του στροβίλου είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του χρησιμοποιούμενου ατμού**.

Ακροφύσια της μορφής αυτής, αλλά με καμπύλο τον άξονα της ροής, τα οποία δίνουν ταχύτητες ατμού μέχρι την κρίσιμη, είναι τα πτερύγια των στροβίλων αντιδράσεως.

Με σκοπό να επιτύχουν τις υπερηχητικές ταχύτητες, οι μηχανικοί έκαναν πολλά πειράματα για να επιτύχουν την κατασκευή καταλλήλων ακροφυσίων.

Ο Σουηδός μηχανικός De Laval κατασκεύασε το **συγκλίνον - αποκλίνον** ακροφύσιο, το οποίο καλείται και **εκτονωτικό ή ακροφύσιο** De Laval. Με αυτό επιτυγχάνονται οι υπερηχητικές ταχύτητες [σχ. 48.2γ (β)].

Σε αυτό, εάν η πίεση εξόδου ελαττωθεί κάτω από την κρίσιμη 0,56 p_1 , τότε στο λαιμό η ταχύτητα έχει την τιμή της κρίσιμης, μετά όμως από αυτόν οι μεν πιέσεις ελαττώνονται σταδιακά μέχρι την έξοδο, λόγω εκτονώσεως του ατμού, οι δε ταχύτητες αυξάνονται αντίστοιχα.

Με το ακροφύσιο αυτό επιτυγχάνονται ταχύτητες υπερηχητικές, οι οποίες φθάνουν σε 800 έως 1.200 m/sec περίπου.

Ο υπολογισμός της ταχύτητας, την οποία αποκτάει ο ατμός με αυτό το ακροφύσιο, γίνεται με τον τύπο:

$$c = 91,5 \sqrt{h}$$

όπου h είναι η διαφορά θερμότητας, που περιέχεται σε 1 kg ατμού πριν και μετά την εκτόνωση ή όπως λέγεται, η **θερμική πτώση** του ατμού.

Ακριβέστερα και επειδή, όταν ο ατμός διέρχεται από το ακροφύσιο, υπάρχουν ορισμένες απώλειες λόγω τριβών, η επιτυγχανόμενη στην πραγματικότητα ταχύτητα βρίσκεται με τον τύπο:

$$c = 91,5 \lambda \sqrt{h},$$

όπου λ είναι ο συντελεστής του ακροφυσίου, που προσδιορίζει άλλως τις απώλειες αυτές και κυμαίνεται περίπου από $0,92 \approx 0,96$.

Υπερκρίσιμες ταχύτητες μπορούμε επίσης να επιτύχομε και με ένα ακροφύσιο συγκλίνον με καμπύλο άξονα, εάν το κόψωμε στην έξοδό του πλαγίως [σχ. 48.2γ(γ)]. Το ακροφύσιο αυτό καλείται **πλαγιοτετρημένο** και η χρήση του είναι αρκετά μεγάλη στους ατμοστραβίλους.

Λίγο υψηλότερες ταχύτητες από την κρίσιμη επιτυγχάνονται και με απλά αποκλίνον ακροφύσιο του σχήματος 48.2γ (δ) λόγω εκτόνωσεως του ατμού μέσα σ' αυτό.

Στο ακροφύσιο σταθερής διατομής [σχ. 48.2γ (ε)] καμιά εκτόνωση δεν επιτυγχάνεται, καλείται δε αυτό **ευθύ** ή **κυλινδρικό** ακροφύσιο.

Ακροφύσια της μορφής αυτής, αλλά με καμπύλο των άξονα ροής, σχηματίζουν τα πτερύγια των στροβίλων δράσεως, τα οποία καλούνται **οδηγητικά**.

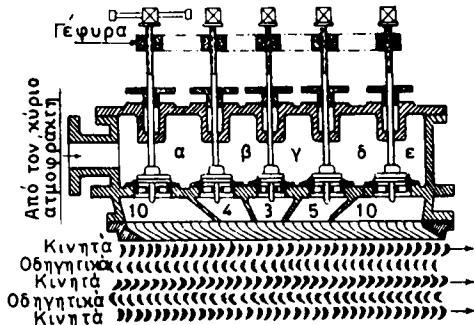
Η κάθετη διατομή επάνω στον άξονα, όλων των ακροφυσίων, τα οποία περιγράφαμε προηγουμένως, παίρνει συνήθως μια από τις μορφές του σχήματος 48.2δ, δηλαδή κυκλική, τετραγωνική ή ορθογωνική αντίστοιχα και ανάλογα με τις περιπτώσεις και τις κατασκευαστικές απαιτήσεις του στροβίλου.

Στο σχήμα 48.2ε δίνεται η διάταξη ενός κιβωτίου 32 συνολικά ακροφυσίων, που αντιστοιχούν σε ένα τόξο μόνο της περιφέρειας του στροβίλου, το οποίο καλείται **τόξο εγκύσεως**.

Τα 32 αυτά ακροφύσια διαιρούνται σε ομάδες των 10, 4, 3, 5 και 10 αντίστοιχα. Κάθε ομάδα εξυπηρετείται από ιδιαίτερη



Σχ. 48.2δ.



Σχ. 48.2ε.

βαλβίδα α, β, γ, δ, ε, ώστε με αυτές να ρυθμίζεται η επιθυμητή δύναμη του στροβίλου. Σ' αυτό το σχήμα ακολουθούν οι διάφορες σειρές πτερυγίων.

48.3 Τα πτερύγια των ατμοστροβίλων.

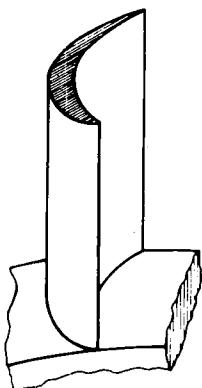
Τα πτερύγια των στροβίλων αποτελούνται από μικρές μεταλλικές ράβδους ειδικού καμπύλου σχήματος και ιδόμορφης διατομής (σχ. 48.3α).

Τα πτερύγια τοποθετούνται επάνω στους τροχούς ή το τύμπανο και σε μικρή απόσταση μεταξύ τους έτσι ώστε μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων να σχηματίζεται αυλάκι ορισμένου σχήματος. Μέσω του αυλακιού διέρχεται ο ατμός, ο οποίος και δρα επάνω σ' αυτά.

'Όταν το αυλάκι έχει σταθερό άνοιγμα, δηλαδή σταθερή ή συμμετρική διατομή, τότε τα πτερύγια λέγονται **πτερύγια δράσεως** [σχ. 48.3β (α)], όταν δε μοιάζει με ακροφύσιο συγκλίνον, τότε λέγονται **πτερύγια αντιδράσεως** [σχ. 48.3β (β)].

Τα πτερύγια διακρίνονται σε **σταθερά** (όσα προσαρμόζονται στο εσωτερικό του κελύφους) και **κινητά** (όσα προσαρμόζονται στο στροφείο).

Από τα σταθερά, όσα χρησιμεύουν, για να κατευθύνουν απλώς τον ατμό, χωρίς δηλαδή μέσα στο αυλάκι τους να μεταβληθεί καθόλου η κατάστασή του (πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα), ονομάζονται **οδηγητικά**, και χρησιμοποιούνται στους στροβίλους δράσεως. 'Οσα αντίθετα έχουν αυλάκια, μέσα στα οποία ο ατμός οδηγείται μεν κατάλληλα, αλλά υφίσταται ταυτόχρονα και εκτόνωση, αποκτώντας υψηλότερη ταχύτητα, καλού-



Σχ. 48.3α.

Πτερύγια

Δράσεως (με στα
θερό άνοιγμα)Αντιδράσεως (με
συγκλίνον άνοιγμα)

(α)

(β)

Σχ. 48.3β.

νται **ΕΚΤΟΝΩΤΙΚΑ**, χρησιμοποιούνται δε στους στροβίλους αντιδράσεως.

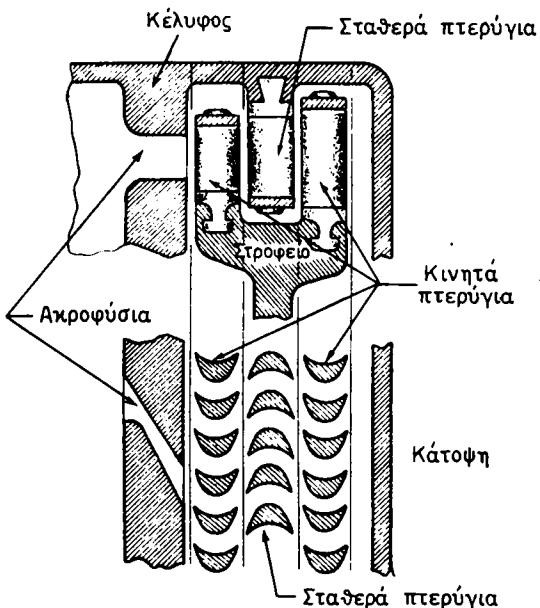
Από τα κινητά πτερύγια πάλι εκείνα, επάνω στα οποία ο ατμός ενεργεί με τη δύναμη δράσεως μόνο, χωρίς δηλαδή να μεταβάλλεται η πίεσή του, αλλά να πέφτει μόνο η ταχύτητά του, ονομάζονται **κινητά πτερύγια δράσεως** και χρησιμοποιούνται στους στροβίλους δράσεως. Εκείνα πάλι που μέσα στο αυλάκι τους ο ατμός αφ' ενός μεν ενεργεί με τη δύναμη δράσεως κατά ένα ποσοστό και χάνει μέρος της ταχύτητάς του, αφ' ετέρου δε εκτονώνεται και πέφτει η πίεσή του, αλλά αποκτάει ξανά ταχύτητα, λόγω της εκτονώσεως, και ενεργεί έτσι κατά ένα άλλο ποσοστό με τη δύναμη αντιδράσεως, ονομάζονται **κινητά πτερύγια αντιδράσεως** και χρησιμοποιούνται ακριβώς στους στροβίλους αντιδράσεως.

Συνοπτικά τα πτερύγια διακρίνονται σε **σταθερά δράσεως** ή **οδηγητικά** και **κινητά δράσεως**. Επίσης δε σε **σταθερά αντιδράσεως** και **κινητά αντιδράσεως**.

Το σχήμα 48.3γ παριστάνει ολόκληρη τη διάταξη των προφυσίων, κελύφους, στροφείου, κινητών και σταθερών πτερυγίων.

Τα πτερύγια δράσεως γενικά [σχ. 48.3β (α)] σχηματίζουν μεταξύ τους καμπύλο αυλάκι **σταθερής διατομής**, ενώ τα πτερύγια αντιδράσεως σχηματίζουν αντίθετα μεταξύ τους καμπύλο αυλάκι συγκλίνουσας διατομής [σχ. 48.3β (β)].

Το σύνολο των πτερυγίων της ίδιας κατηγορίας, που προσαρμόζονται σε μια και την ίδια περιφέρεια του κελύφους ή του



Σχ. 48.3γ.

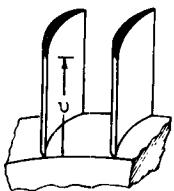
στροφείου, καλείται **απλή πτερύγωση** ή **σειρά πτερυγίων** σταθερών ή κινητών. Το δε σύνολο των πτερυγίων του κελύφους ή του στροφείου καλείται **συναλική πτερύγωση** σταθερών ή κινητών πτερυγίων αντίστοιχα.

'Όταν τα πτερύγια τοποθετούνται σε όλη την περιφέρεια, τότε η πτερύγωση λέγεται **αλική**, όταν δε σε ένα τόξο μόνο αυτής, τότε λέγεται **μερική**. (Αυτό γίνεται μόνο στις σταθερές πτερυγώσεις ορισμένων στροβίλων δράσεως). Η πτερύγωση του στροφείου είναι πάντοτε **αλική**.

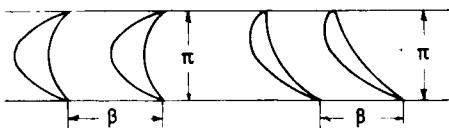
Τα στοιχεία, τα οποία προσδιορίζουν ένα πτερύγιο είναι το **ύψος** του (u), από τη βάση του μέχρι την κορυφή (σχ. 48.3δ), και το **πλάτος** του (p), δηλαδή η απόσταση από τη μια μέχρι την άλλη κόψη του κατά την έννοια του άξονα του στροβίλου (σχ. 48.3ε).

Το βήμα (β) κάθε σειράς πτερυγίων είναι σταθερό και μετριέται στη μέση διάμετρο της πτερυγώσεως.

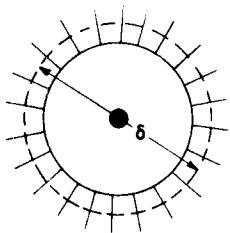
Μέση διάμετρος πτερυγώσεως (δ) λέγεται η διάμετρος της φανταστικής περιφέρειας, η οποία διέρχεται από το μέσο ύψος των πτερυγίων της πτερυγώσεως. Το σχήμα 48.3στ παριστάνει



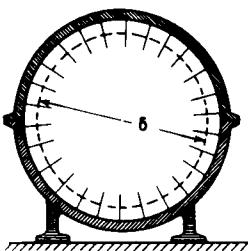
Σχ. 48.3δ.



Σχ. 48.3ε.



Σχ. 48.3στ.



Σχ. 48.3ζ.

τη μέση διάμετρο μιας κινητής πτερυγώσεως, το δε σχήμα 48.3ζ μιας σταθερής αντίστοιχα.

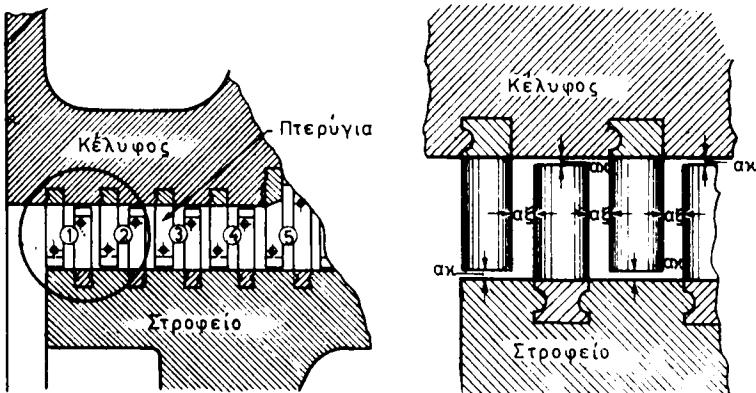
'Άλλο σοβαρό λειτουργικό χαρακτηριστικό των πτερυγίων είναι τα καλούμενα **διάκενα πτερυγίων**. ('Όπως θα αναφέρομε και στις περιγραφές των διαφόρων στροβίλων, οι σταθερές πτερυγώσεις του κελύφους εισέρχονται μέσα στις κινητές του στροφείου και αντίστροφα).

Μεταξύ των σταθερών και κινητών πτερυγίων αφήνονται πάντοτε **ελευθερίες** ή **διάκενα**, κατά την έννοια του όξονα του στροβίλου, για λόγους ασφαλείας, ώστε κατά τη λειτουργία να μην κτυπήσουν τα κινητά με τα σταθερά πτερύγια. Γι' αυτό τα διάκενα αυτά καλούνται **αξονικά**.

Επίσης πάλι για λόγους ασφαλείας και για να μη κτυπήσουν οι κορυφές των κινητών πτερυγίων στο κέλυφος ή οι κορυφές των σταθερών πτερυγίων στο στροφείο, αφήνονται αντίστοιχες **ελευθερίες** ή **διάκενα** κατά την έννοια της ακτίνας της περιφέρειας της πτερυγώσεως. Τα διάκενα αυτά καλούνται **ακτινικά**.

Το σχήμα 48.3η παριστάνει το στροφείο, το κέλυφος, τις 5 σταθερές και τις 5 κινητές πτερυγώσεις. Σε αυτό διακρίνονται τα μεν αξονικά διάκενα με το σύμβολο (**αξ**), τα δε ακτινικά με το σύμβολο (**ακ**).

Για τη διατήρηση των αξονικών διακένων στην κανονική



Σχ. 48.3η.

τους τιμή, ώστε να μην γίνουν πολύ μικρά και υπάρξει κίνδυνος να προστριβούν τα κινητά με τα σταθερά πτερύγια, υπάρχει ο **τριβέας ισορροπήσεως**. Το έργο του είναι πολύ σοβαρό, αν λάβομε υπ' όψη μας ότι ο στρόβιλος περιστρέφεται με ταχύτητα χιλιάδων στροφών ανά λεπτό, τυχόν δε επαφή των κινητών με τα σταθερά πτερύγια είναι δυνατό να προκαλέσει ολοκληρωτική καταστροφή της πτερυγώσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 49

ΤΡΟΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΣΤΡΟΒΙΛΟ

Ο ατμός όταν εισέρχεται στο στρόβιλο διέρχεται πρώτα από τα ακροφύσια, μέσα από τα οποία αφ' ενός μεν οδηγείται προς τα πτερύγια, αφ' ετέρου όμως ελαττώνεται η πίεσή του και αυξάνεται η ταχύτητά του.

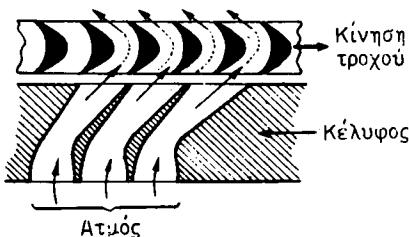
Με την αυξημένη αυτή ταχύτητα ο ατμός εισέρχεται στα αυλάκια των πτερυγίων (σχ. 49α). Επάνω στα πτερύγια ασκεί τη δύναμη δράσεως και τα αναγκάζει να κινηθούν παρασύροντας τον τροχό σε περιστροφική κίνηση.

Η περιστροφική αυτή κίνηση γίνεται συνεχής, διότι, μόλις κινηθούν τα πρώτα πτερύγια, έρχονται μπροστά από τα ακροφύσια τα επόμενα πτερύγια κ.ο.κ.

Αφού ενεργήσει ο ατμός στο στρόβιλο, εξέρχεται ως εξάτμιση στο ψυγείο με ελαττωμένη ταχύτητα, αφού έδωσε μέρος της κινητικής ενέργειάς του στο στρόβιλο για παραγωγή έργου.

'Όταν ο ατμός έχει μεγάλη πίεση εισόδου στο ακροφύσιο και μικρή πίεση εξόδου, τότε η αύξηση της ταχύτητάς του είναι πολύ μεγάλη και κατ' επέκταση και η ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου (μέχρι 25.000 στρ./λεπτό).

Αυτό όμως δεν είναι επιθυμητό για πολλούς κυρίως τεχνικούς λόγους και γι' αυτό αναγκαζόμαστε να διαβαθμίσουμε την



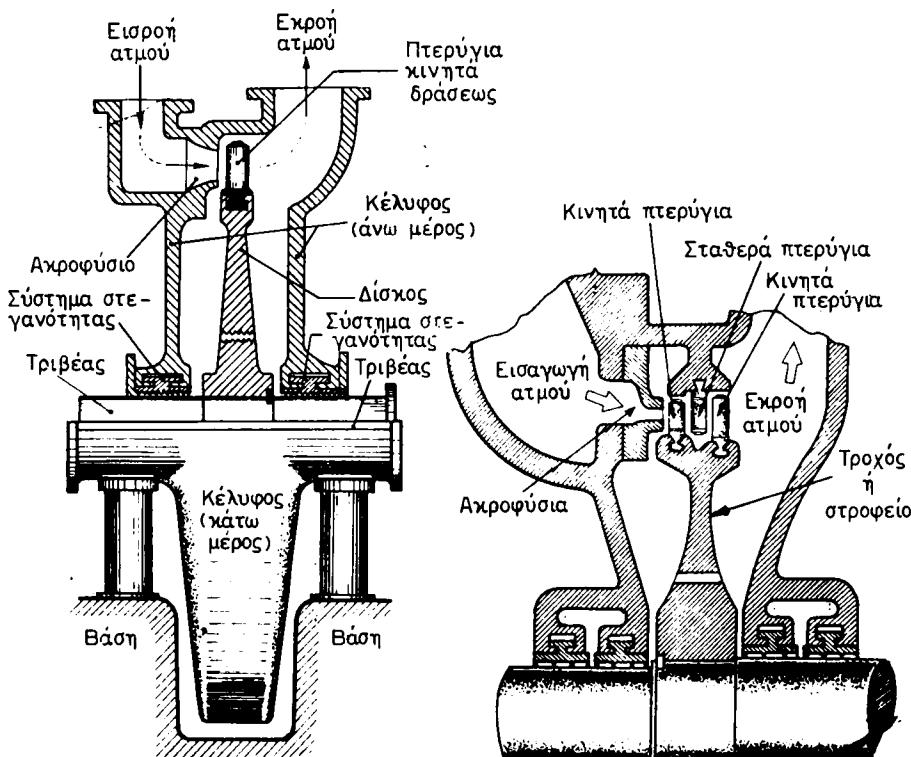
Σχ. 49α.

ταχύτητα σε δύο ή και περισσότερα τμήματα, τα οποία καλούνται **διαβαθμίσεις ταχύτητας**.

Ο στρόβιλος, που περιγράψαμε πιο πάνω, είναι ο καλούμενος τροχός De Laval, δηλαδή ένας **τροχός δράσεως με μια διαβάθμιση ταχύτητας**. Αποτελείται από μια σειρά ακροφυσίων και μια σειρά κινητών πτερυγίων δράσεως (σχ. 49β).

Για να έχουμε διαβάθμιση ταχύτητας, πρέπει να προσθέσουμε για κάθε βαθμίδα ανά μια σειρά σταθερών **οδηγητικών** πτερυγίων στο κέλυφος και μια σειρά κινητών πτερυγίων δράσεως στον τροχό, όπως στο σχήμα 49γ, όπου παριστάνεται ένας στρόβιλος ή **τροχός δράσεως** με δύο διαβαθμίσεις ταχύτητας. (Είναι δυνατόν να έχουμε και 3 ή 4 διαβαθμίσεις ταχύτητας).

Ο στρόβιλος αυτός καλείται τροχός Curtis, από το όνομα του Αμερικανού κατασκευαστή του.



Σχ. 49β.

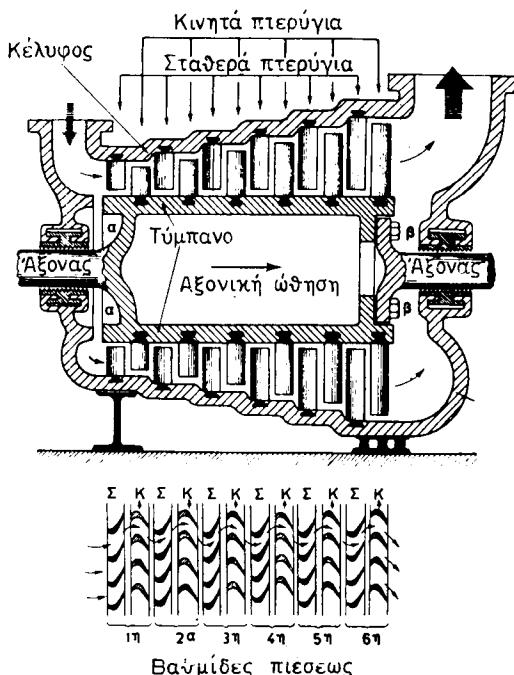
Σχ. 49γ.

Σ' αυτόν η πίεση του ατμού πριν και μετά από τις πτερυγώσεις είναι σταθερή, ενώ η ταχύτητά του πέφτει διαδοχικά (από 1 έως 4 φορές ανάλογα με τον αριθμό των διαβαθμίσεών της).

Στους στροβίλους **αντιδράσεως** πάλι ο ατμός υφίσταται διαβάθμιση πιέσεως. Η πίεση δηλαδή πέφτει αρχικά στην πρώτη σειρά σταθερών πτερυγίων (τα οποία χρησιμοποιούνται αντί για ακροφύσια), όπου αποκτάει ορισμένη ταχύτητα. Εισέρχεται στη συνέχεια ο ατμός στην πρώτη σειρά κινητών πτερυγίων αντιδράσεως, όπου παράγει το έργο λόγω δράσεως και χάνει μέρος της ταχύτητάς του, ενώ εκτονώνεται και λόγω της εκτονώσεως παράγει το έργο εξ αντιδράσεως. Κατόπιν εισέρχεται διαδοχικά στις επόμενες σειρές σταθερών-κινητών πτερυγίων, όπου υποβάλλεται διαδοχικά μέχρι την έξοδό του από την τελευταία σειρά στις ίδιες μεταβολές πιέσεως και ταχύτητας.

Μετά την ενέργειά του μέσα στο στρόβιλο ο ατμός, ως εξάτμιση πια, οδηγείται κατά τα γνωστά στο ψυγείο.

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι στους **στροβίλους**



Σχ. 49δ.

αντιδράσεως έχομε διαδοχική πτώση της πιέσεως και μέσα στις σταθερές και μέσα στις κινητές πτερυγώσεις. Κάθε ζεύγος πτερυγώσεων αποτελούμενο από μια σταθερή και από μια αντίστοιχη προς αυτήν κινητή πτερυγώση ονομάζεται **διαβάθμιση πέσεως** του στροβίλου αντιδράσεως.

Ο στρόβιλος αυτός (σχ. 49δ) ονομάζεται στρόβιλος Parson's από το όνομα του 'Αγγλου κατασκευαστή του.

Με βάση τα κύρια αυτά χαρακτηριστικά της λειτουργίας του ατμού μέσα στους στροβίλους κατασκευάσθηκαν στρόβιλοι με διαφόρους και ποικίλους συγδυασμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 50

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Οι ατμοστρόβιλοι κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα διάφορα χαρακτηριστικά τους. Έτσι:

Α. Ανάλογα με την αρχή, επάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους, διαιρούνται σε:

α) **Στροβίλους δράσεως.** Οι στρόβιλοι αυτοί υποδιαιρούνται σε στροβίλους με διαβάθμιση **ταχύτητας**, με διαβάθμιση **τέσσεως** και με διαβάθμιση **τέσσεως και ταχύτητας**.

β) **Στροβίλους αντιδράσεως.** Αυτοί είναι στρόβιλοι με **διαβάθμιση τέσσεως** πάντοτε.

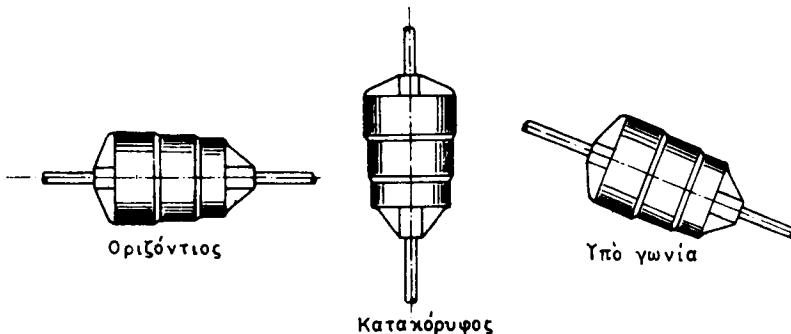
γ) **Μικτούς δράσεως και αντιδράσεως.** Οι μικτοί στρόβιλοι αποτελούνται από ατμοστρόβιλο δράσεως και ατμοστρόβιλο αντιδράσεως προσαρμοσμένους στον ίδιο άξονα και εργαζόμενους μέσα στο ίδιο κέλυφος.

Β. Ανάλογα με τη θέση του άξονά τους διαιρούνται σε:

α) **Οριζόντιος.**

β) **Κατακόρυφος.**

γ) **Υπὸ γωνία** (σχ. 50α).



Σχ. 50α.

Γ. Ανάλογα με τη ροή του ατμού μέσα σ' αυτούς υποδιαιρούνται σε:

α) **Στροβίλους με αξονική ροή**, όταν ο ατμός ρέει από την είσοδό του μέχρι και την έξοδό του από το στρόβιλο κατά μήκος αυτού, δηλαδή παράλληλα προς τον άξονά του.

β) **Στροβίλους με ακτινική ροή**, όταν ο ατμός εισέρχεται στο κέντρο του στροβίλου και εξέρχεται από την περιφέρειά του.

γ) **Στροβίλους με περιφερειακή ή εφαπτομενική ροή**. Σ' αυτούς ο ατμός εισέρχεται κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του τροχού.

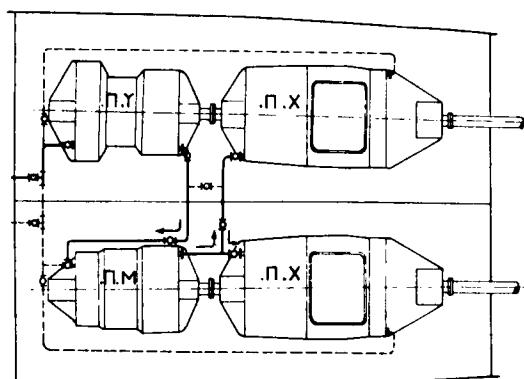
Δ. Ανάλογα με την πίεση του ατμού κατατάσσονται σε στροβίλους:

α) **Υψηλής πίεσεως** (Υ.Π.), οι οποίοι εργάζονται απ' ευθείας με τον ατμό του λέβητα.

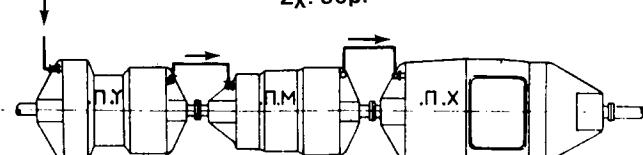
β) **Μέσης πίεσεως** (Μ.Π.), οι οποίοι εργάζονται με την εξάτμιση του στροβίλου Υ.Π.

γ) **Χαμηλής πίεσεως** (Χ.Π.), οι οποίοι εργάζονται με την εξάτμιση του στροβίλου Μ.Π., και εξάγουν προς το ψυγείο.

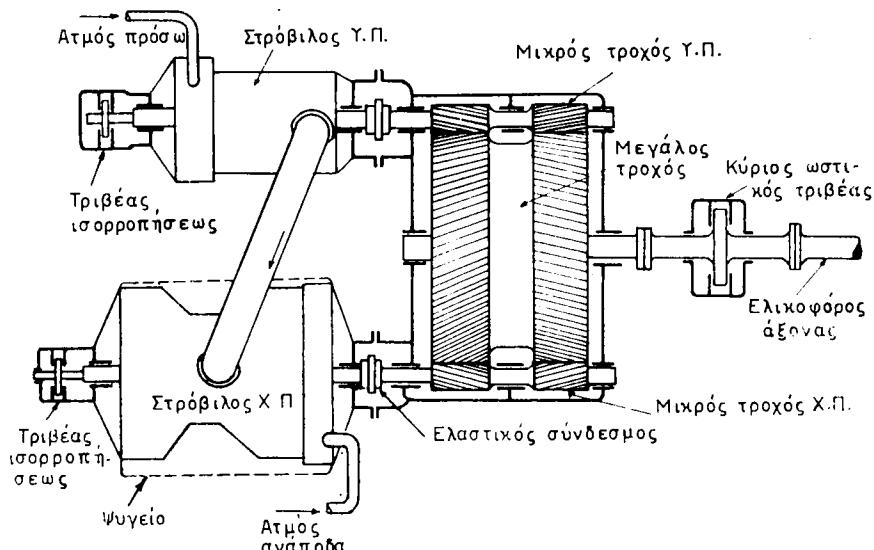
Υπάρχουν επίσης και οι στρόβιλοι, οι οποίοι εργάζονται με την εξάτμιση παλινδρομικών μηχανών. Αυτοί καλούνται στρόβιλοι εξατμίσεων και τους εξετάσαμε στον Α' τόμο (παράγρ. 46.7).



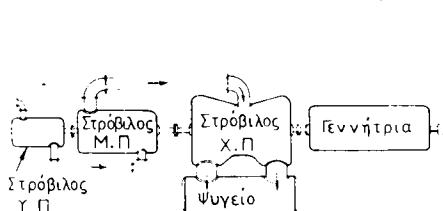
Σχ. 50β.



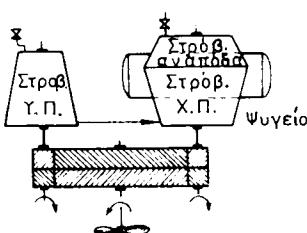
Σχ. 50γ.



Σχ. 50δ.



Σχ. 50ε.



Σχ. 50στ.

Σε μια εγκατάσταση είναι δυνατόν οι στρόβιλοι Υ.Π., Μ.Π., Χ.Π. να έχουν τους άξονές τους σε μια ευθεία (κατά το σύστημα Tandem) (σχ. 50β και 50γ) ή παράλληλους (σχ. 50δ).

Ε. Ανάλογα τέλος με τον προορισμό τους διαιρούνται:

α) **Σε στροβίλους ξηράς**, οι οποίοι προορίζονται κυρίως για να κινούν τις ηλεκτρογεννήτριες παραγωγής ρεύματος (σχ. 50ε).

β) **Σε στροβίλους ναυτικούς**, οι οποίοι κινούν τις έλικες των πλοίων (σχ. 50στ).

γ) **Σε βοηθητικούς στροβίλους**, οι οποίοι κινούν βοηθητικά μηχανήματα ξηράς ή θαλάσσης, όπως π.χ. αντλίες, αεροσυμπιεστές, μικρές γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος, ανεμιστήρες κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 51

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗΣ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Είναι γνωστό ότι ο ατμός αντλεί την ενέργειά του από τη χημική ενέργεια του καυσίμου, η οποία μετατρέπεται με την καύση σε θερμότητα. Η θερμότητα αυτή μεταδίδεται στο νερό και το μετατρέπει σε ατμό, ο οποίος πια έχει θερμική και δυναμική ενέργεια, δηλαδή θερμοκρασία και πίεση.

Στην **παλινδρομική μηχανή** συντελείται η πτώση της θερμικής και της δυναμικής ενέργειας του ατμού, οι οποίες μετατρέπονται σε μηχανικό έργο.

Στο **στρόβιλο δράσεως** η θερμική και η δυναμική ενέργεια μετατρέπονται σε κινητική μέσα στα ακροφύσια, η δε κινητική με τη βοήθεια των πτερυγώσεων σε μηχανικό έργο.

Στο **στρόβιλο αντιδράσεως** γίνεται εκμετάλλευση της θερμικής και δυναμικής ενέργειας μέσα στα εκτονωτικά πτερύγια, συγχρόνως δε και της κινητικής, με αποτέλεσμα το κινητήριο έργο.

Θεωρητικά πρέπει με τη χρησιμοποίηση του ίδιου ποσού θερμότητας να λαμβάνομε το ίδιο κινητήριο έργο και στους δύο τύπους μηχανών. Στην πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει αυτό, γιατί έχουμε διαφορετικές απώλειες σε κάθε ένα από τους δύο αυτούς τύπους μηχανών. Αποδοτικότερη είναι η χρησιμοποίηση της θερμότητας στους στροβίλους.

Λειτουργική διαφορά υφίσταται μεταξύ τους, αφού στην παλινδρομική η ενέργεια του ατμού είναι **περιοδική**, ενώ στο στρόβιλο **συνεχής**.

Εκτός από τα παραπάνω παρουσιάζονται και οι πιο κάτω διαφορές από απόψεως εκμεταλλεύσεως κάθε τύπου.

a) **Η παλινδρομική μηχανή:** Καταλαμβάνει μεγάλο χώρο και έχει μεγάλο βάρος. Αντίθετα είναι μηχανή μεγάλης αντοχής, παρέχει ασφαλή λειτουργία, διαθέτει μεγάλη ροπή στρέψεως κατά το ξεκίνημα και την ίδια περίπου ιπποδύναμη κατά την ανάστροφη κίνηση.

β) Ο στρόβιλος: Καταλαμβάνει μικρό χώρο και έχει μικρό βάρος, έχει ανάγκη από λιγότερο προσωπικό, έχει μικρότερη κατανάλωση, λιγότερες αρθρώσεις και συνεπώς λιγότερες πιθανότητες φθορών. Είναι ευκολοχείριστη μηχανή, δεν έχει κραδασμούς και διατηρεί καθαρό το μηχανοστάσιο. Αντίθετα όμως απαιτεί εξασκημένο προσωπικό, δεν διαθέτει την ίδια ιπποδύναμη για το ανάποδα, απαιτεί τη χρήση μειωτήρων και είναι γενικά πιο ευπαθής μηχανή από την παλινδρομική.

Ως προς την ποιότητα του ατμού οι στρόβιλοι εργάζονται πάντοτε σχεδόν με υπέρθερμο ατμό και έχουν υψηλή απόδοση, ενώ οι παλινδρομικές κατά προτίμηση με κεκορεσμένο, η δε απόδοσή τους είναι χαμηλότερη από την απόδοση του στροβίλου.

Μπορούμε να πούμε ότι ο στρόβιλος υπερτερεί σαφώς σε σύγκριση με την παλινδρομική μηχανή, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του και κυρίως του υψηλότερου βαθμού αποδόσεως, δηλαδή της μικρότερης ειδικής καταναλώσεως καυσίμου, γι' αυτό δε και η χρήση του έχει γενικευθεί σήμερα σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις μεγάλης ιπποδυνάμεως.

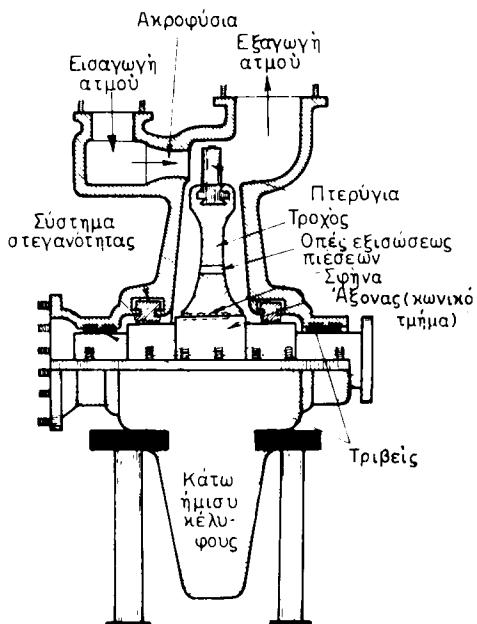
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 52

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΔΡΑΣΕΩΣ

52.1 Ο απλός στροβίλος δράσεως ἡ τροχός de Laval.

Η απλούστερη μορφή στροβίλου δράσεως είναι αυτή του ενός τροχού ἡ δίσκου, ο οποίος στερεώνεται σε άξονα και έχει στην περιφέρειά του πτερύγωση δράσεως (σχ. 52.1). Το σύνολο άξονα, δίσκου και πτερυγίων λέγεται, όπως είναι γνωστό, **στροφείο** και είναι το κινητό μέρος του στροβίλου, το δε ακίνητο ἡ σταθερό μέρος, το οποίο περικλείει το στροφείο λέγεται **κέλυφος**.

Το κέλυφος υποδιαιρείται από το οριζόντιο επίπεδο, που διέρχεται από τον άξονα, στα άνω και κάτω **μηκετέρα**. Το



Σχ. 52.1.

κάτω ημικέλυφος στηρίζεται στη βάση της εγκαταστάσεως του στροβίλου και έχει περιαυχένιο, ώστε τα δύο ημικελύφη να συνδέονται με απόλυτη εφαρμογή των περιαυχενίων και να σφίγγονται με κοχλίες και περικόχλια σε ένα σώμα.

Στα δύο άκρα του κελύφους σχηματίζονται δύο οπές (τρύπες) από τις οποίες διέρχεται ο άξονας. Εκεί, όπου ο άξονας διαπερνάει το κέλυφος, υπάρχει **σύστημα στεγανότητας**, ώστε να μη συγκοινωνεί το εσωτερικό του στροβίλου με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Ο άξονας εδράζεται και περιστρέφεται επάνω στους τριβείς, οι οποίοι τοποθετούνται σε δύο κατάλληλες υποδοχές, που υπάρχουν στο κέλυφος.

Το κέλυφος από τη μια πλευρά του έχει το κιβώτιο εισαγωγής του ατμού και μια σειρά από **ακροφύσια** τοποθετημένα σε ένα τόξο ή σε περισσότερα μικρά τόξα που ξεχωρίζουν μεταξύ τους.

Τα ακροφύσια στο στρόβιλο de Laval είναι **συγκλίνοντα-αποκλίνοντα**.

Στο άκρο του κελύφους διαμορφώνεται ο οχετός των εξατμίσεων του στροβίλου, ο οποίος τα οδηγεί στο ψυγείο.

Η λειτουργία του στροβίλου αυτού είναι απλή. Αμέσως μόλις ανοίξομε τον ατμοφράκτη, ο ατμός εισέρχεται στο ατμοκιβώτιο και στη συνέχεια διέρχεται από τα ακροφύσια. Εκεί πέφτει η πίεσή του και αυξάνεται η ταχύτητά του, δηλαδή η κινητική του ενέργεια, αποκτάει δε την κατάλληλη κατεύθυνση, για να εισέλθει στα αυλάκια των πτερυγίων.

Στα πτερύγια ο ατμός ασκεί τη δύναμη δράσεως και έτσι περιστρέφεται ο τροχός και παράγεται έργο.

Κατά τη δίοδο του ατμού από τα πτερύγια η πίεσή του παραμένει σταθερή, επειδή τα αυλάκια, που σχηματίζουν τα πτερύγια, έχουν σταθερή διατομή.

Κατά την έξοδό του όμως από τα πτερύγια ο ατμός έχει μικρότερη ταχύτητα από την ταχύτητα εισαγωγής, γιατί μέρος της κινητικής του ενέργειας μετατράπηκε σε έργο.

Η κινητική ενέργεια του ατμού εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από το βάρος του ατμού, που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου, και από το τετράγωνο της ταχύτητάς του:

$$E_k = \frac{B \cdot c^2}{2g}$$

Το βάρος όμως αυτό είναι κάθε φορά ορισμένο και ανάλογο με το άνοιγμα του ατμοφράκτη, άρα σταθερό. Σταθερή και ίση προς $9,81 \text{ m/sec}^2$ είναι και η τιμή της επιταχύνσεως της γήινης βαρύτητας g. Επιστης η κινητική ενέργεια του ατμού (E_k) μειώνεται λόγω παραγωγής του έργου. 'Άρα δεν απομένει παρά μόνο η ταχύτητα c, η οποία μειώνεται τόσο,

B.c²
ώστε η παράσταση $\frac{\text{---}}{2g}$ να λάβει χαμηλότερη τιμή, όση δηλαδή η
κινητική ενέργεια που απομένει στον ατμό μετά την έξοδό του από τα
πτερύγια.

Αυτό εξηγεί γιατί ο ατμός εξέρχεται από τα κινητά πτερύγια με
χαμηλότερη ταχύτητα από την ταχύτητα της εισόδου του.

**Ο στρόβιλος, τον οποίο περιγράψαμε πιο πάνω, λέγεται
στρόβιλος δράσεως με μια βαθμίδα ταχύτητας ή τροχός de Laval.**

Ο στρόβιλος αυτός, όταν η διαφορά πιέσεως εισαγωγής και
εξαγωγής του ατμού είναι μεγάλη, αναπτύσσει πολύ υψηλή
ταχύτητα, μέχρι και 25.000 r.p.m. (στροφές ανά λεπτό). Η
ταχύτητα αυτή είναι βέβαια υπερβολική για τις πρακτικές εφαρ-
μογές, γι' αυτό και χρησιμοποιείται ελάχιστα για την κίνηση
μικρών βοηθητικών μηχανημάτων. 'Όπου πρέπει να κινείται το
μηχάνημα με μικρότερο αριθμό στροφών, παρεμβάλλεται
μεταξύ του στροβίλου και του μηχανήματος (αντλίας, ανεμι-
στήρα κ.λπ.) σύστημα μεταδόσεως μειωμένης ταχύτητας με
οδοντωτούς τροχούς, το οποίο ονομάζεται **μειωτήρας στροφών
ή ταχύτητας**.

52.2 Οι διαβαθμίσεις στους στροβίλους δράσεως. Διά- γραμμα πιέσεως και ταχύτητας.

A. Για την αποδοτική εκμετάλλευσή τους στην πράξη επι-
διώκομε, ώστε οι στρόβιλοι δράσεως να κινούνται με μικρότερο
αριθμό στροφών. Αυτό το επιτυγχάνομε εφαρμόζοντας έναν
από τους εξής τρόπους:

a) 'Όταν ο ατμός εκτονώνεται από την αρχική στην τελική
πίεση μέσα σε μια μόνο σειρά ακροφυσίων, η ταχύτητα, την
οποία αποκτάει, είναι πολύ μεγάλη. Εκμεταλλευόμαστε λοιπόν
την ταχύτητα αυτή, όχι πια σε μια, αλλά σε περισσότερες (2
έως 5) σειρές κινητών πτερυγίων του ίδιου τροχού.'

Η ταχύτητα περιστροφής του τροχού είναι συνάρτηση της ταχύτη-

τας του ατμού. Καθώς λοιπόν ο ατμός θα διέρχεται διαδοχικά από τις κινητές πτερυγώσεις, η ταχύτητά του θα ελαττώνεται βαθμηδόν ή τρηματικά μέσα σε κάθε πτερύγωση. 'Ετσι η σχέση μεταξύ ταχύτητας ατμού και ταχύτητας περιστροφής της πτερυγώσεως είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη, η οποία θα υπήρχε, όταν θα εκμεταλλευόμαστε όλη την ταχύτητα σε μια μόνο πτερύγωση. 'Ετσι το σύνολο του τροχού με τις περισσότερες πτερυγώσεις στρέφει με μικρότερη ταχύτητα.

Κάθε πτερύγωση καλείται **βαθμίδα ταχύτητας**, ο δε στρόβιλος, που προκύπτει, καλείται **στρόβιλος δράσεως με διαβαθμίσεις ταχύτητας ή τροχός Curtis**.

β) 'Όταν ο ατμός εκτονώνεται όχι σε μια, αλλά σε περισσότερες σειρές ακροφυσίων, τότε μετά από κάθε σειρά ακροφυσίων υπάρχει και ένας τροχός δράσεως με μια πτερύγωση. 'Έχομε δηλαδή στο στρόβιλο αυτό με τη σειρά ακροφύσια-κινητά πτερύγια της πρώτης σειράς, ακροφύσια-κινητά πτερύγια της δεύτερης σειράς, ακροφύσια-κινητά πτερύγια της τρίτης σειράς κ.ο.κ.

Ο ατμός στο στρόβιλο αυτό εκτονώνεται διαδοχικά μέσα σε κάθε σειρά ακροφυσίων, η δε ταχύτητα, την οποία αποκτάει κάθε φορά κατά την έξοδό του, αποδίδεται όλη στη σειρά κινητών πτερυγίων που ακολουθεί. Προφανώς η ταχύτητα αυτή είναι κάθε φορά πολύ μικρότερη από εκείνη, την οποία θα είχε ο ατμός, αν εκτονώνετο από την αρχική στην τελική του πίεση μέσα σε μια μόνο σειρά ακροφυσίων. Αυτό συμβαίνει γιατί οι επί μέρους διαφορές πιέσεως πριν και μετά από κάθε σειρά ακροφυσίων είναι πολύ μικρότερες από τη συνολική διαφορά πιέσεων εισόδου και εξόδου του ατμού από το στρόβιλο.

Με αυτό τον τρόπο ο στρόβιλος πάλι θα στρέφεται με μικρότερη ταχύτητα.

Ο στρόβιλος αυτός μοιάζει με την παλινδρομική μηχανή πολλαπλής εκτονώσεως. 'Έχομε καταμερισμό της συνολικής εκτονώσεως σε περισσότερες από μια βαθμίδες. Λέγεται δε **στρόβιλος δράσεως με διαβαθμίσεις πιέσεως**.

γ) 'Όταν τέλος έχομε στρόβιλο με διαβάθμιση πιέσεως πάλι, στην οποία όμως μετά από κάθε σειρά ακροφυσίων υπάρχουν όχι μία αλλά περισσότερες (2 έως 3 συνήθως) σειρές κινητών πτερυγίων, τότε θα έχομε ένα **σύνθετο στρόβιλο δράσεως ή στρόβιλο δράσεως με διαβαθμίσεις πιέσεως και ταχύτητας**.

Προφανώς, αυτός ο στρόβιλος αποτελείται από περισσότερους τροχούς Curtis τοποθετημένους τον ένα μετά τον άλλον

επάνω στον ίδιο άξονα, στρέφει δε με πολύ μικρότερη ταχύτητα.

Από κατασκευαστικής πλευράς στην περίπτωση τροχών δράσεως με διαβάθμιση **ταχύτητας** έχουμε από 2 έως 5 σειρές κινητών πτερυγίων σε ένα τροχό. Στους στροβίλους δράσεως με διαβάθμιση **πέσεως** έχουμε 2 έως 3 σειρές ακροφυσίων και ισάριθμες σειρές κινητών πτερυγίων. Στους **σύνθετους** τέλος στροβίλους δράσεως έχουμε ποικίλους συνδυασμούς.

Στα επόμενα θα περιγράψουμε τους διάφορους αντιπροσωπευτικούς τύπους. Κάθε τύπος θα δίνεται σε διαμήκη τομή του άνω μέρους του, αφού το κάτω είναι περίπου όμοιο. 'Οπου πάντως υπάρχουν σοβαρές διαφορές στο κάτω ημικέλυφος, θα τις αναφέρομε ιδιαιτέρως.

Κάτω από την ημιτομή θα παρέχεται με καμπύλες η μεταβολή της πιέσεως και της ταχύτητας του ατμού, κατά τη διέλευσή του μέσα από τα προφύσια και τα πτερύγια. Οι καμπύλες αυτές αποτελούν το λεγόμενο **διάγραμμα πέσεως ταχύτητας του στροβίλου**.

Β. Έτσι, εδώ χαράζομε το διάγραμμα πιέσεως - ταχύτητας για στρόβιλο δράσεως με μια βαθμίδα ταχύτητας.

Το σχήμα 52.2α εικονίζει ένα στρόβιλο αυτής της κατηγορίας σε ημιτομή (ΙΙ) και κάτοψη (ΙΙΙ). Στο κατώτερο μέρος του σχήματος υπάρχουν οι καμπύλες μεταβολής της πιέσεως (ΙΙΙ) και μεταβολής της ταχύτητας (ΙV).

Διακρίνονται στο σχήμα το κέλυφος, το ακροφύσιο, και ο τροχός με το πτερύγιο. Επίσης η μορφή του ακροφυσίου, των πτερυγίων και του αυλακιού μεταξύ αυτών.

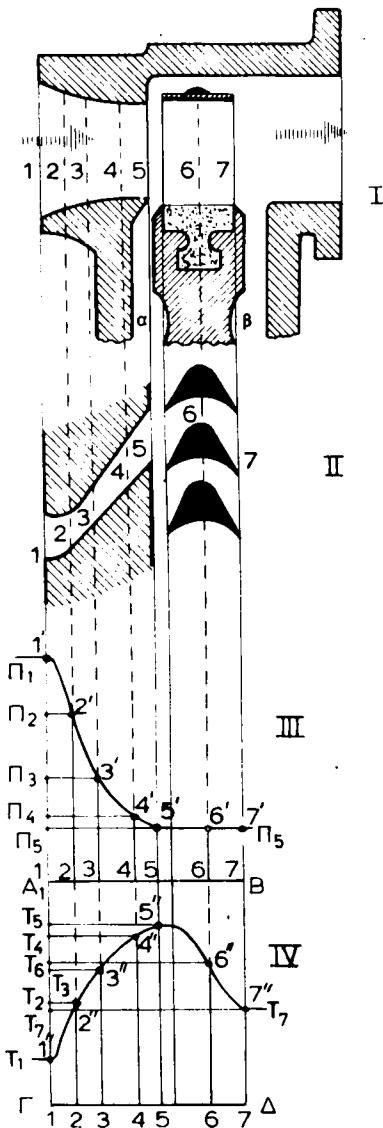
Η καμπύλη της πιέσεως μας δείχνει πώς πέφτει η πίεση μέσα στο ακροφύσιο, ενώ παραμένει σταθερή μέσα στην πτερύγωση, η δε καμπύλη της ταχύτητας πώς ανέρχεται η ταχύτητα μέσα στο ακροφύσιο και πέφτει μέσα στην κινητή πτερύγωση.

Για τη χάραξη του διαγράμματος εργαζόμαστε ως εξής:

Φανταζόμαστε μια μικρή ποσότητα ατμού με πολύ μικρό πάχος (μια λωρίδα δηλαδή) και εξετάζομε τις μεταβολές της πιέσεως του ατμού, καθώς η επιφάνεια της λωρίδας κινείται κάθετα προς τον άξονα ροής της φλέβας του ατμού, όπως αυτός διέρχεται από το στρόβιλο. Πολλές λωρίδες σε επαφή μεταξύ τους σχηματίζουν τη συνολική φλέβα του ατμού.

Στον οριζόντιο άξονα ΑΒ σημειώνομε την κατά μήκος θέση της λωρίδας μέσα στο στρόβιλο για κάθε δεδομένη στιγμή.

Έτσι π.χ. η διατομή εισόδου στο ακροφύσιο είναι 1 και σημειώνε-



Σχ. 52.2α.

ται στον άξονα AB με τον αριθμό 1. Η θέση 2 της λωρίδας σημειώνεται στον άξονα AB με τον αριθμό 2, η θέση 3 με τον αριθμό 3 κ.ο.κ.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι στη θέση 1 της εισόδου του ατμού η πίεσή του είναι Π_1 . Αυτή μετρούμενη κάθετα προς τον άξονα AB με ορισμένη κλίμακα παριστάνεται με το ύψος 1 - 1'.

Προσδιορίζομε έτσι το σημείο 1', το οποίο μας καθορίζει πρώτο μεν ότι η φανταστική λωρίδα του ατμού τη στιγμή αυτή είναι στην είσοδο του ακροφυσίου (1) και δεύτερον ότι τη στιγμή αυτή ο ατμός έχει πίεση Π₁.

Ας υποθέσουμε πάλι ότι στη θέση 2 του ακροφυσίου η πίεση είναι Π₂. Εργαζόμαστε με τον ίδιο τρόπο και προσδιορίζομε το σημείο 2 επάνω στον άξονα AB και το σημείο 2' με μέτρηση της πιέσεως του ατμού με το ύψος 2 - 2'. Το σημείο 2' μας λέει ότι τη στιγμή αυτή η φανταστική λωρίδα του ατμού είναι στη θέση 2 του ακροφυσίου και η πίεση του ατμού ίση με το μέγεθος 2 - 2'.

Με όμοιο τρόπο προσδιορίζομε τα σημεία 3', 4', 5', από τα οποία το τελευταίο αντιστοιχεί στη στιγμή της εξόδου του ατμού, από το ακροφύσιο. Στις θέσεις 6 και 7 η πίεση του ατμού είναι ίση με την πίεση εξόδου και επομένως τα σημεία 6' και 7' απέχουν εξ ίσου με το 5' από τον άξονα AB.

Αν τώρα ενώσομε τα σημεία 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', μεταξύ τους, θα λάβομε ακριβώς την καμπύλη της μεταβολής της πιέσεως του ατμού καθώς διέρχεται μέσα από το στρόβιλο.

Από τη μελέτη της καμπύλης αυτής συμπεραίνομε ότι η πίεση του ατμού ελαττώνεται βαθμηδόν από την είσοδο στο ακροφύσιο μέχρι την έξοδό του από αυτό. Ο ατμός δηλαδή μέσα στο **ακροφύσιο** υφίσταται τη γνωστή μας **εκτόνωση του**.

Βγάζομε επίσης το συμπέρασμα ότι κατά τη δίοδο του ατμού μέσα από τα αυλάκια των **πτερυγίων** η πίεση παραμένει σταθερή. Αυτό γίνεται γιατί τα πτερύγια δράσεως σχηματίζουν αυλάκια σταθερής διατομής, μέσα στα οποία δεν συντελείται καμιά εκτόνωση του ατμού. Με τη σταθερή τέλος αυτή πίεση, ο ατμός πηγαίνει στο ψυγείο.

Με τον ίδιο τρόπο τώρα χαράζομε και την καμπύλη της μεταβολής της ταχύτητας της φανταστικής λωρίδας του ατμού. Προσδιορίζομε δηλαδή τα σημεία 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'' με βάση τον άξονα ΓΔ.

Από αυτό το σημείο 1'' μας δίνει πάλι τη θέση 1 της λωρίδας του ατμού επάνω στον άξονα ΓΔ, δηλαδή τη θέση εισόδου στο ακροφύσιο και την τιμή της ταχύτητας υπό κλίμακα, με το μέγεθος 1 - 1 '' πάνω από τον άξονα ΓΔ. 'Ενα άλλο σημείο, το 4'' π.χ., μας προσδιορίζει τη θέση 4 της λωρίδας του ατμού και τιμή ταχύτητας 4 - 4''.

Αν ενώσομε τα σημεία αυτά 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'' μεταξύ τους, θα σχηματίσομε την καμπύλη μεταβολής της ταχύτητας.

Από τη μελέτη της καμπύλης αυτής διαπιστώνομε ότι η ταχύτητα του ατμού μεγαλώνει λίγο, λίγο, καθώς ο ατμός διέρχεται

από το ακροφύσιο. Αυτό είναι δικαιολογημένο, γιατί ο ατμός μέσα στο ακροφύσιο **ΕΚΤΟΝΩΝΕΤΑΙ** και χάνει δυναμική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε κινητική και η οποία εκδηλώνεται με την αύξηση της ταχύτητας. Τη μεγαλύτερη τιμή ταχύτητας έχει ο ατμός στη θέση 5, δηλαδή κατά την έξοδό του από τα ακροφύσια.

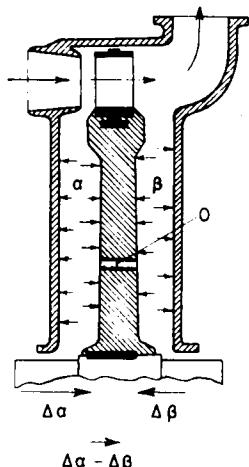
Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι μέσα στα κινητά πτερύγια (π.χ. θέσεις 6 και 7 επάνω στον άξονα ΓΔ) η ταχύτητα πέφτει προοδευτικά. Αυτό πάλι είναι δικαιολογημένο, γιατί μέσα στα κινητά πτερύγια αναπτύσσεται το έργο της δράσεως με δαπάνη της κινητικής ενέργειας, η οποία μετριέται με την πτώση της ταχύτητας του ατμού, όπως εξηγήσαμε προηγουμένως.

Η ταχύτητα του ατμού τέλος παίρνει τη μικρότερή της τιμή 7-7'' τη στιγμή της εξόδου του από κινητά πτερύγια.

Με τη σταθερή δε αυτή ταχύτητα κατευθύνεται προς το ψυγείο.

Τη μέθοδο χαράξεως του διαγράμματος πιέσεως-ταχύτητας που εκθέσαμε προηγουμένως χρησιμοποιούμε και στους στροβίλους των άλλων διαφόρων κατηγοριών.

Γ. Σε στροβίλο δράσεως με ένα τροχό παρατηρούμε ότι μέρος του ατμού, που εξέρχεται από τα ακροφύσια, διαχέεται από τα αξονικά διάκενα προς το χώρο (α) μεταξύ τροχού και προσόψεως του κελύφους (σχ. 52.2β). Άλλο πάλι μέρος του



Σχ. 52.2β.

ατμού που εξέρχεται από το στρόβιλο εισέρχεται προς το χώρο (β) μεταξύ τροχού και πυθμένα του κελύφους.

Ο ατμός αυτός στους χώρους (α) και (β) ασκεί πίεση επάνω στον τροχό και στο κέλυφος, όπως παριστάνουν τα βέλη. Οι πιέσεις αυτές τείνουν να διαρρήξουν το κέλυφος ή να το παραμορφώσουν. Γι' αυτό το κέλυφος κατασκευάζεται ισχυρό, ώστε να ανθίσταται.

Οι πιέσεις που εφαρμόζονται στον τροχό έχουν τα εξής αποτελέσματα:

α) Η πίεση στο χώρο (α) πολλαπλασιαζόμενη επί την επιφάνεια του τροχού δημιουργεί μια δύναμη Δα, η οποία ωθεί το στροφείο κατά τη διεύθυνση ροής του ατμού.

β) Η πίεση στο χώρο (β) πάλι δημιουργεί κατά τον ίδιο τρόπο μια δύναμη ($\Delta\beta$) αντίθετη από τη ($\Delta\alpha$), η οποία ωθεί το στροφείο κατά διεύθυνση αντίθετη από τη ροή του ατμού.

Επειδή οι επιφάνειες του τροχού, πρόσθια και οπίσθια, είναι ίσες αλλά και οι πιέσεις στους χώρους (α) και (β) επίσης ίσες, έπειτα ότι οι δυνάμεις ($\Delta\alpha$) και ($\Delta\beta$) είναι ίσες και αντίθετες μεταξύ τους και εξουδετερώνουν η μία την άλλη.

Στην πραγματικότητα όμως η πίεση στο χώρο (β) είναι λίγο μικρότερη από την πίεση του χώρου (α), γιατί υπάρχουν ορισμένες μικρές απώλειες λόγω τριβής του ατμού, καθώς αυτός διέρχεται από τη πτερύγια. Έτσι στην πραγματικότητα η ($\Delta\alpha$) είναι λίγο μεταλύτερη από τη ($\Delta\beta$) και η διαφορά ($\Delta\alpha - \Delta\beta$) είναι μια δύναμη, που ωθεί λίγο το στρόβιλο, καθώς εργάζεται, κατά τη διεύθυνση της ροής του ατμού. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **αξονική ώθηση**.

Την αξονική ώθηση του στροφείου την εξουδετερώνομε, αν εξισώσουμε τις πιέσεις στους χώρους (α) και (β). Αυτό δε το επιτυγχάνομε ανοίγοντας περιφερειακά μερικές οπές (Ο) στη μέση περίπου διάμετρο του τροχού, ώστε να συγκοινωνούν μεταξύ τους οι δύο χώροι. Στις οπές μάλιστα αυτές ανοίγομε και σπειρώματα για να εξαρμόζεται εύκολα ο τροχός από τον άξονα με τη βοήθεια εξολκέων.

'Όταν πάλι η αξονική ώθηση είναι μικρή, τότε δεν ανοίγομε οπές, αλλά τοποθετούμε στη μια άκρη του άξονα έναν ή περισσότερους ωστικούς δακτυλίους ή έναν ένσφαιρο τριβέα αξονικής ώσεως, οι οποίοι την απορροφούν εύκολα. Τον τριβέα αυτό με τους δακτυλίους ώσεως, ή και τον ένσφαιρο τριβέα ονομάζομε γενικότερα τριβέα **ισορροπήσεως**.

52.3 Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση ταχύτητας Curtis.

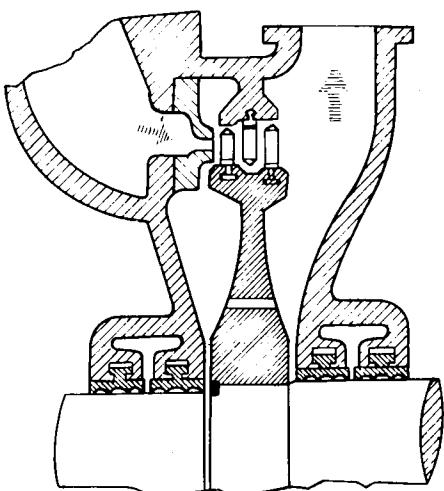
Στον παραπάνω στρόβιλο η ταχύτητα διαβάθμιζεται από 2 ως 5 φορές, ανάλογα δε χαρακτηρίζεται ως στρόβιλος δράσεως 2, 3, 4, κ.ο.κ. διαβαθμίσεων ταχύτητας.

Τα σχήματα 52.3α και 52.3β παριστάνουν στρόβιλο δράσεως με δύο διαβαθμίσεις ταχύτητας.

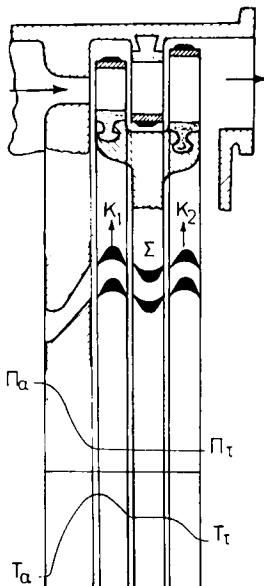
Το στροφείο του αποτελείται από άξονα με ένα τροχό, ο οποίος έχει σ' όλη την περιφέρειά του δύο σειρές κινητά πτερύγια δράσεως.

Το κέλυφος πάλι αποτελείται από δύο μισά, άνω και κάτω. Στην πλευρά εισόδου του ατμού υπάρχουν μία ή περισσότερες ομάδες ακροφυσίων, σ' ένα τόξο ή και σε όλη την περιφέρεια. Στην άλλη πλευρά του κελύφους βρίσκεται η ξεαγωγή του ατμού προς το ψυγείο. Υπάρχει επίσης και μια σειρά σταθερών πτερυγίων δράσεως, που στερεώνονται στην κοιλότητα του κελύφους. Τα πτερύγια αυτά τοποθετούνται αντίθετα προς τα κινητά, για να οδηγούν τον ατμό προς τη σωστή κατεύθυνση.

Κατά τη λειτουργία του στροβίλου και αφού ανοίξομε τον ατμοφράκτη, ο ατμός διέρχεται πρώτα από τα ακροφυσια. Εκεί



Σχ. 52.3α.



Σχ. 52.3β.

αφ' ενός εκτονώνεται, λαμβάνοντας την τελική πίεσή του στην έξοδό του από αυτά, αφ' ετέρου δε, όπως γνωρίζομε, αποκτάει υψηλή ταχύτητα, με τη μεγαλύτερη τιμή της πάλι στην έξοδό του από τα ακροφύσια.

Στη συνέχεια ο ατμός εισέρχεται στην πρώτη σειρά πτερυγίων, όπου περιστρέφει το στρόβιλο, παράγει δηλαδή έργο λόγω της δράσεώς του και χάνει μέρος της ταχύτητάς του αντίστοιχα. Διαθέτει όμως ακόμη αρκετή ταχύτητα, για να αποδώσει έργο στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων.

Πριν εισέλθει στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων, διέρχεται από τα σταθερά πτερύγια του κελύφους, τα οποία σχηματίζουν μεταξύ τους αυλάκια σταθερής διατομής. Εκεί ο ατμός **καριά μεταβολή της καταστάσεώς του** δεν υφίσταται, μόνο, όπως είπαμε, παίρνει τη σωστή κατεύθυνση και οδηγείται κατάλληλα στη δεύτερη σειρά των κινητών πτερυγίων. Γι' αυτό άλλωστε και τα σταθερά αυτά πτερύγια του στροβίλου δράσεως ονομάζονται **οδηγητικά**.

Αφού ο ατμός εισέλθει στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων, περιστρέφει ξανά το στρόβιλο κατά την ίδια φορά, παράγει δηλαδή και μέσα σ' αυτά έργο, ενώ ταυτόχρονα χάνει άλλο ένα μέρος της ταχύτητάς του. Με την υπολειπόμενη τέλος ταχύτητά του πηγαίνει προς το ψυγείο.

Από τα παραπάνω βγάζομε τα εξής συμπεράσματα για το στρόβιλο αυτό:

α) Η πίεση του ατμού ελαττώνεται μόνο μέσα στα ακροφύσια, ενώ στα κινητά και σταθερά πτερύγια παραμένει σταθερή, γιατί τα αυλάκια τους έχουν σταθερή διατομή.

β) Η ταχύτητα μεγαλώνει μέσα στα ακροφύσια, ελαττώνεται στην πρώτη σειρά κινητών πτερυγίων, παραμένει σταθερή μέσα στα σταθερά πτερύγια και ελαττώνεται πάλι στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων. Επειδή δε στο στρόβιλο αυτό έχομε δύο πτώσεις της ταχύτητας, τον ονομάζομε στρόβιλο δράσεως **με δύο διαβαθμίσεις ή βαθμίδες ταχύτητας**.

γ) Το έργο του ατμού γίνεται μόνο μέσα στις κινητές πτερυγώσεις, όπου και πέφτει η ταχύτητά του. Πραγματοποιείται δηλαδή με δαπάνη της κινητικής ενέργειας του ατμού.

δ) **Θεωρητικά δεν υπάρχει αξονική ώθηση.** Στην πραγματικότητα όμως υπάρχει και, γι' αυτό, όπως και στον προηγούμενο τύπο de Laval, ανοίγομε οπές στον τροχό για την εξίσωση της πιέσεως και στις δύο όψεις αυτού ἡ χρησιμοποιούμε κατάλληλους τριβείς ισορροπήσεως.

Παρατηρούμε επίσης ότι, αν τα ακροφύσια δεν καταλαμβάνουν όλη την περιφέρεια, αλλά μόνο ένα τόξο αυτής, το **τόξο, εγχύσεως**, τότε και τα σταθερά πτερύγια δεν είναι αναγκαίο να τοποθετηθούν σε όλη την περιφέρεια του αυλακιού του κελύφους, αλλά πάλι σε ένα τόξο μόνο και μάλιστα απέναντι από το τόξο εγχύσεως των ακροφυσίων.

Επίσης παρατηρούμε ότι τα πτερύγια της δεύτερης σειράς έχουν μεγαλύτερο ύψος από τα πτερύγια της πρώτης (σχ. 52.3α και 52.3β).

Αυτό προκύπτει ως αναγκαίο από την εφαρμογή της λεγόμενης εξισώσεως της **συνέχειας της ροής** του ατμού, η οποία λέει ότι ο όγκος του ατμού, που διέρχεται από το στρόβιλο στη μονάδα του χρόνου, σε οποιοδήποτε σημείο της ροής, είναι σταθερός και πάντοτε ίσος με το γινόμενο του εμβαδού της διατομής της φλέβας του ατμού, σε δεδομένο σημείο, επί την ταχύτητά του στο σημείο αυτό. Γράφεται δε η εξίσωση ως:

$$Q = F \cdot c$$

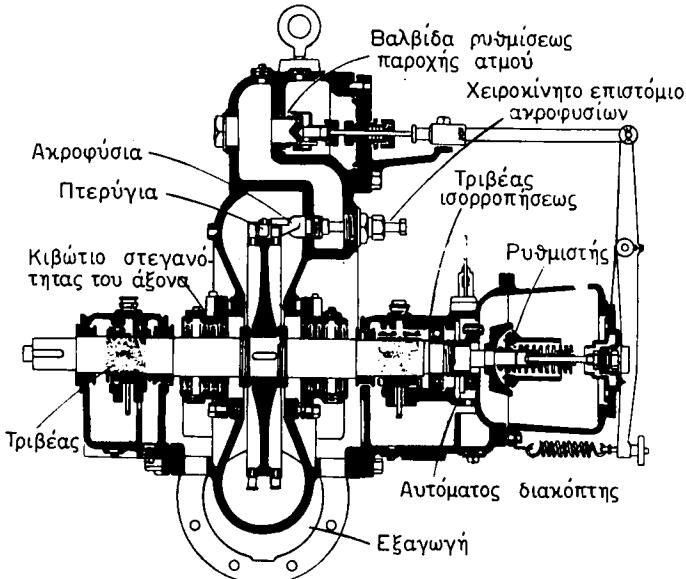
όπου: Q είναι ο όγκος του ατμού, που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου, F η επιφάνεια διατομής της φλέβας του ατμού και c η ταχύτητα του ατμού.

Ο όγκος του ατμού παραμένει σταθερός μετά την έξοδό του από τα ακροφύσια, γιατί μόνο μέσα σ' αυτά πραγματοποιήθηκε η εκτόνωση. Η ταχύτητα όμως εισόδου στα κινητά πτερύγια στη μεν πρώτη σειρά είναι μεγάλη, ενώ στη δεύτερη είναι μικρότερη. Επομένως, για να διατηρηθεί σταθερό το γινόμενο ($F \cdot c$), που παριστάνει τον όγκο (Q), πρέπει στην είσοδο της δεύτερης σειράς πτερυγίων η φλέβα του ατμού να βρει μεγαλύτερη επιφάνεια, την οποία και δημιουργούμε αυξάνοντας το ύψος της δεύτερης σειράς των πτερυγίων.

Το σχήμα 52.3γ δείχνει ένα στρόβιλο δράσεως με 2 βαθμίδες ταχύτητας και ρυθμιστή στροφών.

Διακρίνομε όλες τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, δηλαδή κέλυφος, ακροφύσια, άξονα, τροχό και πτερύγια και επίσης το ρυθμιστή στροφών, ο οποίος ρυθμίζει το άνοιγμα του ατμοφράκτη, τον αυτόματο διακοπής, σε περίπτωση υπερταχύνσεως, τους τριβείς, τον τριβέα ισορροπήσεως, την ελαιολεκάνη και τη λίπανση των τριβέων.

Οι ατμοστρόβιλοι δράσεως με βαθμίδες ταχύτητας χρησιμοποιούνται για να κινούν κυρίως βοηθητικά μηχανήματα όπως αντλίες, γεννήτριες, συμπιεστές, ανεμιστήρες με 2 ή περισσό-



Σχ. 52.3γ.

τερες βαθμίδες ταχύτητας κ.λπ.

Επίσης χρησιμοποιούνται και ως στρόβιλοι αναστροφής των πλοίων τοποθετούμενοι στον άξονα του στροβίλου Χ.Π. με αντίθετη πτερύγωση από αυτή του κύριου στροβίλου. Αποδίδουν τότε ιπποδύναμη 30 - 40% περίπου σε σχέση με την ιπποδύναμη, που αποδίδει ο κύριος στρόβιλος του πρόσω στο σύνολό του.

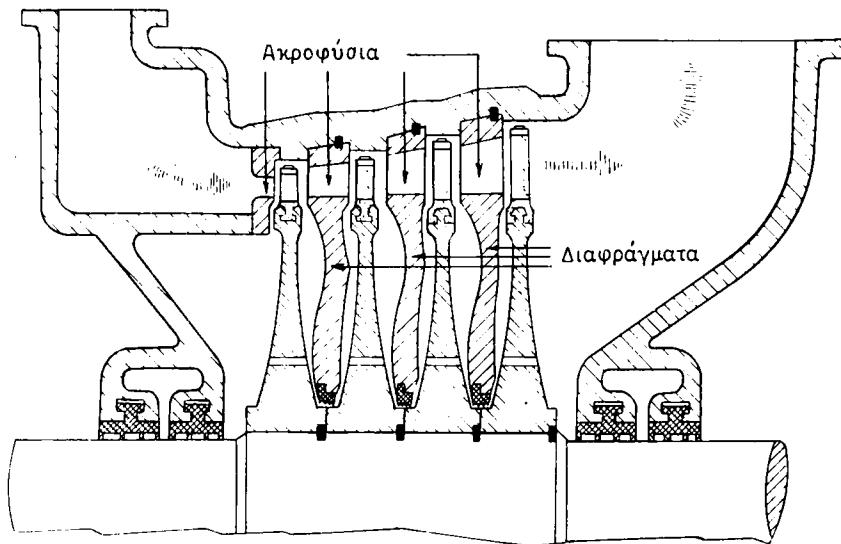
52.4 Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως.

Στον ατμοστρόβιλο αυτό πραγματοποιούμε τη συνολική εκτόνωση του ατμού σταδιακά, δηλαδή σιγά, σιγά, διαδοχικά από την αρχική μέχρι την τελική του πίεση.

Ανάλογα με τον αριθμό των διαδοχικών εκτονώσεων χαρακτηρίζομε και τον αριθμό των εκτονωτικών **βαθμίδων πέσεως**. Έτσι π.χ. λέμε ατμοστρόβιλος δράσεως με 3, 4 ή 5 βαθμίδες πιέσεως κ.ο.κ.

Το σχήμα 52.4α παριστάνει στρόβιλο δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως και 4 συνολικά εκτονωτικές βαθμίδες.

Το στροφείο του αποτελείται από άξονα, στον οποίο στερε-



Σχ. 52.4α.

ώνονται 4 τροχοί. Κάθε τροχός έχει στην περιφέρειά του από μια σειρά κινητών πτερυγίων δράσεως.

Το κέλυφος αποτελείται από δύο μισά, το άνω και το κάτω. Στο άνω ημικέλυφος υπάρχουν κατά τα γνωστά στην πρόσωφη η είσοδος του ατμού και τα ακροφύσια, τα οποία καταλαμβάνουν όλη την περιφέρεια ή μόνο ένα τόξο αυτής, το **τόξο εγκύσεως** συνήθως.

Στο κέλυφος επίσης στερεώνονται τα **διαφράγματα**, τα οποία είναι δίσκοι, που αποτελούνται από δύο μισά. Το κάτω μισό του δίσκου τοποθετείται με μεγάλη εφαρμογή σε αντίστοιχο αυλάκι του κάτω ημικελύφους, το δε άνω με τον ίδιο τρόπο σε αυλάκι του άνω ημικελύφους.

Τα δύο ημιδιαφράγματα εφάπτονται μεταξύ τους με στεγανό τρόπο.

Με τη βοήθεια σφήνας, που σφηνώνεται στο ένα ημιδιάφραγμα και στο αντίστοιχο ημικέλυφος, σταθεροποιούμε το διάφραγμα, ώστε να μην περιστρέφεται κατά τη λειτουργία.

Τα δύο ημιδιαφράγματα ενωμένα σχηματίζουν στο κέντρο τους μια οπή για τον άξονα του στροβίλου. Στη θέση αυτή τοποθετείται σύστημα στεγανότητας, για να εμποδίζει τον ατμό να περνάει από το διάκενο μεταξύ άξονα και διαφράγματος από τη μια εκτονωτική βαθμίδα στην επόμενη.

Κάθε διάφραγμα τοποθετείται μεταξύ δύο τροχών.

Σε ολόκληρη την περιφέρεια ή σε ένα τόξο μόνο κάθε διαφράγματος ανοίγονται οπές, στις οποίες τοποθετούνται ακροφύσια ή εκτονωτικά πτερύγια.

Με αυτόν τον τρόπο με τα ακροφύσια στην αρχή του στροβίλου και με τα ενδιάμεσα διαφράγματα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την κλιμακωτή εκτόνωση, δηλαδή τη διαβάθμιση της πτώσεως της πιέσεως του ατμού στο στρόβιλο αυτόν από 2 έως και 10 ή και περισσότερες μερικές φορές βαθμίδες πιέσεως. Τα ακροφύσια και τα ενδιάμεσα διαφράγματα μπορεί να είναι με το τόξο μερικής εγχύσεως ή με ολική έγχυση.

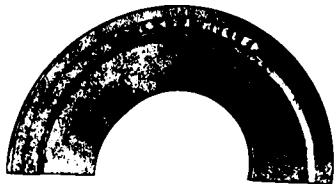
Το σχήμα 52.4β παριστάνει άνω ημιδιάφραγμα για μερική έγχυση του ατμού και το σχήμα 52.4γ για ολική αντίστοιχα.

Στην οπίσθια όψη του το κέλυφος έχει την εξαγωγή του ατμού προς το ψυγείο.

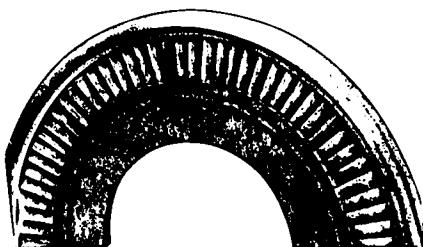
Για τη **λειτουργία** του στροβίλου αυτού παρατηρούμε ότι, όταν ανοίξουμε τον ατμοφράκτη, ο ατμός θα περάσει από την πρώτη σειρά ακροφυσίων. Μέσα σ' αυτά εκτονώνεται και αποκτάει υψηλή ταχύτητα, κατευθύνεται δε από κει κατάλληλα, για να εισέλθει στα κινητά πτερύγια το πρώτου τροχού. Στα πτερύγια αυτά ενεργεί με τη δύναμη δράσεως και περιστρέφει τον τροχό και έτσι παράγει μέρος του συνολικού έργου.

Η πίεση του ατμού μέσα στα κινητά πτερύγια του πρώτου τροχού παραμένει σταθερή, η ταχύτητά του όμως ελαττώνεται λόγω μετατροπής της κινητικής του ενέργειας σε έργο.

Στη συνέχεια ο ατμός διέρχεται από τη δεύτερη σειρά ακροφυσίων, δηλαδή τη σειρά του πρώτου διαφράγματος, όπου ελαττώνεται η πίεσή του και αυξάνεται η ταχύτητά του. Στη συνέχεια εισέρχεται στα πτερύγια του δεύτερου τροχού, όπου αποδίδει πάλι μέρος του συνολικού έργου με τη δύναμη δρά-



Σχ. 52.4β.



Σχ. 52.4γ.

σεως, ενώ η μεν πίεση του παραμένει σταθερή, η δε ταχύτητά του όπως γνωρίζομε πέφτει.

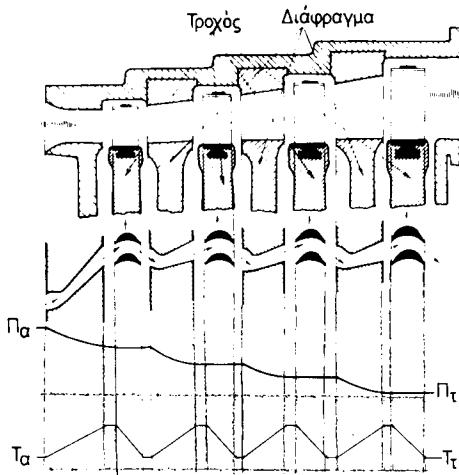
Τα ίδια συμβαίνουν και στην τρίτη και τέταρτη σειρά ακροφυσίων και τις αντίστοιχες τους κινητές πτερυγώσεις, μέχρις ότου ο ατμός εξέλθει από το στρόβιλο.

'Οπως είναι φανερό από την περιγραφή της λειτουργίας του στροβίλου, εκμεταλλευόμαστε την ταχύτητα, την οποία αποκτάει ο ατμός μέσα σε κάθε σειρά ακροφυσίων, για παραγωγή έργου στα πτερύγια του τροχού, που ακολουθεί, έτσι, ώστε η ταχύτητα περιστροφής του στροβίλου να περιορίζεται σε παραδεκτά όρια.

Το σχήμα 52.4δ παριστάνει σε ημιτομή ένα στρόβιλο δράσεως με 4 βαθμίδες πιέσεως. Καλείται δε βαθμίδα το ζεύγος μιας σειράς ακροφυσίων μαζί με την κινητή σειρά πτερυγίων του αντίστοιχου τροχού. Στο κάτω μέρος του σχήματος έχουν χαραχθεί με τη γνωστή μας μέθοδο οι καμπύλες μεταβολής της πιέσεως και της ταχύτητας του ατμού για όλη την πορεία του ατμού μέσα από το στρόβιλο.

Ο αριθμός των βαθμίδων στους στροβίλους αυτής της κατηγορίας κυμαίνεται, όπως είπαμε, από 2 έως και 10 ή περισσότερους, εξαρτάται δε από την ιπποδύναμη και το βαθμό εκτονώσεως.

Από την **εξίσωση συνέχειας της ροής** του ατμού (παράγρ. 52.3) συμπεραίνομε ότι, επειδή ο ατμός εκτονώνεται τώρα



Σχ. 52.4δ.

μέσα στα ακροφύσια, ο όγκος του μεγαλώνει όσο προχωράει από τη **μια βαθμίδα** στην επόμενη. Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται και μεγαλύτερες διατομές διόδου από τη μια βαθμίδα στη άλλη. Αυτό επιβάλλει μεγαλύτερες διαστάσεις και των ακροφυσίων και των πτερυγίων, όσο ο ατμός προχωράει στις βαθμίδες.

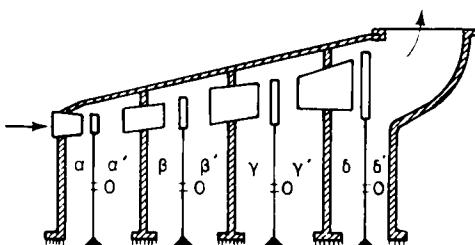
Και όσον αφορά τα πτερύγια η αύξηση της διατομής του αυλακιού μεταξύ αυτών γίνεται με την αύξηση του ύψους τους. 'Οσον αφορά όμως τα ακροφύσια η αύξηση επιτυγχάνεται κυρίως με αύξηση του **τόξου εγχύσεως** αυτών και εν μέρει του ύψους τους.

'Ετσι π.χ., αν τα αρχικά ακροφύσια καταλαμβάνουν τόξο εγχύσεως 90° , τα ακροφύσια της δεύτερης σειράς θα έχουν μεν πάλι τόξο εγχύσεως 90° , αλλά μεγαλύτερο ύψος, τα ακροφύσια της τρίτης λίγο μεγαλύτερο ύψος, τόξο δε εγχύσεως 120° κ.ο.κ. Τελικά, αν οι βαθμίδες πιέσεως είναι πολλές, καταλήγομε στα τελευταία διαφράγματα με τόξο εγχύσεως που εκτείνεται σε ολόκληρη την περιφέρεια αυτού, δηλαδή σε **ολική έγχυση**.

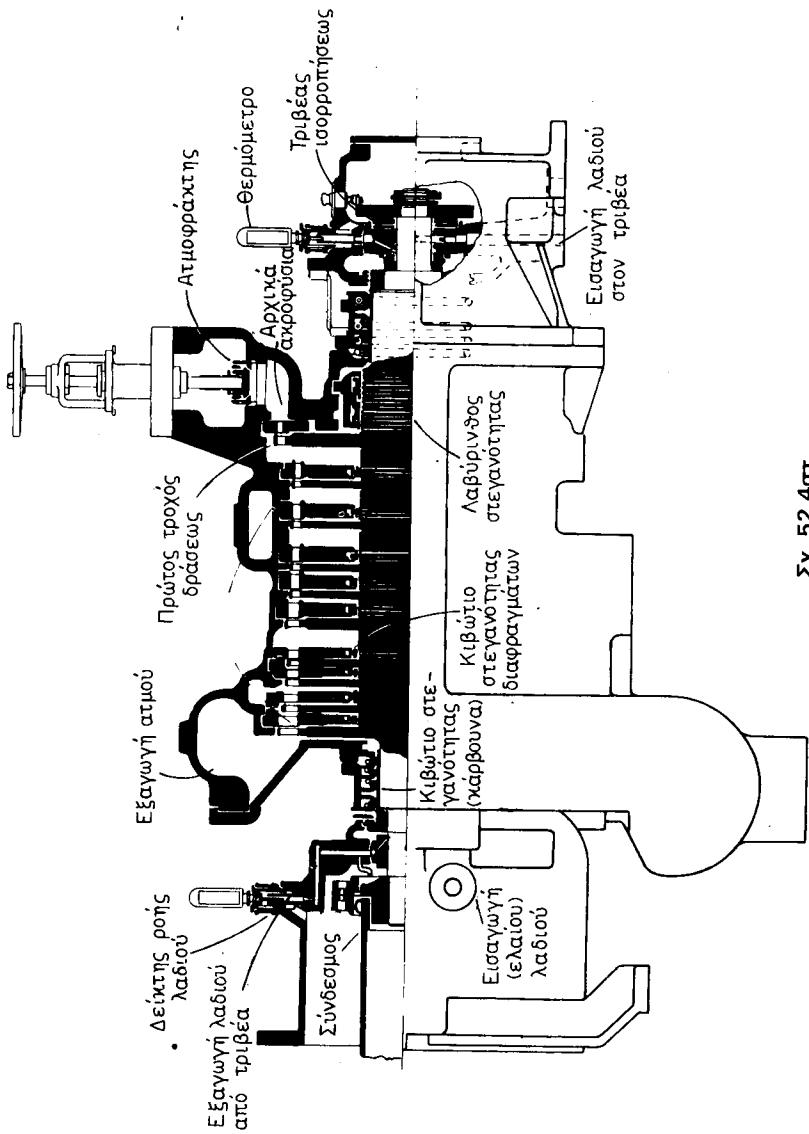
Μεταξύ κάθε ενδιάμεσου διαφράγματος και άξονα και για να μην υπάρχει διαφυγή ατμού από τη μια βαθμίδα πιέσεως προς την επόμενη, τοποθετείται σύστημα στεγανότητας. Αυτό δεν εμποδίζει απολύτως τις διαφυγές, αλλά πάντως τις ελαττώνει στο ελάχιστο.

Στο στρόβιλο αυτό θεωρητικά δεν υπάρχει αξονική ώθηση, γιατί οι πιέσεις στους χώρους $\alpha - \alpha'$, $\beta - \beta'$, $\gamma - \gamma'$, $\delta - \delta'$ είναι θεωρητικά ίσες κατ' αντιστοιχία (σχ. 52.4ε).

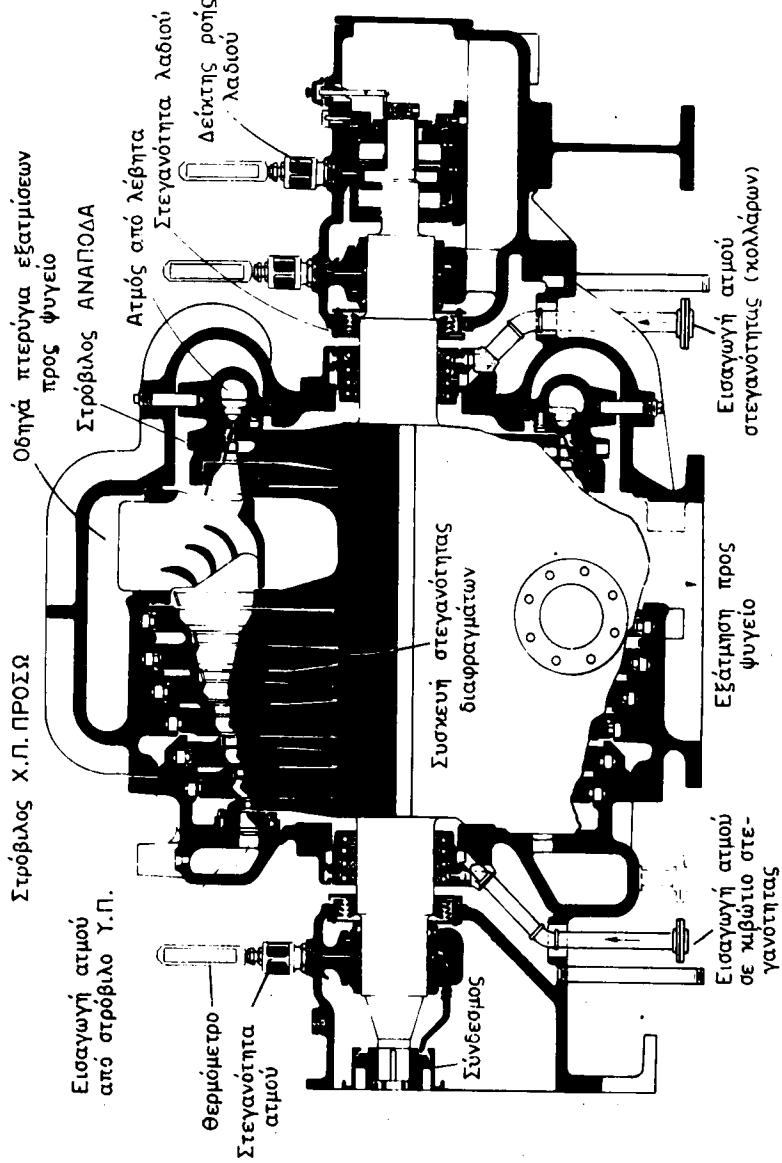
Στην πράξη όμως λόγω τριβών του ατμού οι πιέσεις στους χώρους α' , β' , γ' , δ' , είναι λίγο μικρότερες από τις αντίστοιχες στους χώρους α , β , γ , δ , ώστε να έχουμε μια μικρή αξονική ώθηση του στροφείου, όπως στους στροβίλους de Laval και



Σχ. 52.4ε.



ΣΧ. 52.4.ΣΤ.



Curtis. 'Οπως δε σ' αυτούς έτσι και στο στρόβιλο αυτὸν ανοίγομε **οπές** εξισώσεως της πιέσεως (Ο) επάνω στους τροχούς κάθε βαθμίδας ή χρησιμοποιούμε τριβέα ισορροπήσεως, ο οποίος παραλαμβάνει την αξονική ὥθηση.

Οι ατμοστρόβιλοι δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως χρησιμοποιούνται ως κύριες μηχανές σε μεγάλες ιπποδυνάμεις εγκαταστάσεως ξηράς και πλοίων, επίσης δε και για την κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων μεγάλης σχετικά ισχύος.

Το σχήμα 52.4στ παριστάνει στρόβιλο αυτής της κατηγορίας εγκαταστάσεως ξηράς με όλες του τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

Το σχήμα 52.4ζ παριστάνει αντίστοιχα στρόβιλο της ίδιας κατηγορίας, ο οποίος χρησιμοποιείται ως στρόβιλος Χ.Π. για την πρόωση πλοίου και ο οποίος στο οπίσθιο άκρο του έχει προσαρμοσμένο το στρόβιλό του ανάποδα.

52.5 Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως και ταχύτητας (σύνθετος).

Ο στρόβιλος αυτός είναι συνδυασμός των δύο προηγουμένων. Είναι βασικά στρόβιλος με βαθμίδες πιέσεως, με τη διαφορά όμως ότι μέσα σε κάθε βαθμίδα πιέσεως (τροχό) υπάρχει διαβάθμιση ταχύτητας. Αυτή επιτυγχάνεται με περισσότερες από μια σειρά κινητών πτερυγίων σε κάθε τροχό.

Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προκύψουν πολλές ποικιλίες ή συνδυασμοί σύνθετων στροβίλων. Το χαρακτηριστικό πάντως σε όλους είναι ότι οι διαβαθμίσεις ταχύτητας τοποθετούνται στους πρώτους κατά προτίμηση τροχούς των βαθμίδων πιέσεως. Οι τελευταίοι αντίθετα είναι τμήματα της συνολικής διαβαθμίσεως πιέσεως χωρίς διαβάθμιση ταχύτητας, δηλαδή τροχοί με μια μόνο πτερύγωση κινητών πτερυγίων. Πάντως μεταξύ δύο διαδοχικών βαθμίδων πιέσεως παρεμβάλλεται πάντοτε ένα διάφραγμα με εκτονωτικά ακροφύσια, ενώ μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών κινητών πτερυγώσεων του ίδιου τροχού παρεμβάλλεται πάντοτε μια σειρά οδηγητικών σταθερών πτερυγίων επάνω στο κέλυφος.

Για να προσδιορίσομε ακριβώς ένα σύνθετο στρόβιλο δράσεως και για να μην υπάρχουν αμφιβολίες, χρησιμοποιούμε τον εξής τυποποιημένο ορισμό του: Λέμε «Σύνθετος ατμοστρόβιλος δράσεως με τόσες βαθμίδες πιέσεως, από τις οποίες η πρώτη έχει τόσες βαθμίδες ταχύτητας, η δεύτερη τόσες, η τρίτη τόσες

κ.ο.κ.». Αλλιώς μπορεί να προκύψουν παρανοήσεις και σύγχυση, για τον ακριβή προσδιορισμό του.

Το σχήμα 52.5α π.χ. παριστάνει ένα σύνθετο στρόβιλο δράσεως με 5 βαθμίδες πιέσεως, από τις οποίες η πρώτη μόνο έχει δύο βαθμίδες ταχύτητας.

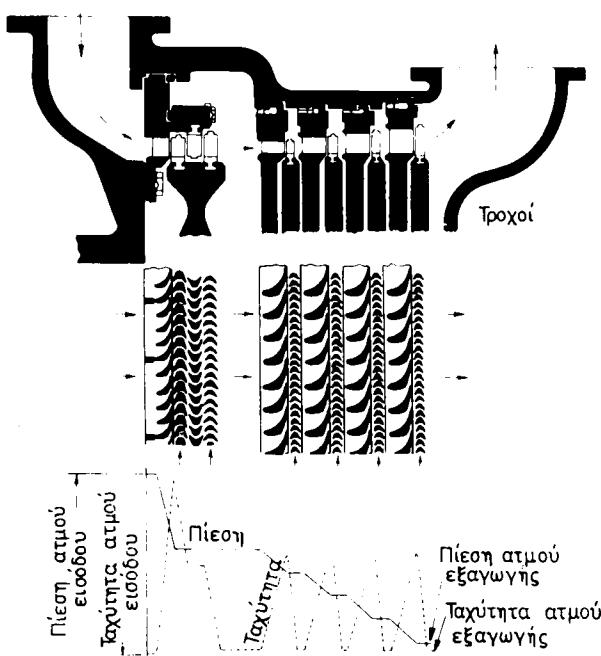
Το στροφείο έχει στον άξονά του 5 τροχούς. Ο πρώτος τροχός έχει δύο σειρές κινητών πτερυγίων δράσεως σε όλη του την περιφέρεια και οι υπόλοιποι τέσσερις από μια σειρά.

Το κέλυφος αποτελείται από τα δύο ημικελύφη.

Η είσοδος του ατμού γίνεται από το πρόσθιο άκρο σε τόξο **μερικής ή ολικής εγκύσεως**.

Μεταξύ των κινητών πτερυγώσεων του πρώτου τροχού παρεμβάλλεται μια σταθερή πτερυγωση με **οδηγητικά** πτερύγια δράσεως, για να κατευθύνει τον ατμό στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων του πρώτου τροχού.

Ακολουθούν στη συνέχεια 4 ζεύγη, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από ένα διάφραγμα. Στα διαφράγματα αυτά, υπάρχουν τα ενδιάμεσα ακροφύσια μαζί με τον αντίστοιχο τροχό, ο



Σχ. 52.5α.

οποίος έχει τα κινητά πτερύγια δράσεως. 'Ετσι έχουμε 5 βαθμίδες πιέσεως, από τις οποίες η πρώτη έχει δύο βαθμίδες ταχύτητας.

Στο άλλο άκρο του το κέλυφος έχει τον οχετό εξαγωγής του ατμού προς τον επόμενο στρόβιλο, εάν υπάρχει, ή προς το ψυγείο.

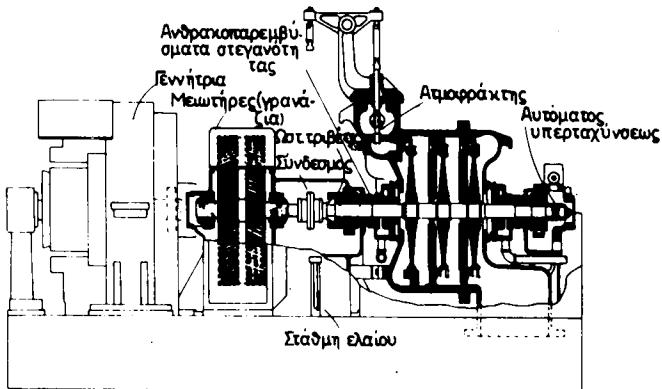
Ως προς τη **λεπτουργία** αυτού του στροβίλου παρατηρούμε ότι ο ατμός στην πρώτη σειρά ακροφυσίων εκτονώνεται και αποκτάει υψηλή ταχύτητα, στη συνέχεια δε οδηγείται στην πρώτη σειρά κινητών πτερυγίων του πρώτου τροχού. Εκεί πραγματοποιεί ένα μέρος έργου λόγω δράσεως και χάνει μέρος της ταχύτητάς του. Από εκεί περνάει, χωρίς να μεταβληθεί η κατάστασή του, από τα **οδηγητικά** πτερύγια του κελύφους και εισέρχεται στη δεύτερη σειρά κινητών πτερυγίων του πρώτου τροχού, όπου πραγματοποιεί άλλο ένα μέρος του συνολικού έργου και χάνει επίσης μέρος της ταχύτητάς του. Υπέστη δηλαδή ο ατμός μέχρι τώρα μια εκτόνωση και δύο πτώσεις ταχύτητας, ενώ η πίεσή του κατά τη δίοδο από τις πτερυγώσεις του πρώτου τροχού παρέμεινε σταθερή.

Με την πίεση αυτή εξόδου από τον πρώτο τροχό εισέρχεται στα ακροφύσια του πρώτου διαφράγματος, όπου εκτονώνεται και αποκτάει ταχύτητα. Με την ταχύτητα αυτή δρα επάνω στα κινητά πτερύγια του αντίστοιχου τροχού και επαναλαμβάνει τα ίδια και στα δεύτερο, τρίτο και τέταρτο διαφράγματα και τροχούς, μέχρις ότου βγει από το στρόβιλο.

Στο κάτω μέρος του σχήματος 52.5α χαράσσομε τις καμπύλες, οι οποίες παριστάνουν τις μεταβολές πιέσεως και ταχύτητας του ατμού, καθώς προχωρεί κατά μήκος του στροβίλου. Από αυτές βλέπομε ότι η πίεση του ατμού πέφτει συνολικά 5 φορές, η δε ταχύτητά του δύο φορές στον πρώτο τροχό και από μια στους 4 επόμενους, δηλαδή 6 συνολικά φορές.

Και για το στρόβιλο αυτό ισχύουν επίσης όλα, όσα είπαμε και για τους προηγούμενους τύπους, δηλαδή τα σχετικά με το **τόξο εγκύσεως, τις διαστάσεις των ακροφυσίων και των πτερυγίων**, την **αξονική άθηση** και τις οπές εξουδετερώσεώς της ή αντίστοιχα τον **τριβέα ισορροπήσεως** για την αντιμετώπισή της.

Οι στρόβιλοι αυτοί χρησιμοποιούνται πολύ σε μεγάλες ιπποδυνάμεις εγκαταστάσεως ξηράς ή προώσεως πλοιών, αλλά και για την κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων μεγάλης σχετικά ισχύος. Το σχήμα 52.5β παριστάνει με όλες τις κατασκευαστικές του λεπτομέρειες ένα σύνθετο ατμοστρόβιλο με 3 βαθμίδες



Σχ. 52.5β.

πιέσεως, κάθε μια από τις οποίες έχει τροχό με 2 βαθμίδες ταχύτητας.

Στο ένα άκρο του έχει σύστημα μειώσεως των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς. Οι μεγάλοι τροχοί διαιρούνται κατά μήκος σε δύο μισά ο καθ' ένας, με αντίθετες ελικοειδείς οδοντώσεις για την εξουδετέρωση της αξονικής ώσεως του στροβίλου.

Ο στρόβιλος αυτός κινεί γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, βρίσκεται δε μαζί με αυτήν επάνω στην ίδια βάση.

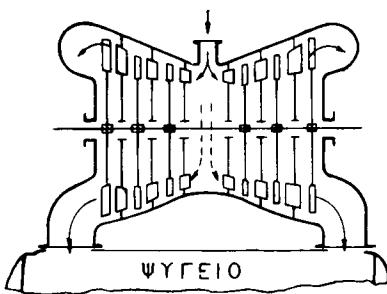
52.6 Ατμοστρόβιλοι δράσεως διπλής ροής.

Αυτοί αποτελούν κατασκευαστική μόνο παραλλαγή των στροβίλων με διαβάθμιση πιέσεως και των συνθέτων, δηλαδή με διαβάθμιση και πιέσεως και ταχύτητας.

Είναι γενικά στρόβιλοι διαμορφωμένοι με συμμετρικό τρόπο δεξιά και αριστερά από το μέσο του άξονα του στροφείου. Σ' αυτούς συνήθως η εισαγωγή του ατμού γίνεται στο μέσο, η δε εξαγωγή από τα δύο άκρα, οπότε ο ατμός εισέρχεται με δύο οχετούς στο ψυγείο (σχ. 52.6).

Μπορεί όμως να συμβαίνει και το αντίθετο, οπότε η εισαγωγή του ατμού γίνεται από δύο οχετούς, ανά ένα σε κάθε άκρο του στροβίλου, η δε εξαγωγή από το μέσο με κοινό οχετό προς το ψυγείο. Η διάταξη όμως αυτή χρησιμοποιείται σπάνια.

Ο στρόβιλος του σχήματος είναι στρόβιλος δράσεως διπλής



Σχ. 52.6.

ροής με βαθμίδες πιέσεως.

Ο βασικότερος λόγος, για τον οποίο χρησιμοποιούνται οι στρόβιλοι αυτοί, είναι η εξουδετέρωση της αξονικής ώσεως από αυτό το ίδιο το στροφείο, λόγω συμμετρίας του στροφείου. 'Ετσι ή δεν χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου τριβέας ισορροπήσεως ή, αν για λόγους ασφαλείας χρησιμοποιείται, κατασκευάζεται με πολύ μικρές διαστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 53

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΙΚΤΩΝ

53.1 Ο στρόβιλος αντιδράσεως (Parson's).

A. Οι στρόβιλοι αντιδράσεως καλούνται και στρόβιλοι Parson's από το όνομα του 'Αγγλου μηχανικού, ο οποίος πρώτος τους κατασκεύασε.

Στους ατμοστροβίλους αυτούς το έργο παράγεται από **δράση** και **αντίδραση**. Ατμοστρόβιλοι **καθαρής αντιδράσεως** δεν κατασκευάζονται.

Θεωρητικά, εάν είχαμε στρόβιλο καθαρής αντιδράσεως, θα έπρεπε ο ατμός να περάσει πρώτα από ακροφύσια, τα οποία θα του έδιναν τόση μόνο ταχύτητα, όση χρειάζεται, για να εισέλθει στα κινητά πτερύγια. Ήτσι κατά την είσοδό του σ' αυτά δεν θα παρήγαγε καθόλου έργο λόγω δράσεως. Στη συνέχεια ο ατμός θα εκτονωνόταν μέσα στα κινητά πτερύγια αντιδράσεως, όπου θα αποκτούσε ταχύτητα μεγαλύτερη από εκείνη, με την οποία εισήλθε, και λόγω επίσης της αλλαγής κατευθύνσεώς τους μέσα σ' αυτά θα παρήγαγε το έργο της αντιδράσεως.

Αυτό αποτελεί θεωρητική μόνο προϋπόθεση. Στην πραγματικότητα, όπως ήδη γνωρίζομε, οι στρόβιλοι αντιδράσεως κατασκευάζονται έτσι, ώστε ποσοστό 50% περίπου του έργου, που παράγεται μέσα σε κάθε κινητή πτερύγωση, να παράγεται λόγω δράσεως, το υπόλοιπο δε 50% λόγω αντιδράσεως.

Στην παράγραφο 47.7 είδαμε ότι το ποσοστό του εξ αντιδράσεως έργου σε σχέση προς το συνολικό έργο, το οποίο παράγεται μέσα στην πτερύγωση αντιδράσεως, καλείται **βαθμός αντιδράσεως** (ρ).

Εάν λοιπόν σε ένα στρόβιλο αντιδράσεως έχομε $\rho = 0,70$ ή 70%, αυτό σημαίνει ότι το 70% του έργου μέσα σ' αυτὸν οφείλεται σε αντίδραση, το δε 30% σε δράση.

Η συνηθισμένη τιμή του βαθμού αντιδράσεως είναι $\rho = 0,50$ ή 50% περίπου.

Στους ατμοστροβίλους αντιδράσεως, στην πραγματικότητα δεν χρησιμοποιούμε ακροφύσια, αλλά **σταθερά πτερύγια αντιδράσεως**, τα οποία ενεργούν ως ακροφύσια. Καθώς δηλαδή ο ατμός περνάει από αυτά, εκτονώνεται και αποκτάει ταχύτητα υψηλή και πάντως πολύ μεγαλύτερη από εκείνη, που χρειάζεται θεωρητικά, για να εισέλθει μόνο στην κινητή πτερύγωση αντιδράσεως. 'Ετσι λόγω της ταχύτητάς του αυτής παράγει αρχικά μέσα στα κινητά πτερύγια το έργο από δράση και χάνει μέρος της ταχύτητάς του. Στη συνέχεια όμως εκτονώνεται μέσα στα κινητά πτερύγια αντιδράσεως, παράγοντας έτσι έργο εξ αντιδράσεως. Εξερχόμενος από τα κινητά πτερύγια αντιδράσεως εισέρχεται με χαμηλή ταχύτητα στην επόμενη σειρά σταθερών πτερυγίων αντιδράσεως, όπου εκτονώνεται και πάλι και αποκτάει υψηλή ταχύτητα. Με αυτήν εισέρχεται στα επόμενα κινητά πτερύγια, για να παράγει έργο λόγω δράσεως και αντιδράσεως, όπως και προηγουμένως, κ.ο.κ., μέχρις ότου βγει από την τελευταία σειρά κινητών πτερυγίων οδεύοντας προς την εξαγωγή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνομε ότι μέσα στο στρόβιλο αντιδράσεως η πίεση του ατμού πέφτει σταδιακά και στα σταθερά και στα κινητά πτερύγια. Αντίθετα η ταχύτητα αυξάνεται πρώτα μέσα στα σταθερά και πέφτει στη συνέχεια λόγω δράσεως στα κινητά. Ταυτόχρονα όμως, λόγω εκτονώσεως του ατμού μέσα σ' αυτά, ανέρχεται κατά ένα ποσοστό, ώστε με την ταχύτητα που απομένει να εισέλθει στην επόμενη σταθερή πτερύγωση.

Βαθμίδα πιέσεως στο στρόβιλο αντιδράσεως καλούμε το ζεύγος, το αποτελούμενο από μια σειρά σταθερών και μια κινητών πτερυγίων. (Και αυτό παρ' όλο ότι η πίεση πέφτει δύο φορές μέσα σε κάθε βαθμίδα, δηλαδή μια στα σταθερά και μια στα κινητά πτερύγια).

Για να περιορίσουμε τον αριθμό στροφών στους στροβίλους αντιδράσεως, προκαλούμε την πτώση της πιέσεως του ατμού σιγά, σιγά και σε πολλές βαθμίδες.

Η συνηθισμένη πτώση πιέσεως, κάθε φορά που ο ατμός περνάει από μια κινητή ή σταθερή πτερύγωση, είναι περίπου 0,1 ~ 0,2 At. 'Ετσι ακόμη και για μικρή διαφορά πιέσεως του ατμού από την εισαγωγή έως την εξαγωγή του από το στρόβιλο αναγκαζόμαστε να έχουμε μεγάλο αριθμό βαθμίδων.

Από τα παραπάνω συμπεραίνομε ότι στο στρόβιλο αντιδράσεως πρέπει να υπάρχει μεγάλος αριθμός πτερυγώσεων. Οι

πτερυγώσεις όμως για τεχνικούς λόγους δεν πρέπει να τοποθετούνται σε χωριστούς τροχούς η κάθε μία. Γι' αυτό διαμορφώνεται το στροφείο του σε κύλινδρο, ο οποίος και καλείται **τύμπανο** του στροβίλου αντιδράσεως.

Είναι προφανές τώρα ότι, όπως υπαγορεύει η **εξίσωση συνέχειας της ροής** του ατμού, όσο προχωρούμε στις βαθμίδες, τόσο οι διαστάσεις των πτερυγίων, σταθερών και κινητών, πρέπει να γίνονται μεγαλύτερες. Θα έπρεπε θεωρητικά τα πτερύγια μιας βαθμίδας να είναι μεγαλύτερα της προηγούμενης. Αυτό όμως θα απαιτούσε να χρησιμοποιούνται για κάθε βαθμίδα και ιδιαίτερα πτερύγια. Στην Τεχνική όμως αυτό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμο, γιατί τα πτερύγια κατασκευάζονται και πωλούνται σε τυποποιημένες διαστάσεις. Έτσι αναγκαζόμαστε να υποδιαιρούμε τις βαθμίδες πιέσεως σε ομάδες, από τις οποίες κάθε μία αποτελείται από πτερυγώσεις με πτερύγια του ίδιου τυποποιημένου μεγέθους. Κάθε ομάδα ονομάζεται **εκτονωτική διαράθμιση**.

Παράλληλα και το τύμπανο μπορεί να έχει την ίδια διάμετρο σε όλο το μήκος του, προτιμάται όμως να κατασκευάζεται με διαφορετικές διαμέτρους κατά τμήματα που αντιστοιχούν στις ομάδες πτερυγώσεως.

Το κέλυφος τέλος διαμορφώνεται ανάλογα με το τύμπανο και τα ύψη των πτερυγίων, εσωτερικά δε έχει τις σταθερές πτερυγώσεις ολικής εγχύσεως πάντοτε.

B. Το σχήμα 53.1α παριστάνει ατμοστρόβιλο αντιδράσεως με 5 βαθμίδες, με τύμπανο σταθερής διαμέτρου και κέλυφος με κλιμακωτή αύξηση της διαμέτρου ανάλογα με τα ύψη των πτερυγίων.

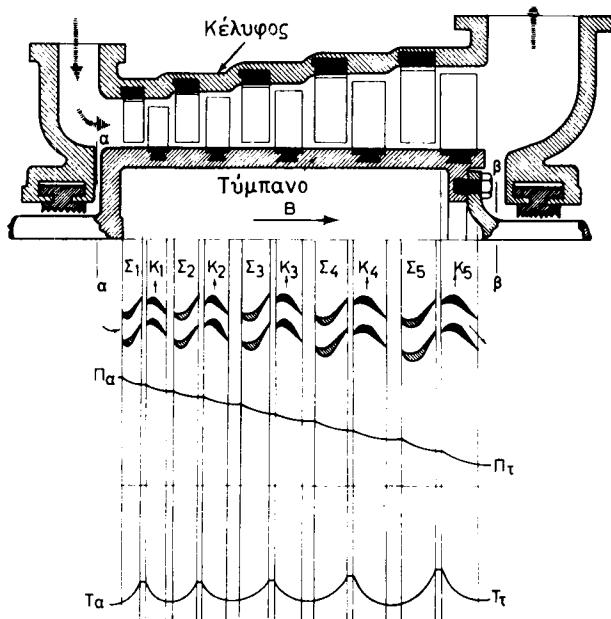
Διακρίνονται η εισαγωγή του ατμού, οι σταθερές πτερυγώσεις εσωτερικά στο κέλυφος, οι κινητές πτερυγώσεις στο τύμπανο και τέλος η εξαγωγή του ατμού από το άλλο άκρο.

Στα σημεία, όπου ο άξονας διαπερνάει το κέλυφος, διακρίνονται τα κιβώτια στεγανότητας. Στη συνέχεια υπάρχουν οι τριβείς εδράσεως του άξονα και ο τριβέας ισορροπήσεως (δεν διακρίνονται στο σχήμα).

Ακροφύσια σ' αυτόν το στρόβιλο δεν υπάρχουν, ο ατμός δε καθώς εισέρχεται συναντάει πρώτα την πρώτη σειρά σταθερών εκτονωτικών πτερυγίων.

Η όλη λειτουργία του είναι φανερή από όσα είπαμε προηγουμένως.

Στο κάτω μέρος του σχήματος δίνονται σε κάτοψη οι σταθε-



Σχ. 53.1α.

ρές και κινητές πτερυγώσεις, όπου φαίνονται καθαρά και οι μορφές των πτερυγίων αντιδράσεως. Χαράσσονται επίσης με το γνωστό μας τρόπο οι καμπύλες μεταβολής πιέσεως και της ταχύτητας για όλη τη ροή του ατμού κατά μήκος του στροβίλου.

Γ. Στον πιο πάνω στρόβιλο παρατηρούμε επίσης και τα εξής:

α) 'Όταν ο βαθμός αντιδράσεως είναι $\rho = 0,50$, οι διαστάσεις και τα υπόλοιπα στοχεία των σταθερών και κινητών πτερυγίων κάθε πτερυγώσεως είναι τα ίδια.

β) Λόγω της εκτονώσεως του ατμού μέσα σ' αυτήν, κάθε βαθμίδια έχει πτερύγια με ύψος και διατομή μεγαλύτερα από αυτά των πτερυγίων της προηγούμενης βαθμίδας.

γ) Οι σταθερές πτερυγώσεις είναι πάντοτε ολικές ή ολικής εγχύσεως.

δ) Για να αποφεύγονται οι απώλειες του ατμού, ρυθμίζονται τα διάκενα, τα ακτινικά κυρίως, όσο το δυνατόν μικρότερα, εάν βέβαια το επιτρέπει η ασφάλεια του στροβίλου.

ε) Λόγω της διαφοράς πιέσεως, η οποία υπάρχει και πριν και μετά από κάθε κινητή πτερύγωση, δημιουργούνται από αυτές αξονικές ωθήσεις του στροφείου.

Οι επί μέρους αξονικές ωθήσεις αθροίζονται και δίνουν τη συνολική αξονική ώθηση B του στροφείου προς την κατεύθυνση εξόδου του ατμού.

Για να την αντισταθμίσουμε, χρησιμοποιούμε ειδική διάταξη στο πρόσθιο μέρος του στροβίλου, η οποία καλείται **αεργοστροφείο** (σχ. 53.1β).

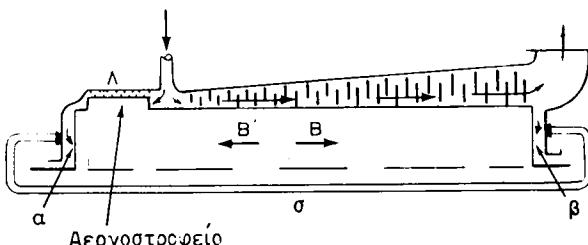
Διαμορφώνομε δηλαδή το πρόσθιο άκρο του στροφείου με διάμετρο μεγαλύτερη από τη διάμετρο του τυμπάνου, ώστε να δημιουργήσουμε μια δακτυλιοειδή επιφάνεια. Η επιφάνεια αυτή δέχεται την πίεση του ατμού με κατεύθυνση αντίθετη από κείνη της ροής του, δηλαδή αντίθετη της αξονικής ωθήσεως. 'Ετσι δημιουργείται μία δύναμη (B') αντίθετη της (B) με σκοπό την ισορρόπησή της.

Μεταξύ της κυλινδρικής επιφάνειας του αεργοστροφείου και της αντίστοιχης του κελύφους σχηματίζεται λαβύρινθος (Λ). Αυτός εμποδίζει τη δίοδο του ατμού, γιατί στον πρόσθιο χώρο (a) πρέπει να επικρατεί χαμηλή πίεση ή αυτή η ίδια η πίεση της εξαγωγής του ατμού.

Αυτό επιτυγχάνεται με το σωλήνα (σ), ο οποίος φέρνει σε επικοινωνία τον πρόσθιο χώρο (a) του αεργοστροφείου με το χώρο (β), που συγκοινωνεί με την εξαγωγή.

Σε άλλες περιπτώσεις ο χώρος (a) συγκοινωνεί απ' ευθείας με το ψυγείο. Σε άλλες πάλι ο χώρος (a) συγκοινωνεί με το (β) μέσα από το εσωτερικό του τυμπάνου, το οποίο και κατασκευάζεται **κούλο**.

Με τη διάταξη του αεργοστροφείου λοιπόν επιτυγχάνομε, ώστε η δύναμη, η οποία αντισταθμίζει την αξονική ώθηση (B), δηλαδή η (B'), να ισούται με το γινόμενο της διαφοράς πίεσεως του ατμού εισαγωγής και εξαγωγής επί τη δακτυλιοειδή επιφάνεια του αεργοστροφείου. Γνωρίζοντας επομένως την αξονική ώθηση (B) από υπολογισμό, μπορούμε να υπολογίσουμε στη

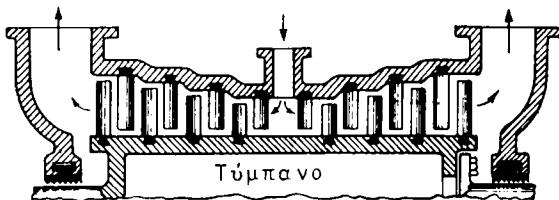


Σχ. 53.1β.

συνέχεια τη διάμετρο του αεργοστροφείου. Το αεργοστροφείο στους στροβίλους αντιδράσεως είναι απαραίτητο, γιατί σ' αυτούς η αξονική ώθηση είναι μεγάλη και για την αντιστάθμισή της απαιτείται τριβέας ισορροπήσεως μεγάλων διαστάσεων. Ενώ με τη χρήση του αεργοστροφείου οι διαστάσεις του τριβέα ισορροπήσεως γίνονται ελάχιστες.

Την αξονική ώθηση εξουδετερώνομε στους στροβίλους αντιδράσεως και με την κατασκευή των λεγομένων στροβίλων **διπλής ροής**, όπως και στους στροβίλους δράσεως.

Στρόβιλος αντιδράσεως διπλής ροής παριστάνεται στο σχήμα 53.1γ. Σ' αυτόν η είσοδος του ατμού γίνεται από το μέσον του κελύφους, η δε εξαγωγή του προς το ψυγείο από τα δύο άκρα του. 'Ετσι προκύπτει τριβέας ισορροπήσεως με πολύ ελαττωμένες διαστάσεις.



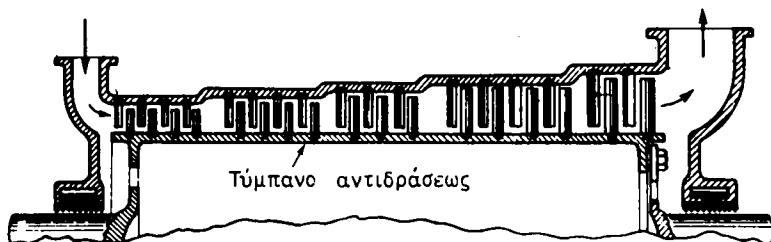
Σχ. 53.1γ.

Στρόβιλοι διπλής ροής κατασκευάζονται συνήθως οι στρόβιλοι Χ.Π. της εγκαταστάσεως, οι οποίοι και έχουν μεγάλο όγκο λόγω της προχωρημένης ήδη εκτονώσεως του ατμού κατά τη διοδό του από τους στροβίλους Υ.Π. ή και Μ.Π.

Δ. Αναφέραμε ήδη ότι η συνολική πτερύγωση του ατμοστροβίλου για λόγους ευκολίας κατασκευής υποδιαιρείται σε **ομάδες** ή εκτονωτικές διαβαθμίσεις και ότι κάθε μία από αυτές αποτελείται από πτερύγια τυποποιημένα με ίδιες διαστάσεις. Σημειώνομε εδώ ότι δεν είναι πάντοτε αναγκαίο να έχουν όλες οι ομάδες τον ίδιο αριθμό πτερυγώσεων. Αυτό εξαρτάται από τον υπολογισμό και τη σχεδίαση του στροβίλου που προκύπτει από την πείρα του κατασκευαστή.

Το σχήμα 53.1δ παριστάνει στρόβιλο αντιδράσεως με 5 ομάδες ή εκτονωτικές διαβαθμίσεις, από τις οποίες η πρώτη έχει 4 σειρές πτερυγώσεων, η δεύτερη 4, η τρίτη 3, η τέταρτη 4 και η πέμπτη 2.

Είπαμε επίσης ότι για κατασκευαστικούς λόγους το τύμπανο



Σχ. 53.1δ.

μπορεί να γίνεται ισοδιαμετρικό σε όλο το μήκος του ή να κατασκευάζεται με τρηματικά μεταβαλλόμενη διάμετρο.

53.2 Ο μικτός στρόβιλος δράσεως - αντιδράσεως.

Ο **μικτός** ατμοστρόβιλος αποτελείται από ένα τμήμα δράσεως και ένα αντιδράσεως, τοποθετημένα στον ίδιο άξονα και μέσα σε κοινό κέλυφος.

Οι μικτοί στρόβιλοι κατασκευάζονται για πολύ μεγάλες ιπποδυνάμεις.

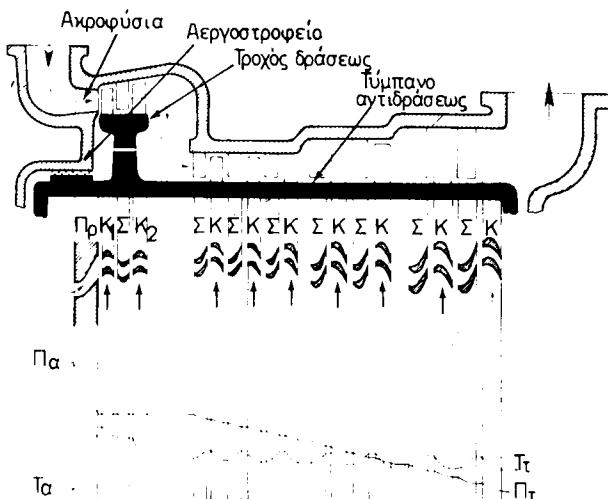
Το τμήμα ή στρόβιλος δράσεως τοποθετείται πάντοτε στην εισαγωγή του ατμού, ενώ το τμήμα ή στρόβιλος της αντιδράσεως, το οποίο εργάζεται με τον ατμό εξαγωγής από το τμήμα δράσεως, ακολουθεί κατά μήκος του άξονα μέχρι την εξαγωγή του ατμού από το στρόβιλο.

Με το μικτό στρόβιλο επιτυγχάνεται μικρότερο συνολικό μήκος του στροβίλου για μια δεδομένη ιπποδύναμη. Επίσης, επειδή η πίεση του ατμού στην εισαγωγή είναι μεγάλη, έχομε καλή απόδοση χρησιμοποιώντας πρώτα το στρόβιλο δράσεως, ενώ στη συνέχεια, όταν η πίεση είναι χαμηλότερη, έχομε πάλι καλή απόδοση χρησιμοποιώντας το στρόβιλο αντιδράσεως.

Οι συνηθισμένοι μικτοί στρόβιλοι αποτελούνται από ένα τροχό Curtis εμπρός και ένα στρόβιλο αντιδράσεως Parson's πίσω. Γι' αυτό συχνά καλούνται στρόβιλοι Curtis - Parson's.

Το σχήμα 53.2 παριστάνει μικτό ατμοστρόβιλο, που αποτελείται από ένα τροχό δράσεως με 2 βαθμίδες ταχύτητας και ένα τύμπανο αντιδράσεως με 3 εκτονωτικές διαβαθμίσεις. Από αυτές η πρώτη έχει 3 βαθμίδες, ενώ η δεύτερη και η τρίτη ανά 2 βαθμίδες κάθε μία.

Στο πρόσθιο μέρος του ατμοστροβίλου διακρίνεται το αεργοστροφείο για την ισορρόπηση της αξονικής αθήσεως του τμήματος αντιδράσεώς του.



Σχ. 53.2.

Στο κάτω μέρος του σχήματος φαίνονται σε κάτοψη τα ακροφύσια, τα σταθερά και κινητά πτερύγια δράσεως και αυτά της αντιδράσεως.

Παρατηρούμε τη διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών πτερυγίων. Επίσης την τυμπατική αύξηση των διαστάσεων των πτερυγίων αντιδράσεως και του αυλακιού τους από τη μια στην επόμενη διαβάθμιση. Το ίδιο άλλωστε συμβαίνει και για το ύψος των πτερυγίων στη διαμήκη τομή του στροβίλου στο άνω μέρος του σχήματος.

Με το γνωστό μας τρόπο τέλος χαράσσομε τις καμπύλες μεταβολής της πιέσεως και της ταχύτητας του ατμού από την είσοδό του στον ατμοστρόβιλο μέχρι την εξαγωγή του από αυτόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 54

ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ

54.1 Γενικά.

'Ολοι οι ατμοστρόβιλοι, που περιγράψαμε μέχρι τώρα, ονομάζονται ατμοστρόβιλοι **αξονικής ροής**, επειδή σ' αυτούς ο ατμός από την εισαγωγή μέχρι την εξαγωγή ρέει παράλληλα προς τον άξονά τους.

Εκτός όμως από αυτούς τους στροβίλους υπάρχουν και οι τύποι των λεγομένων στροβίλων **ακτινικής και περιφερειακής ροής**, οι οποίοι χαρακτηρίζονται έτσι από την κατεύθυνση και την πορεία, που ακολουθεί ο ατμός μέσα σ' αυτούς. Τους δύο αυτούς τύπους θα περιγράψουμε παρακάτω.

54.2 Ο ατμοστρόβιλος ακτινικής ροής.

Σ' αυτόν ο ατμός εισέρχεται από το κέντρο και εξέρχεται από την περιφέρεια ή και αντίθετα. Κατασκευάζεται ή ως στρόβιλος δράσεως ή κατά προτίμηση, ως αντιδράσεως.

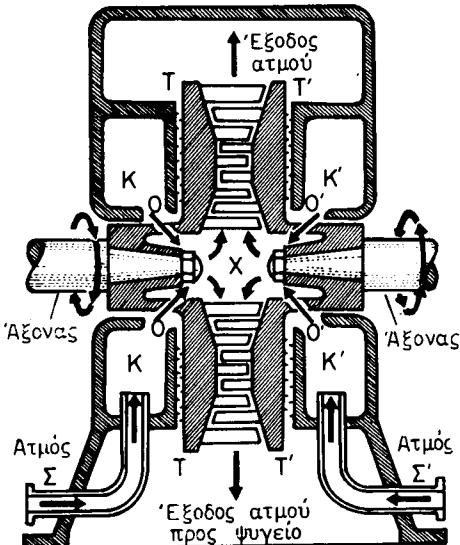
Το σχήμα 54.2 παριστάνει ένα στρόβιλο αντιδράσεως ακτινικής ροής.

Ο ατμός εισέρχεται από τους σωλήνες (Σ) και (Σ') στους περιφερειακούς χώρους (K) και (K'), από τους οποίους μέσω των οπών (O) και (O') εισέρχεται στο χώρο (X). Στη συνέχεια πορεύεται με ακτινική έννοια μέσα από τα κινητά πτερύγια των δύο τροχών, περιστρέφοντας τους δύο άξονές τους κατά αντίθετη έννοια.

Τελικά φθάνει στο χώρο εξαγωγής (T) και (T') και από εκεί κατευθύνεται προς το ψυγείο.

Χαρακτηριστικό στο στρόβιλο αυτόν είναι ότι δεν υπάρχουν σταθερά πτερύγια αντιδράσεως, αλλά τα κινητά πτερύγια του ενός τροχού χρησιμεύουν και ως σταθερά κατά κάποιο τρόπο εκτονωτικά πτερύγια για τον άλλο τροχό και αντίστροφα.

Ο στρόβιλος αυτός λέγεται και στρόβιλος Ljungstrom (Λιούνγστρομ) από το όνομα του Σουηδού μηχανικού, ο οποίος τον επινόησε και τον κατασκεύασε.



Σχ. 54.2.

54.3 Ο ατμοστρόβιλος περιφερειακής ροής.

Σ' αυτόν ο ατμός ρέει μόνο κατά την περιφέρεια, δηλαδή κατά εφαπτομενική έννοια ως προς το στροφείο.

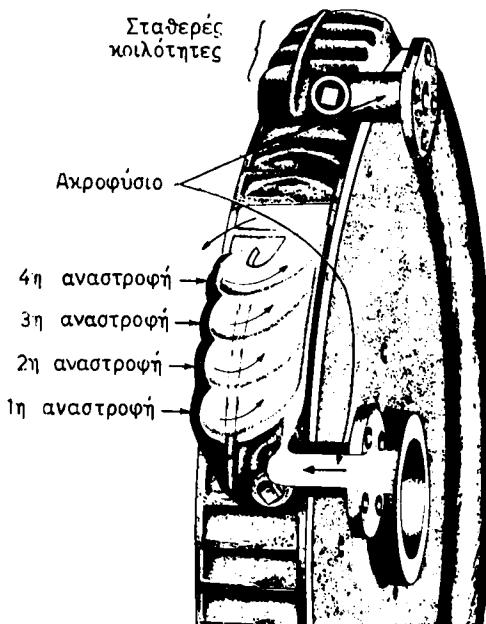
Το σχήμα 54.3α παριστάνει ένα στρόβιλο αυτής της κατηγορίας.

Στην περιφέρεια του δίσκου υπάρχουν μικρές κοιλότητες, αντί για πτερύγια, οι οποίες είναι κινητές, υπό την έννοια ότι κινούνται μαζί με τον τροχό.

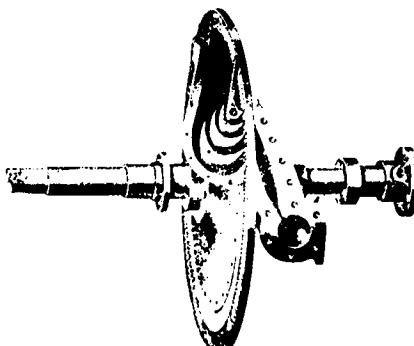
Στο κέλυφος υπάρχουν 2 έως 4 ακροφύσια. Το κάθε ένα από αυτά σχηματίζει 4 σταθερές ή ακίνητες κοιλότητες.

Ο ατμός εισέρχεται ταυτόχρονα σε όλα τα ακροφύσια και από εκεί στην πρώτη κινητή κοιλότητα, που συναντά, και αναγκάζει τον τροχό να περιστραφεί. Εξέρχεται στη συνέχεια από την κινητή κοιλότητα, κτυπάει στην αντίστοιχη σταθερή και εισέρχεται στην επόμενη κινητή. Αυτό επαναλαμβάνεται τρεις φορές ακόμη, μέχρις ότου ο ατμός εξέλθει τελικά από το στρόβιλο.

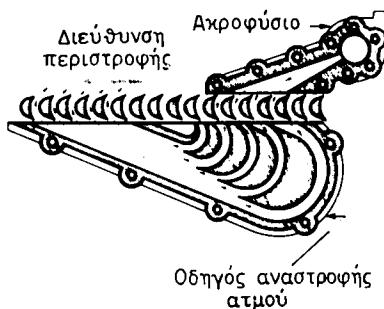
Κατά τη διαδοχική αυτή πορεία του από τις κινητές και σταθερές κοιλότητες, κατά την οποία ο ατμός αναστρέφει κάθε φορά την κατεύθυνσή του, εκτελεί μία ελικοειδή κίνηση επάνω σ' ένα τόξο της περιφέρειας του τροχού.



Σχ. 54.3α.



Σχ. 54.3β.

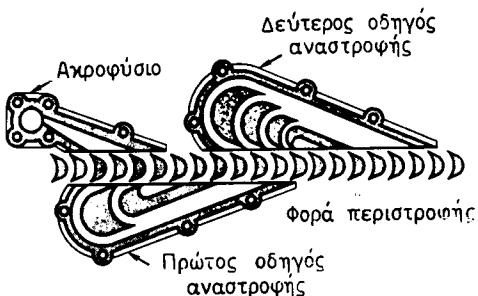


Σχ. 54.3γ.

Παρόμοια κατασκευή στροβίλου περιφερειακής ροής εικονίζουν τα σχήματα 54.3β και 54.3γ.

Ο στρόβιλος αυτός από το όνομα του κατασκευαστή του ονομάζεται στρόβιλος τύπου Terry (Τέρρυ) και είναι στρόβιλος δράσεως.

Κατασκευάζεται με ακροφύσια εισαγωγής και με τα γνωστά μας



Σχ. 54.3δ.

πτερύγια δράσεως. Αντί όμως για οδηγητικά πτερύγια, έχει ένα ή δύο σταθερούς οδηγούς αναστροφής του ατμού, οι οποίοι εσωτερικά έχουν σκαφίδια, όπως αυτά των σχημάτων 54.3β και 54.3γ.

Το σχήμα 54.3δ παριστάνει επίσης ένα στρόβιλο Terry με δύο αναστροφές.

Είναι φανερό ότι στους στροβίλους αυτούς ο ατμός πραγματοποιεί μία οφιοειδή περιφερειακή κίνηση επάνω σε τόξο της περιφέρειας του τροχού.

Οι στρόβιλοι περιφερειακής ροής χρησιμοποιούνται κυρίως για την κίνηση μικρών μόνο βοηθητικών μηχανημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 55

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

55.1 Γενικά.

Η σχεδίαση και η κατασκευή των βασικών μερών των ατμοστροβίλων είναι η ίδια περίπου και για τους στροβίλους δράσεως και για τους στροβίλους αντιδράσεως. Ορισμένες παραλλαγές υπάρχουν βέβαια από τον ένα τύπο στον άλλο.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε από κατασκευαστικής πλευράς εκείνα τα βασικά μέρη των στροβίλων, τα οποία είναι κοινά για όλους τους στροβίλους. Αυτά είναι τα εξής:

- α) Η **βάση**.
- β) Το **κέλυφος**.
- γ) Τα **στροφεία** με τους τροχούς ή τα τύμπανα.
- δ) Οι **τριβείς εδράσεως** και **ισορροπήσεως**.
- ε) Τα **συστήματα στεγανότητας** του άξονα των στροβίλων.
- στ) Τα **ακροφύσια** και τα **διαφράγματα**.
- ζ) Τα **πτερύγια**.
- η) Τα **παρελκόμενα μέρη** του στροβίλου: **Ελαστικός σύνδεσμος, μειωτήρες, αστικός τριβέας** και **μηχανισμός στρέψεως**.

55.2 Η βάση και η στήριξη των ατμοστροβίλων.

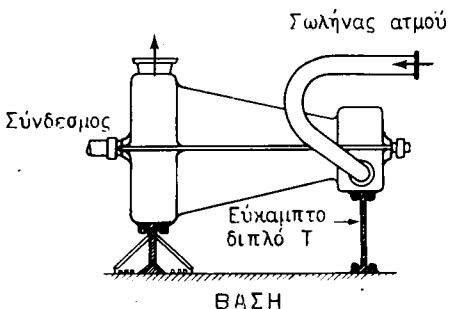
Η βάση των στροβίλων κατασκευάζεται έτσι, ώστε να υποβαστάζει εύκολα το βάρος τους και να επιτρέπει ελεγχόμενη ελευθερία κινήσεως αυτών, λόγω της διαστολής τους, η οποία είναι αποτέλεσμα της υψηλής θερμοκρασίας, στην οποία αποκτά το υλικό τους σε ώρα λειτουργίας.

Στις εγκαταστάσεις στροβίλων ξηράς η βάση κατασκευάζεται από **σπδηροπαγές σκυροκονίαμα** και κατάλληλους **σπδηροδοκούς**. Στα πλοία κατασκευάζεται κατάλληλη βάση από **σπδηροδοκούς** μόνο και τοποθετείται επάνω σε αντίστοιχα διαμορφωμένη υποδοχή στο **κύτος** του πλοίου ή επάνω στον **ουρανό του δπυθμένα**.

Πάντοτε το ένα άκρο του στροβίλου κατασκευάζεται σταθερό. Προτιμάται δε ως σταθερό άκρο εκείνο, από το οποίο εξέρχεται ο άξονας, για να συνδεθεί προς τον άξονα του μηχανήματος, που πρόκειται να κινήσει.

Το άλλο άκρο εδράζεται βέβαια και αυτό ισχυρά επάνω στη βάση, αλλά προβλέπεται διάταξη, η οποία του παρέχει ελευθερία κινήσεως κατά την αξονική έννοια (εμπρός - πίσω) ή κατά την εγκάρσια (δεξιά - αριστερά).

Το σχήμα 55.2α παριστάνει συνηθισμένο τρόπο στηρίξεως του στροβίλου. Παρατηρούμε σ' αυτό ότι το άκρο του στροβίλου, που βρίσκεται ο σύνδεσμος του άξονά του προς τον άξονα του μηχανήματος που θα κινεί, εδράζεται με σταθερό τρόπο επάνω σε μία ισχυρή κοντή δοκό διπλού του (I).

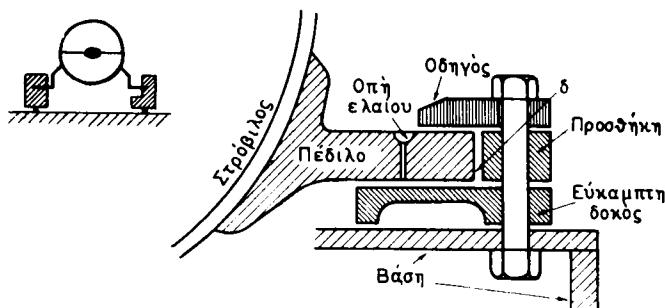


Σχ. 55.2α.

Η δοκός αυτή ενισχύεται και στις δύο πλευρές με γωνίες ή ελάσματα αντιστροφίζεως, ώστε να αντιστέκεται καλύτερα και να μην κάμπτεται κατά τη διαμήκη έννοια του στροβίλου.

Το άλλο άκρο στηρίζεται σε μία υψηλή εύκαμπτη δοκό διπλού του (I), η οποία, λόγω του ύψους της, ενεργεί ως επίπεδο ελατήριο. Μπορεί δηλαδή να καμφθεί ελαφρά κατά τη διαμήκη έννοια και με την κάμψη της αυτή να απορροφά την επιμήκυνση του κελύφους λόγω διαστολών.

Η υψηλή δοκός στερεώνεται έτσι, ώστε όταν ο στρόβιλος είναι ψυχρός, να παρουσιάζει μικρή κάμψη προς τα πίσω, δηλαδή προς το άκρο, όπου βρίσκεται ο σύνδεσμος. Με αυτό τον τρόπο, όταν ο στρόβιλος θερμανθεί και λάβει τη μέγιστη διαστολή του (όταν δηλαδή εργάζεται με τη μεγαλύτερη ισχύ του, οπότε και ο ατμός έχει τη μεγαλύτερη πίεση και τη μεγαλύτερη θερμοκρασία του), η δοκός θα βρεθεί κάθετη προς τη βάση του στροβίλου.



Σχ. 55.2β.

Το σχήμα 55.2β παριστάνει άλλο τρόπο στηρίξεως με τα λεγόμενα **πέδιλα ολισθήσεως**.

Και στο σύστημα αυτό το άκρο από την πλευρά του συνδέσμου του στροβίλου παραμένει σταθερό.

Στο άλλο άκρο εξέχουν δύο πέδιλα, ένα προς τα δεξιά και ένα προς τα αριστερά. Κάθε πέδιλο στηρίζεται επάνω σε μία εύκαμπτη δοκό, η οποία στηρίζεται επάνω στη βάση. Η δοκός στην κάτω επιφάνεια σχηματίζει ανεστραμμένη κοιλότητα (καμάρα), η οποία και απορροφά τους κραδασμούς.

Μια κατάλληλη προσθήκη αρκετού πάχους αφήνει μικρό διάκενο μεταξύ του άνω μέρους του πεδίλου και του κάτω μέρους του οδηγού, ενώ το διάκενο (δ) χρησιμεύει για την απορρόφηση των μικρών πλευρικών διαστολών του στροβίλου.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 55.2β, το πέδιλο είναι ελεύθερο να ολισθήσει εμπρός - πίσω (κάθετα προς το επίπεδο του χάρτη).

Με άλλη μέθοδο το πέδιλο κατασκευάζεται με οπές ελλειπτικές. Οι οπές διαπερνώνται από τους κοχλίες στηρίξεως, ώστε με αυτό τον τρόπο να υπάρχει ελευθερία κινήσεως κατά τις διαστολές. Η μέθοδος όμως αυτή έχει πια εγκαταλειφθεί σήμερα.

55.3 Το κέλυφος.

Το κέλυφος γενικά παρακολουθεί ως προς την κατασκευή του τη διαμόρφωση του στροφείου του στροβίλου.

Αποτελείται, όπως είναι γνωστό, από δύο ημικέλυφη, τα άνω και κάτω, τα οποία καταλήγουν σε οριζόντια περιαυχένια με οπές και συνδέονται μεταξύ τους ισχυρά σε ένα σώμα με τη βοήθεια κοχλιών και περικοχλίων.

Το κάτω ημικέλυφος στηρίζεται στη βάση.

Τα πρόσωπα των 2 περιαυχενίων του κελύφους είναι τελείως λεία και εφαρμόζουν απόλυτα μεταξύ τους. Έτσι κατά τη σύνδεσή τους δεν χρειάζεται να παρεμβληθεί συνδετικό παρέμβυσμα (τσόντα), παρά μόνο ελαφρά επίχριση με βερνίκι ή πάστα στεγανότητας, όπως το permatex (περματέξ), το copaltite (κοπαλτάιτ) ή **μαγγανέζα** κ.λπ. Τα υλικά αυτά είναι πολύ ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες του υπέρθερμου ατμού.

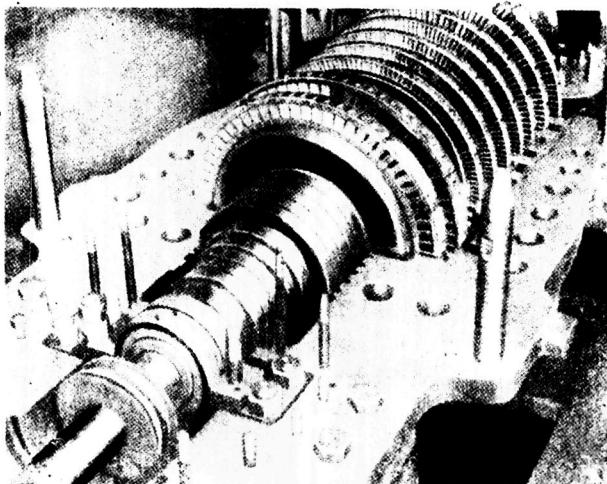
Το κέλυφος γενικά κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή ειδικό χυτοχάλυβα που περιέχει προσμίξεις **μαλιβδανίου, βολφραμίου** κ.λπ., οι οποίες του δίνουν εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής.

Σε μεγάλους στροβίλους τα δύο ημικελύφη κατασκευάζονται από δύο ή περισσότερα τμήματα, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με περιαυχένια και κοχλίες.

Το εσωτερικό του κελύφους τορνίρεται κατάλληλα, ώστε να σχηματισθούν τα αυλάκια, μέσα στα οποία τοποθετούνται τα διαφράγματα και οι σταθερές πτερυγώσεις.

Στο ένα άκρο του το κέλυφος διαμορφώνεται κατάλληλα για την είσοδο του ατμού, στο άλλο δε για την εξαγωγή. Στα δύο άκρα του επίσης και στα σημεία, όπου ο άξονας διαπερνάει το κέλυφος, διαμορφώνονται τα κιβώτια στεγανότητας, εξωτερικά δε από αυτά, οι υποδοχές για τους τριβείς εδράσεως του άξονα και του τριβέα ισορροπήσεως.

Το σχήμα 55.3 παριστάνει το κάτω ημικέλυφος στροβίλου Υ.Π. με το στροφείο του και τις υπόλοιπες λεπτομέρειές του.



Σχ. 55.3.

55.4 Το στροφείο.

Το στροφείο των στροβίλων δράσεως αποτελείται κατά κανόνα από ένα άξονα και τροχούς ή δίσκους, οι οποίοι στο κέντρο τους έχουν οπή, για να διέρχεται ο άξονας. Οι τροχοί τοποθετούνται στον άξονα (εν θερμώ), με θέρμανσή τους σε θερμό λάδι, ώστε να διαστέλλονται και ο άξονας να διέρχεται μέσα από την οπή τους ελεύθερα. Μετά την τοποθέτησή τους στον άξονα, οι τροχοί αποψύχονται ομαλά και συσφίγγονται επάνω στον άξονα με δύναμη, λόγω της συστολής τους. Ανεξάρτητα από αυτό ασφαλίζονται πάντοτε και με ένα ή δύο σφήνες.

Άξονας και τροχοί κατασκευάζονται από σφυρήλατο χάλυβα άριστης ποιότητας και σε σύγχρονους στροβίλους σε ενιαίο σώμα.

Το στροφείο των στροβίλων αντιδράσεως αποτελείται πάλι από τον άξονα και το τύμπανο. Συνήθως κατασκευάζονται και τα δύο σε ένα σώμα από σφυρήλατο χάλυβα.

Το τύμπανο εσωτερικά κατασκευάζεται κοίλο για την ελάττωση του βάρους του. Ο εσωτερικός αυτός χώρος άλλωστε χρησιμεύει συχνά και ως χώρος συγκοινωνίας της πρόσθιας όψεως του αεροστροφέου με το χώρο της εξαγωγής.

Οι τροχοί και τα τύμπανα στην περιφέρειά τους έχουν αυλάκια κατάλληλης μορφής για την τοποθέτηση των πτερυγίων.

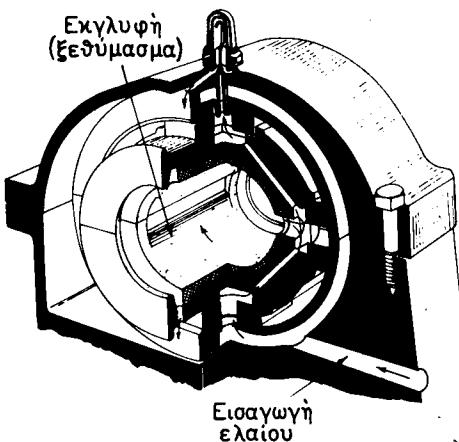
55.5 Οι τριβείς εδράσεως και ο τριβέας ισορροπήσεως.

α) Οι τριβείς εδράσεως του άξονα έχουν συνήθως σχήμα κυλινδρικό, έχουν δε εσωτερικά επίχριση αρκετού πάχους από λευκό μέταλλο. Σε μικρούς στροβίλους χρησιμοποιούνται συχνά και σφαιροτριβείς.

Ο κάτω ημιτριβέας εδράζεται με απόλυτη εφαρμογή σε κατάλληλη υποδοχή του κάτω ημικελύφους. Ο άνω ημιτριβέας τοποθετείται επάνω στον κάτω και ασφαλίζεται με ειδική πλάκα ή πώμα. Τα δύο μισά του τριβέα συσφίγγονται μεταξύ τους με ισχυρούς κοχλίες. Κατά την τοποθέτησή τους διαμορφώνεται η οπή διόδου του άξονα.

Οι τριβείς των στροβίλων λιπαίνονται πάντοτε και απαραίτητα σε ώρα λειτουργίας του στροβίλου.

Το σχήμα 55.5α παριστάνει τριβέα ατμοστροβίλου. Δεξιά και αριστερά της οριζόντιας γραμμής επαφής των δύο ημιτριβέων,



Σχ. 55.5α.

δηλαδή προς τα πάνω και προς τα κάτω και σε μία ζώνη που καλύπτει περίπου το 1/6 της όλης περιφέρειας του εσωτερικού του τριβέα και σε όλο περίπου το μήκος του, το λευκό μέταλλο εκγλύφεται κατάλληλα (ξεθυμαίνεται). Έτσι εξασφαλίζεται η είσοδος του λαδιού κατά μήκος ολόκληρου του κομβίου του άξονα.

Στο σχήμα διακρίνομε την εισαγωγή του λαδιού από τη μία πλευρά και την εξαγωγή από την άλλη. Στην εξαγωγή τοποθετείται συνήθως θερμόμετρο, ώστε να ελέγχεται κατά διαστήματα η θερμοκρασία του τριβέα κατά τη λειτουργία. Επίσης τοποθετείται γυάλινος **ελαιοδείκτης**, για τον οπτικό έλεγχο της ροής λαδιού. Τέλος, για την επαλήθευση της ροής του λαδιού, τοποθετείται στην εξαγωγή και μικρός επαληθευτικός κρουνός.

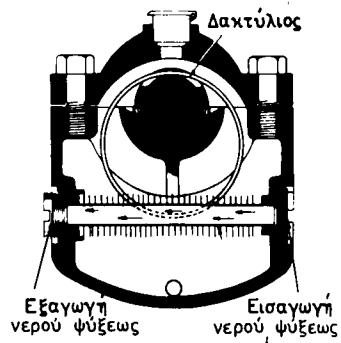
Ο τριβέας ατμοστροβίλου που περιγράφαμε αποτελεί τη συνηθισμένη μορφή τριβέα εδράσεως του άξονα με τεχνητή λίπανση, χρησιμοποιείται δε πολύ με μικρές μόνο παραλλαγές από τους διάφορους κατασκευαστές.

Το σχήμα 55.5β δείχνει ένα συνηθισμένο τύπο τριβέα αυτού του είδους με αναγραφόμενες επάνω σ' αυτόν τις απαραίτητες λεπτομέρειες κατασκευής και τα μέρη του.

Το σχήμα 55.5γ παριστάνει τριβέα με λίπανση μέσω δακτύλιων. Σ' αυτόν το λιπαντικό λάδι δεν κυκλοφορεί με πίεση, αλλά ως εξής: Κάτω από τον τριβέα υπάρχει μια ελαιολεκάνη που περιέχει λάδι ως μια ορισμένη στάθμη. Η ελαιολε-



Σχ. 55.5β.



Σχ. 55.5γ.

κάνη διαπερνάται από ένα πτερυγωτό σωλήνα, ο οποίος διαρρέεται από νερό για την ψύξη του λαδιού. Το κάτω μισό του τριβέα έχει μία ή δύο εγκάρσιες σχισμές. Μέσα σ' αυτές κινούνται δακτύλιοι, οι οποίοι κρέμονται από τον άξονα και παρασύρονται από αυτόν σε αργή περιστροφική κίνηση. Έτσι οι δακτύλιοι βυθίζονται καθώς περιστρέφονται μέσα στο λάδι, το παρασύρουν με το σώμα τους και επαλείφουν συνεχώς το κομβίο.

Το σχήμα 55.5δ παριστάνει μία ενδιαφέρουσα μορφή τριβέα, ο οποίος καλείται **auto-euthygrammizόμενος**.

Αυτός έχει τέτοια διαμόρφωση, ώστε να υποδέχεται μικρές αποκλίσεις του κομβίου του άξονα, ώστε να μην φθείρεται το λευκό μέταλλο του τελευταίου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σφαιρική έδραση του τριβέα.

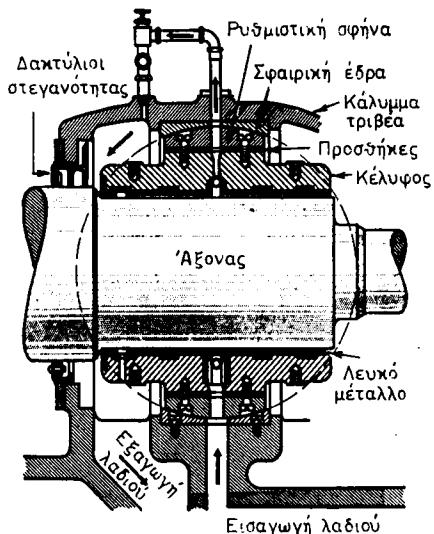
Αυτός ο τριβέας χρησιμοποιείται σε πολύ σύγχρονες κατασκευές στροβίλων.

β) Ο τριβέας ισορροπήσεως χρησιμεύει για την αντιστάθμιση της αξονικής ώσεως του στροφείου.

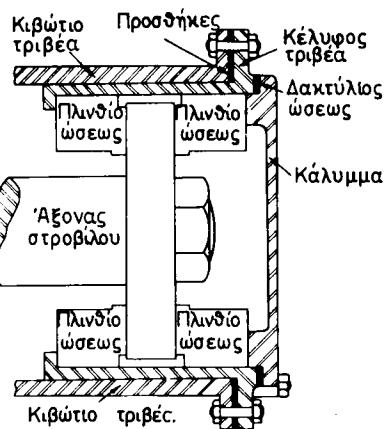
Στην απλή του διάταξη παριστάνεται στο σχήμα 55.5ε. Αποτελείται από ένα **δακτύλιο** σφηνωμένο επάνω στον άξονα, ο οποίος και μεταφέρει κατά την περιστροφή του την ώση στα **ωστικά πλινθία**, τα οποία εσωτερικά έχουν λευκό μέταλλο.

Στον παραπάνω τριβέα προβλέπεται πάντοτε ρυθμιστικός παράκυκλος διαφορετικού πάχους κάθε φορά. Με αυτόν σε συνδυασμό με ρυθμιστικές επίσης προσθήκες και με το πάχος του λευκού μετάλλου των πλινθίων, ρυθμίζεται η αξονική θέση του στροφείου και τα αξονικά διάκενα μεταξύ των πτερυγίων.

Στην πραγματικότητα οι τριβείς ισορροπήσεως είναι ωστικοί τριβείς τύπου Mitchell ή Kingsburry με μικρότερες διαστάσεις.



Σχ. 55.5δ.



Σχ. 55.5ε.

55.6 Τα συστήματα στεγανότητας του άξονα.

Στα δύο άκρα, όπου ο άξονας του στροβίλου διαπερνάει το κέλυφος, μπορεί να συμβαίνουν τα εξής δύο φαινόμενα:

α) Να εξέρχεται ατμός από το εσωτερικό του στροβίλου προς τα έξω, όταν η πίεση του ατμού μέσα στο στρόβιλο είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

β) Να εισέρχεται αέρας μέσα στο στρόβιλο, όταν είναι μικρότερη από αυτήν, όπως στο στρόβιλο Χ.Π. Το τελευταίο μάλιστα είναι ιδιαίτερα ανεπιθύμητο, γιατί προκαλεί πτώση του κενού.

Για να αποφύγομε τα επιζήμια αυτά φαινόμενα, θα έπρεπε ο άξονας να κατασκευάζεται τελείως εφαρμοστός μέσα στις οπές του κελύφους ή να χρησιμοποιούνται παρεμβύσματα (τσόντες) στεγανότητας. Ούτε όμως το ένα, ούτε το άλλο είναι δυνατόν, γιατί ο στρόβιλος περιστρέφεται με μεγάλο αριθμό στροφών. Η τριβή που αναπτύσσεται και η μεγάλη θερμότητα λόγω της τριβής αυτής θα κατέστρεφε και το κέλυφος και τον άξονα και τα παρεμβύσματα.

Στην πραγματικότητα δεν εμποδίζομε τελείως, αλλά περιορίζομε πολύ τη διέλευση του ατμού προς τα έξω, αναγκάζοντας αυτόν να περάσει από πολύ μικρά διάκενα, ώστε να **στραγγαλίζεται**. Αυτό γίνεται με ένα σύστημα, που ονομάζεται **λαβύριν-**

Θος. Εκτός από τους λαβυρίνθους, όταν η πίεση του ατμού είναι χαμηλή, επιτυγχάνεται στεγανότητα με τους λεγόμενους **ανθρακοδακτύλους** ή **ανθρακοπαρεμβύσματα** (σχ. 55.6α). Στην περίπτωση αυτή οι ανθρακοδακτύλοι (κάρβουνα) εφάπτονται επάνω στον άξονα, όπως οι ψήκτρες στις ηλεκτρογεννήτριες και τους ηλεκτροκινητήρες.

Στους μεγάλους στροβίλους η στεγανότητα και στα δύο τα άκρα επιτυγχάνεται και με λαβυρίνθους και με ανθρακοδακτύλους. Πάντοτε οι ανθρακοδακτύλοι τοποθετούνται μετά το λαβύρινθο προς τα έξω, ώστε ο ατμός που διαφεύγει να είναι σ' αυτούς λιγότερος και στραγγαλισμένος ήδη, με χαμηλή δηλαδή πίεση και θερμοκρασία και με αυξημένη υγρότητα, για να μη φθείρονται εύκολα.

Σε μικρούς στροβίλους υπάρχουν συνήθως μόνο ανθρακοδακτύλοι.

Οι λαβύρινθοι αποτελούνται από πολλές κυκλικές ταινίες από μαλακό μέταλλο, οι οποίες στερεώνονται στο εσωτερικό της οπής του κελύφους, όπου διέρχεται ο άξονας.

Ο άξονας αντίστοιχα έχει πολλούς δακτυλίους κατάλληλα τορνιρισμένους.

Οι ακμές των ταινιών του κελύφους και οι δακτύλοι του άξονα σχηματίζουν μεταξύ τους ένα πολύ μικρό διάκενο κατά την έννοια της ακτίνας (σχ. 55.6α).

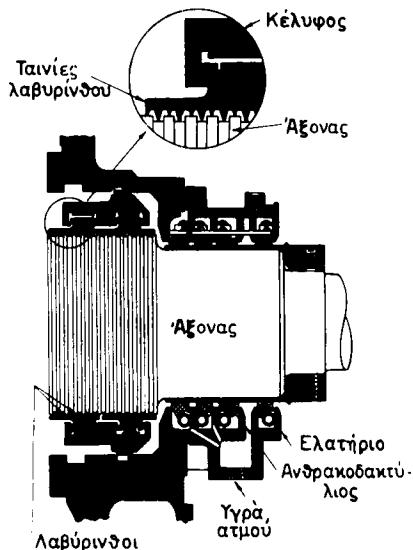
Με βάση άλλη μέθοδο ο άξονας περιβάλλεται από χιτώνιο, το οποίο και έχει τους δακτυλίους (σχ. 55.6β). Και στα δύο σχήματα διακρίνονται οι ανθρακοδακτύλοι.

Για να αποκλείσουμε την είσοδο ατμοσφαιρικού αέρα, στέλνομε σε μία περιοχή του λαβυρίνθου ατμό χαμηλής πιέσεως, ο οποίος εξέρχεται λίγο λίγο προς τα έξω και έτσι παρεμποδίζει την είσοδο του αέρα στο στρόβιλο.

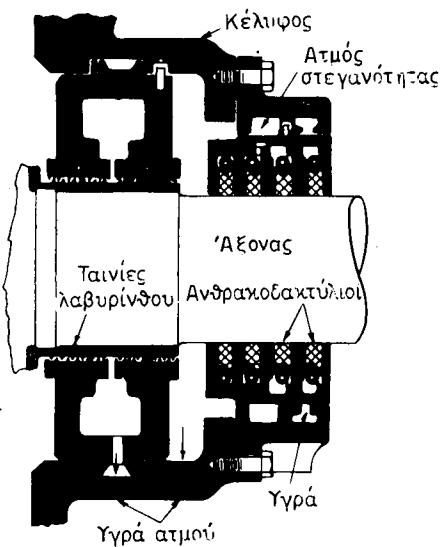
Σε σύγχρονους στροβίλους οι λαβύρινθοι κατασκευάζονται με εσωτερικό θάλαμο, μέσα στον οποίο φυγοκεντρίζεται νερό. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται σχεδόν τέλεια η στεγανότητα.

Σε άλλους πάλι λαβυρίνθους το διάκενο προβλέπεται κατά την αξονική έννοια [σχ. 55.6γ(α)] ή και κατά την έννοια και της ακτίνας και του άξονα [σχ. 55.6γ(β)].

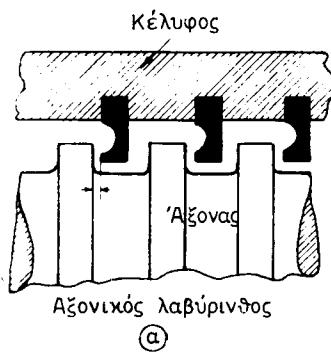
'Όσον αφορά τους ανθρακοδακτύλους, καθένας από αυτούς αποτελείται από 3 ή 4 τμήματα ή τόξα της συνολικής περιφέρειας του δακτυλίου. Η εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια του ανθρακοδακτύλου εφάπτεται επάνω στον άξονα. Όλα τα τμή-



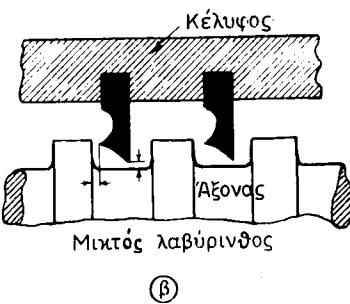
Σχ. 55.6α.



Σχ. 55.6β.



(a)



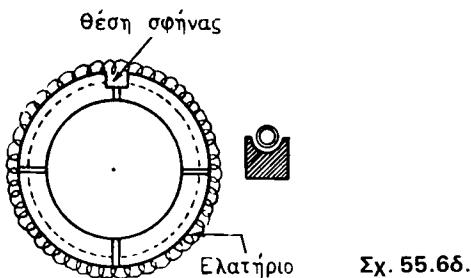
(b)

Σχ. 55.6γ.

ματα του ανθρακοδακτυλίου συσφίγγονται επάνω στον άξονα με ένα ή περισσότερα σπειροειδή ελατήρια, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους στα άκρα με τη βοήθεια μικρού συνδετήρα (γάντζου).

Σε ένα από τα τμήματα τοποθετείται σφήνα, ώστε να παρεμποδίζεται η περιστροφή του ανθρακοδακτυλίου.

Όλη αυτή η διάταξη τοποθετήσεως των ανθρακοδακτυλίων παριστάνεται στο σχήμα 55.6δ.



Σχ. 55.6δ.

55.7 Τα ακροφύσια και τα ενδιάμεσα διαφράγματα.

Ακροφύσια, όπως είναι γνωστό, έχουν μόνο οι στροβίλοι δράσεως. Τα αρχικά στερεώνονται στο κέλυφος μετά την εισαγωγή του ατμού, τα δε ενδιάμεσα στα διαφράγματα.

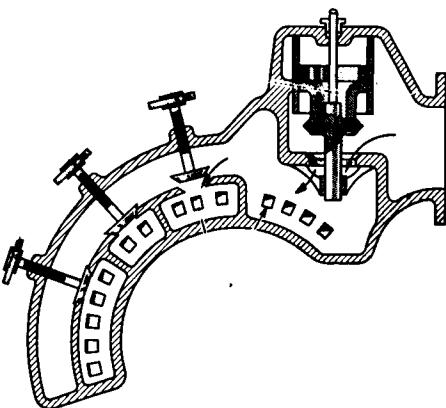
Τα ακροφύσια κατασκευάζονται κατά κανόνα από ανοξειδωτο χάλυβα.

Κάθε ομάδα ακροφυσίων έχει δική της βαλβίδα για την εισαγωγή του ατμού σε αυτή. Έτσι ανάλογα με την επιθυμητή ιπποδύναμη ανοίγονται κάθε φορά οι ομάδες ακροφυσίων, που απαιτούνται.

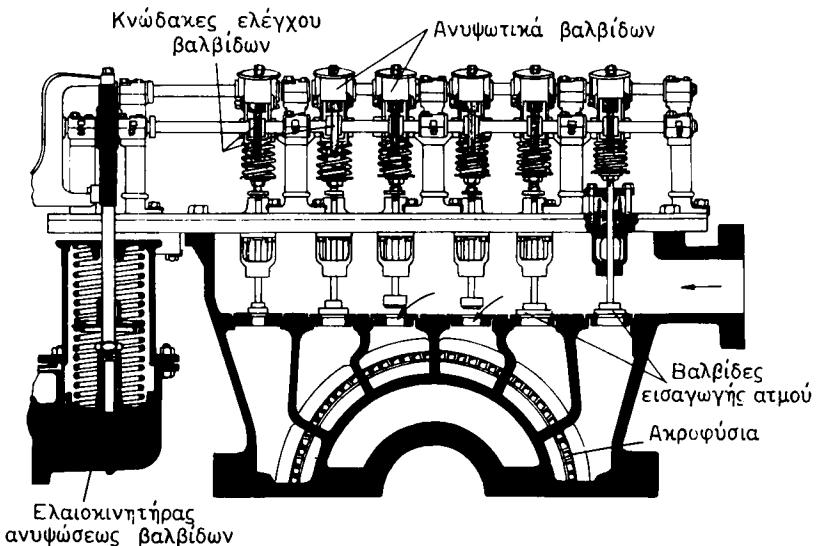
Το σχήμα 55.7α παριστάνει κιβώτιο ακροφυσίων με 4 ομάδες. Διακρίνομε ότι κάθε ομάδα έχει και τη δική της βαλβίδα, η οποία είναι χειροκίνητη. Στους σύγχρονους στροβίλους όμως οι απαιτούμενες ομάδες ανοίγουν αυτόμata με τη βοήθεια ενός κνωδακοφόρου άξονα.

Το σχήμα 55.7β παριστάνει μία διάταξη αυτού του είδους. Διακρίνομε ότι ο κνωδακοφόρος άξονας περιστρέφεται στη σωστή θέση με τη βοήθεια μιας οδοντωτής ράβδου (ντίζας), που την κινεί ένα έμβολο. Το έμβολο πάλι κινείται κατάλληλα με λάδι υπό πίεση, από το ρυθμιστή στροφών. Η σειρά, με την οποία ανοίγουν οι βαλβίδες, έχει ρυθμισθεί εκ των προτέρων από τον κατασκευαστή του στροβίλου.

Συχνά ορισμένες βαλβίδες ομάδων ακροφυσίων οδηγούν τον ατμό στις επόμενες εκτονωτικές βαθμίδες των στροβίλων δράσεως και εμπρός από τα διαφράγματα. Ο έλεγχος των βαλβίδων αυτών γίνεται επίσης ή χειροκίνητα ή με τη βοήθεια του κινητηρίου έμβολου, το οποίο κινείται με λάδι υπό πίεση από το ρυθμιστή. Λέμε τότε ότι οι βαλβίδες παρέχουν ατμό από το λέβητα απ' ευθείας στις εκτονωτικές βαθμίδες για την περίπτωση υπερφορτίσεως και γι' αυτό καλούνται βαλβίδες υπερ-



Σχ. 55.7α.

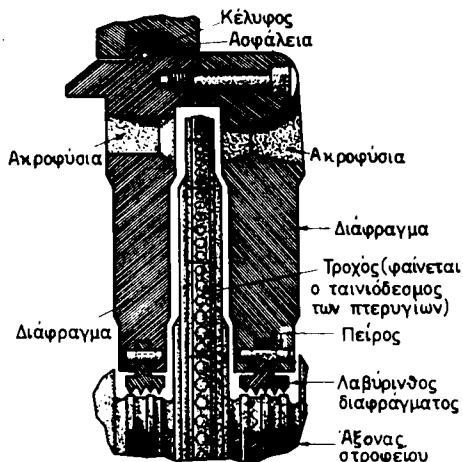


Σχ. 55.7β.

φορτίσεως του στροβίλου.

Τα διαφράγματα δεν είναι μονοκόμματα και κατασκευάζονται από χάλυβα σε δύο μισά. Τα ακροφύσια επάνω σ' αυτά τοποθετούνται σε τόξο μερικής εγχύσεως (σχ. 52.4β) ή ολικής (σχ. 52.4γ).

Στο σημείο, όπου ο άξονας διαπερνά τα διαφράγματα, τοποθετείται λαβύρινθος στεγανότητας με το γνωστό τρόπο.



Σχ. 55.7γ.

Ο λαβύρινθος αυτός παριστάνεται στο σχήμα 55.7γ με όλες του τις λεπτομέρειες. Στο ίδιο σχήμα διακρίνεται επίσης ο άξονας με τον τροχό, τα δύο διαφράγματα πριν και μετά από αυτόν με τη διάταξη του λαβυρίνθου, τα ακροφύσια, και η ασφάλεια στερεώσεως του διαφράγματος, η οποία παρεμποδίζει την περιστροφή του.

55.8 Τα πτερύγια.

Τα πτερύγια των ατμοστροβίλων κατασκευάζονται γενικά από άριστης ποιότητας ανοξείδωτο χάλυβα, ο οποίος για θερμοκρασίες ατμού 460° - 510° C περιέχει 12-14% χρώμιο, ενώ για θερμοκρασίες ατμού 510° - 570° C περιέχει 12-14% χρώμιο και 0,5 μολυβδαίνιο.

Παλαιότεροι στρόβιλοι με χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες ατμού, δηλαδή κάτω από 310° C, κατασκευάζονταν από κράμα μαγγανίου με χαλκό ή κράμα χαλκού με νικέλιο.

Στο κάτω άκρο τους τα πτερύγια φέρουν τη λεγόμενη **ρίζα** με την οποία τοποθετούνται συρταρωτά μέσα σε αντίστοιχο τορνισμένο αυλάκι ή στο κέλυφος τα σταθερά και στους τροχούς και το τύμπανο τα κινητά. Η τοποθέτηση γίνεται έτσι, ώστε μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων να σχηματίζεται το αυλάκι ροής του ατμού.

Συχνά στη βάση του πτερυγίου και για να διατηρηθεί η από-

σταση μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων τοποθετείται ιδιαίτερο κατάλληλο τεμάχιο, το καλούμενο **ένθετο**. Έτσι η όλη διάταξη αποτελείται από πτερύγια και ένθετα εναλλάξ τοποθετημένα σε όλη την περιφέρεια.

Το σχήμα 55.8α παριστάνει δύο πτερύγια: το ένα με τη ρίζα του και το άλλο με ένθετο.

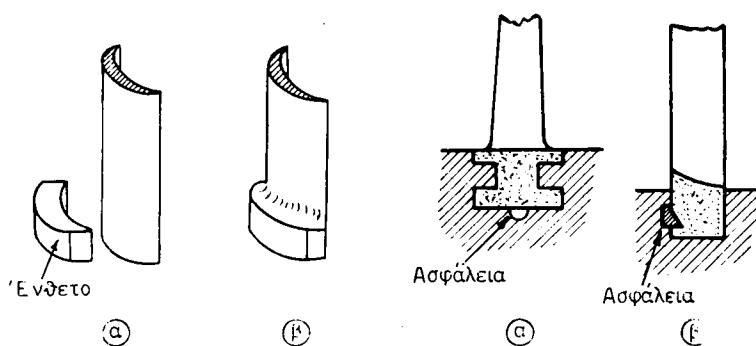
Το αυλάκι των πτερυγίων έχει πάντοτε μία αρχή, για να περνούν τα πτερύγια. Όταν τοποθετηθούν όλα τα πτερύγια, τότε η αρχή του αυλακιού κλείνεται με ένα πτερύγιο (το τελευταίο), που γι' αυτό το λόγο έχει κατάλληλη ρίζα, και που τελικά ασφαλίζεται (σχ. 55.8β).

Σε άλλη περίπτωση ο τροχός έχει μία μόνο σειρά πτερυγίων (σχ. 55.8γ) και στη θέση του αυλακιού έχει προεξοχή σε όλη την περιφέρεια. Τα πτερύγια με τη ρίζα τους τοποθετούνται επάνω στην προεξοχή ιππαστί (καβαλικευτά).

Τα σχήματα 55.8δ και 55.8ε δείχνουν τη διαμόρφωση θηλυκών πτερυγίων μαζί με την αντίστοιχη προεξοχή του τροχού, ενώ τα σχήματα 55.8στ, 55.8ζ τη στερέωση πτερυγίων δράσεως με αυλάκι στον τροχό.

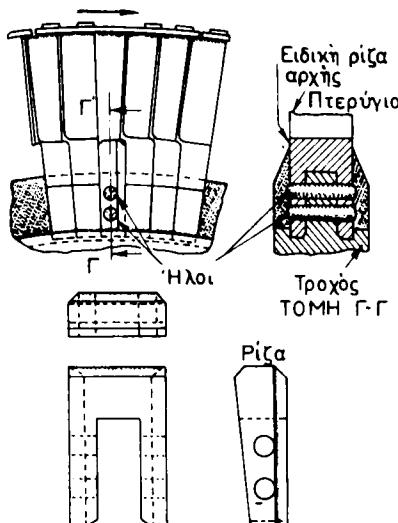
Παρατηρούμε επίσης στα σχήματα 55.8στ και 55.8ζ τους **ταινιοδέσμους**, οι οποίοι συνδέουν περιφερειακά κάθε πτερύγωση. Οι ταινιοδέσμοι κατασκευάζονται από μαλακό μέταλλο και έχουν οπές στις οποίες εισέρχονται μικρές προεξοχές από την κορυφή κάθε πτερυγίου. Οι προεξοχές αυτές σφυροκοπούνται και γίνονται ένα σώμα με τον ταινιοδέσμο.

Οι ταινιοδέσμοι έχουν περιφερειακά και κατά την έννοια του άξονα προεξοχή, η οποία σχηματίζει είδος αξονικού λαβυρίνθου, όπως φαίνεται στα σχήματα.

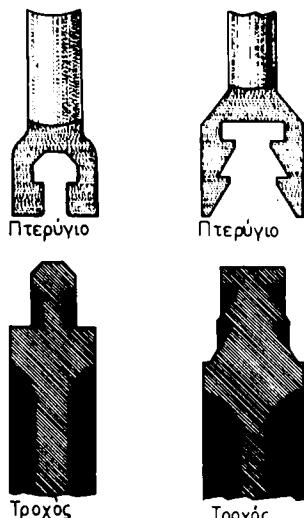


Σχ. 55.8α.

Σχ. 55.8β.

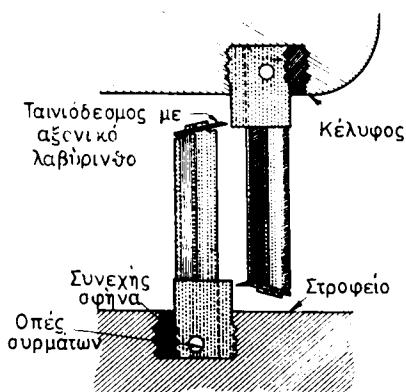


Σχ. 55.8γ.

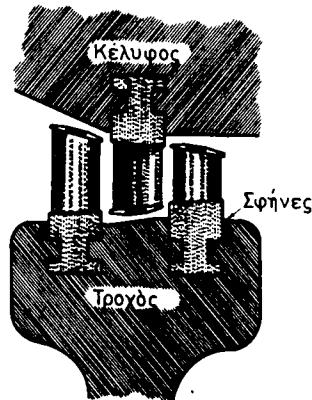


Σχ. 55.8δ.

Σχ. 55.8ε.

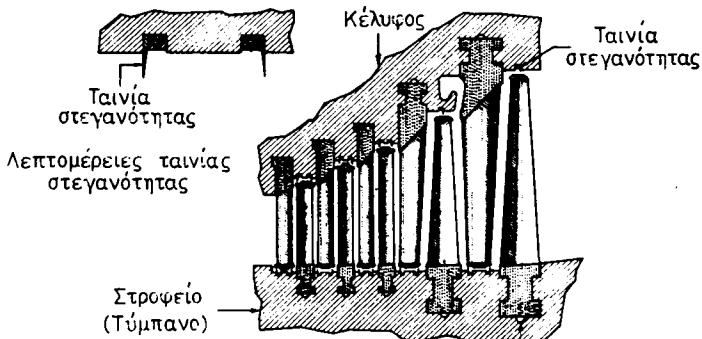


Σχ. 55.8στ.



Σχ. 55.8ζ.

Το σχήμα 55.8η παριστάνει στερέωση κινητών και σταθερών πτερυγίων αντιδράσεως. Και στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται σε σύγχρονους στροβίλους ταινιόδεσμοι και πρόσθετες ταινίες στεγανότητας στο κέλυφος, για να εμποδίζουν τη διαφυγή του ατμού από τις κορυφές των πτερυγίων.



Σχ. 55.8η.

55.9 Τα παρελκόμενα του στροβίλου.

α) Ο ελαστικός σύνδεσμος.

Χρησιμεύει για να συνδέει τον άξονα του στροβίλου με τον άξονα του μηχανήματος, που κινείται από το στρόβιλο. Η σύνδεση γίνεται έτσι, ώστε να επιτρέπει την ελεύθερη σχετική κίνηση των δύο αξόνων, κατά την αξονική έννοια.

Για να το πετύχουμε αυτό, εφοδιάζομε τα άκρα των δύο αξόνων, οι οποίοι θα συνδεθούν με δύο βαριά περιαυχένια μεγάλου πάχους. Από αυτά το ένα έχει εξωτερικό, το δε άλλο εσωτερικό πολύσφηνο ή ανάλογες αρσενικές και θηλυκές εγκοπές. Το εξωτερικό εισέρχεται στο εσωτερικό και είναι ελεύθερο να κινηθεί μέσα σ' αυτό κατά την αξονική έννοια, ενώ μεταφέρει προς το εσωτερικό τη ροπή στρέψεως του στροβίλου.

β) Οι μειωτήρες στροφών.

Τοποθετούνται μέσα σε ιδιαίτερο κιβώτιο και αποτελούνται από κατάλληλους οδοντωτούς τροχούς με ελικοειδή δόντια. Τα δόντια αυτά τοποθετούνται έτσι, ώστε να επιτυγχάνεται η ελάττωση του υψηλού αριθμού στροφών κατά τη μετάδοση παραλαβής του έργου από το στρόβιλο στον άξονα.

Χρησιμοποιούνται σε πλοία κυρίως, όπου η μείωση των στροφών του στροβίλου είναι απαραίτητη κατά τη μετάδοση της κινήσεως προς την έλικα, η οποία για να έχει υψηλή απόδοση, πρέπει να εργάζεται στο νερό με χαμηλό αριθμό περιστροφών.

γ) Ο ωστικός τριβέας.

Είναι ο τριβέας ισορροπήσεως τύπου Mitchell (Μίτσελ) ή Kingsburry (Κίνγκσμπερι) από ένα δακτύλιο και πλινθία. Χρησιμοποιείται **ειδικότερα στα πλοία** για τη μετάδοση της ωθήσεως της έλικας μέσω του περιστρεφόμενου δακτυλίου του άξονα στα πλινθία, από εκεί στο σώμα του ισχυρής κατασκευής κιβωτίου του και μέσω αυτού προς το σκάφος, το οποίο έτσι κινείται μέσα από νερό.

δ) Ο μηχανισμός στρέψεως.

Αποτελείται συνήθως από ηλεκτροκινητήρα με άξονα, ο οποίος καταλήγει σε ατέρμονα κοχλία. Ο ατέρμονας κοχλίας του εμπλέκεται με κατάλληλο οδοντωτό τροχό επάνω στον άξονα του στροβίλου. Έτσι με τη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα περιστρέφομε το στρόβιλο σε διάφορες θέσεις, όταν αυτός δεν λειτουργεί και μπορούμε να εκτελέσουμε διάφορες εργασίες σ' αυτόν. Επίσης το στρέφομε κατά την προετοιμασία και την προθέρμανση του στροβίλου.

Ο όλος μηχανισμός καλείται και **κρίκος στρέψεως**. Μπορεί επίσης σε περίπτωση ανάγκης να είναι χειροκίνητος.

Ο κρίκος στρέψεως πρέπει απαραιτήτως να αποσυνδέεται μετά την προθέρμανση του στροβίλου, όταν μάλιστα ο τελευταίος πρέπει να τεθεί σε κίνηση με το χειριστήριο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 56

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

56.1 Γενικά.

Οι ατμοστρόβιλοι μεγάλης ιπποδυνάμεως χρησιμοποιούνται για τους εξής δύο κύριους σκοπούς: α) Για να κινούν μεγάλες ηλεκτρογεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και β) για να κινούν τις έλικες των πλοίων.

Οι ατμοστρόβιλοι μικρής ιπποδυνάμεως αντίστοιχα χρησιμοποιούνται: α) Για την κίνηση μικρών ηλεκτρογεννητριών και β) για την κίνηση μικρών βοηθητικών μηχανημάτων, όπως π.χ. αντλίες, ανεμιστήρες, αεροσυμπιεστές κ.λπ.

'Ολοι οι στρόβιλοι, που κινούν γεννήτριες, έχουν ένα μηχανισμό, το **ρυθμιστή στροφών**, ο οποίος κανονίζει αυτόμata τις στροφές του στροβίλου σε σταθερό επίπεδο ανεξάρτητα από το φορτίο.

Στους στροβίλους, οι οποίοι κινούν αντλίες και ανεμιστήρες, μπορεί να υπάρχει ανάλογος μηχανισμός, που αυξάνει ή ελαττώνει τις στροφές, ώστε να διατηρείται μία σταθερή πίεση στην κατάθλιψη.

Στους στροβίλους των πλοίων ρυθμίζομε τις στροφές ανοιγοντας ή κλείνοντας κατάλληλα τον ατμοφράκτη του χειριστήριου.

'Όλοι όμως οι στρόβιλοι έχουν και ένα μηχανισμό, ο οποίος λέγεται **αυτόματος διακόπτης υπερταχύνσεως**. Ο μηχανισμός αυτός διακόπτει αυτόμata την εισαγωγή του ατμού και σταματά έτσι το στρόβιλο, όταν οι στροφές του, για οποιονδήποτε λόγο, υπερβούν ένα ορισμένο μέγιστο αριθμό στροφών, οπότε και δημιοργείται κίνδυνος σοβαρής ζημιάς του στροβίλου.

Σε ορισμένες εγκαταστάσεις επίσης υπάρχει και άλλος μηχανισμός ασφαλείας, ο οποίος λειτουργεί σε συνεργασία με το διακόπτη υπερταχύνσεως. Αυτός διακόπτει πάλι τον ατμό, όταν η πίεση του λαδιού λιπάνεται στου στροβίλου κατέβει κάτω από

ένα κατώτατο επιτρεπόμενο όριο, οπότε δημιουργείται κίνδυνος καταστροφής του, ή όταν το κενό του ψυγείου κατέβει σε χαμηλά επίπεδα, οπότε η λειτουργία του στροβίλου γίνεται αντικανονική και αντιοικονομική ταυτόχρονα.

56.2 Ρυθμιστές στροφών.

Κάθε σύστημα ή μηχανισμός ρυθμίσεως των στροφών αποτελείται από τα εξής τρία βασικά μέρη:

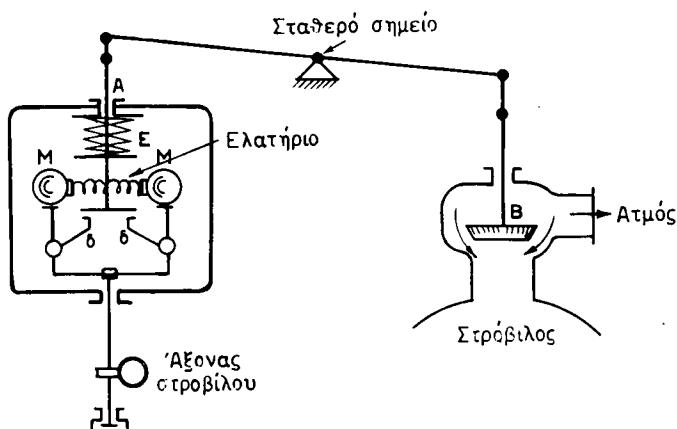
- Τον κυρίως ρυθμιστή, ο οποίος κινείται από τον άξονα της μηχανής.
- Το μηχανισμό ή συνδεσμολογία, με την οποία ο ρυθμιστής επιδρά επάνω στη βαλβίδα εισαγωγής του ατμού.
- Την ίδια τέλος τη βαλβίδα εισαγωγής του ατμού.

Σε όλους τους στροβίλους πάντως και πριν από το ρυθμιστή υπάρχει ο χειροκίνητος ατμοφράκτης, από τον οποίο θα διέλθει πρώτα ο ατμός. Στη συνέχεια θα διέλθει από τη βαλβίδα του ρυθμιστή για να εισέλθει τελικά στο στρόβιλο.

Η μετατόπιση ή το άνοιγμα και το κλείσιμο της βαλβίδας του ατμού από το ρυθμιστή γίνεται ή με μηχανικό τρόπο, με τη βοήθεια μοχλών συνδέσμων κ.λπ., ή με τρόπο υδραυλικό, δηλαδή με τη βοήθεια ελαιοκινητήρα που λειτουργεί με λάδι υπό πίεση.

Η αρχή της λειτουργίας του ρυθμιστή παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 56.2α.

Γενικά σε όλους τους ρυθμιστές το κύριο μέρος αποτελείται



Σχ. 56.2α.

από δύο αντίβαρα, δηλαδή δύο ίσες μάζες (M) σφαιρικού ή άλλου κατάλληλου σχήματος. Τα αντίβαρα αρθρώνονται στον αξονίσκο, ο οποίος κινείται από τον ίδιο τον άξονα του στροβίλου έτσι, ώστε να βρίσκονται συμμετρικά το ένα απέναντι στο άλλο.

Τα δύο αιυτά αντίβαρα όταν κινείται ο στρόβιλος ανοίγουν ή κλείνουν ανάλογα με τη φυγόκεντρη δύναμη, η οποία αναπτύσσεται κατά την περιστροφή τους. Η κίνηση των αντίβαρων αυτών μεταδίδεται κατάλληλα στη βαλβίδα (B) (σχ. 56.2a), η οποία ανοίγει και κλείνει ανάλογα, ρυθμίζοντας έτσι την ποσότητα του ατμού στο στρόβιλο.

'Ετσι π.χ. όταν ο στρόβιλος φορτωθεί περισσότερο, οι στροφές του πέφτουν, οπότε τα αντίβαρα κλείνουν ανάλογα. Το ελατήριο στη συνέχεια έλκει το μοχλό (A) προς τα κάτω και προκαλεί αντίστοιχα την ανύψωση της βαλβίδας (B). 'Ετσι αυτή παρέχει περισσότερο ατμό στο στρόβιλο, μέχρις ότου οι στροφές του επανέλθουν στις κανονικές και για το νέο φορτίο του.

Αν πάλι ο στρόβιλος εκφορτωθεί, οι στροφές του θα αυξηθούν και τα αντίβαρα (M) θα ανοίξουν. Τότε με τους δακτύλιους (δ) θα υπερικήσουν την ένταση του ελατηρίου (E) και θα αθήσουν το μοχλό (A) προς τα άνω, ώστε η βαλβίδα (B) να κλείσει λίγο και έτσι παρέχει λιγότερο ατμό στο στρόβιλο, μέχρις ότου οι στροφές του επανέλθουν στον κανονικό αριθμό τους.

Με αυτόν τον τρόπο διατηρείται σταθερός ο αριθμός στροφών του στροβίλου στις διάφορες μεταβολές του φορτίου.

Ρυθμιστές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σε μίκρους μόνο ατμοστροβίλους μέχρι 200 HP περίπου.

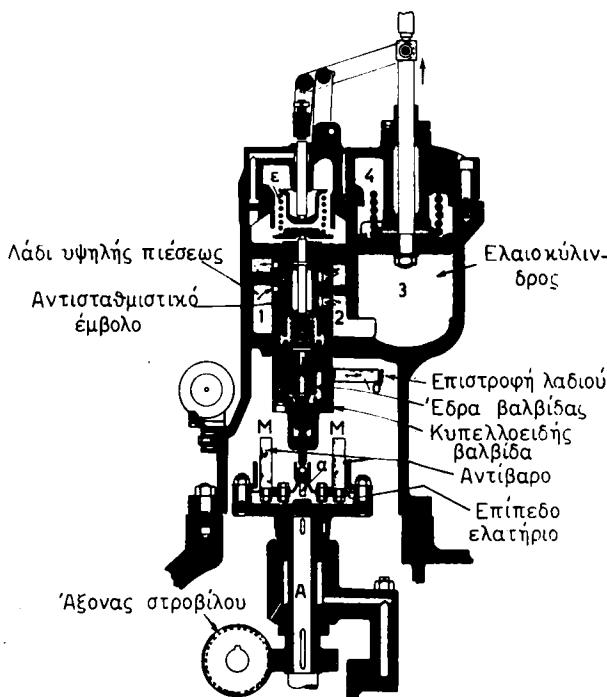
Σε στροβίλους μεγάλης ιπποδυνάμεως η μετάδοση της κινήσεως από το ρυθμιστή προς τη βαλβίδα του ατμού γίνεται με υδραυλική δύναμη λαδιού υπό πίεση.

Σ' αυτούς το λάδι υπό πίεση στέλνεται ή από διακλάδωση της αντλίας λιπάνσεως του στροβίλου ή και από ιδιαίτερη αντλία, η οποία εργάζεται για το ρυθμιστή μόνο και η οποία κινείται από το στρόβιλο.

Το σχήμα 56.2β παριστάνει τα κυριότερα μέρη ρυθμιστή υδραυλικού τύπου εργαζόμενου με λάδι υπό πίεση.

Ο άξονας του στροβίλου περιστρέφει τον άξονα (A) του ρυθμιστή και μαζί με αυτόν τα αντίβαρα (M - M). Τα αντίβαρα ανοίγουν ή κλείνουν υπερνικώντας την ένταση του επιπέδου ελατηρίου (E).

Καθώς ανοίγουν, ανυψώνεται ο αξονίσκος (a) και η κυπελλο-



Σχ. 56.2β.

ειδής βαλβίδα του σχήματος πλησιάζει πολύ προς την έδρα της. Τότε περιορίζεται πολύ η επιστροφή του λαδιού από το σωλήνα (σ) και μεγαλώνει η πίεσή του στο χώρο (X). Η πίεση αυτή ανυψώνει το αντισταθμιστικό έμβολο, υπερνικώντας λίγο την ένταση του ελατηρίου (ε). Τότε ακριβώς συγκοινωνεί ο χώρος (1) με το χώρο (2) μέσω των θυρίδων και της δακτυλιοειδούς επιφάνειας γύρω από το αντισταθμιστικό έμβολο. Με την επικοινωνία αυτή λάδι υπό πίεση εισέρχεται στο χώρο (3) του κυλίνδρου και πιέζει το κινητήριο έμβολο. Αυτό στη συνέχεια με το βάκτρο του μεταδίδει την κίνησή του προς τη βαλβίδα του ατμοφράκτη, την οποία και κλείνει τόσο, ώστε οι στροφές του στροβίλου να πέσουν στις κανονικές.

'Όταν πάλι πέσουν οι στροφές, απομακρύνεται η κυπελλοειδής βαλβίδα από την έδρα της, πέφτει η πίεση του λαδιού, και το ελατήριο (ε) ωθεί το αντισταθμιστικό έμβολο προς τα κάτω. Τότε συγκοινωνεί ο χώρος (4) με το χώρο (1), ενώ ο χώρος (3) συγκοινωνεί προς την επιστροφή του λαδιού.

Μετά από όλα αυτά το κινητηριού έμβολο κατέρχεται λίγο και ανοίγει περισσότερο τον ατμοφράκτη, οπότε και οι στροφές του στροβίλου αυξάνουν ανάλογα.

Στο αριστερό μέρος του σχήματος διακρίνεται ο υπηρετικός μηχανισμός (κινητήρας), με τον οποίο επιτυγχάνεται η αλλαγή της ταχύτητας του στροβίλου. Με αυτόν δηλαδή καθορίζονται κάθε φορά στροφές ανά λεπτό, με τις οποίες επιθυμούμε να εργάζεται ο στρόβιλος και τις οποίες στη συνέχεια ο ρυθμιστής αναλαμβάνει και τις διατηρεί σταθερές, εφ' όσον δεν μεταβάλλομε την εντολή μας προς αυτόν.

Οι υδραυλικοί ρυθμιστές του τύπου, που περιγράψαμε προηγουμένως, ή άλλοι παρόμοιοι, που βασίζονται στις ίδιες αρχές λειτουργίας χρησιμοποιούνται πολύ για στροβίλους μεγάλων ιπποδυνάμεων.

56.3 Αυτόματοι διακόπτες υπερταχύνσεως.

Εξηγήσαμε το σκοπό και τις γενικές αρχές λειτουργίας των αυτομάτων διακοπτών υπερταχύνσεως στην παράγραφο 56.1.

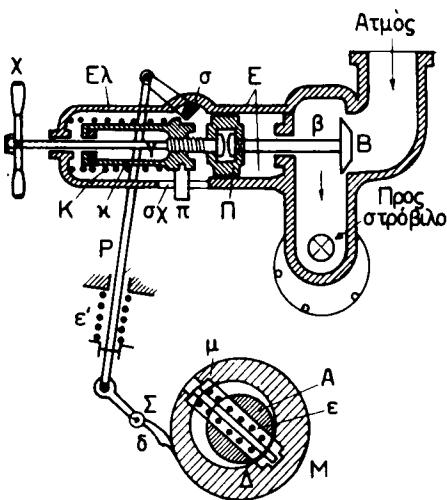
Από τους αυτόματους διακόπτες άλλοι ενεργούν επάνω στην ίδια βαλβίδα, που ενεργεί και ο ρυθμιστής στροφών και την κλείνουν απότομα σε περίπτωση υπερταχύνσεως του στροβίλου και άλλοι κλείνουν απότομα τον ατμοφράκτη παροχής ατμού στο στρόβιλο, ο οποίος τοποθετείται πριν από τη βαλβίδα του ρυθμιστή.

Στην πρώτη περίπτωση, όταν οι στροφές του στροβίλου αυξηθούν πέρα από ένα επιτρεπόμενο όριο, το αντισταθμιστικό έμβολο του ρυθμιστή (σχ. 56.2β) ανυψώνεται τόσο πολύ, ώστε λάδι υπό μεγάλη πίεση παρέχεται μέσω των θυρίδων του προς το χώρο (4) επάνω από το έμβολο. Ήτοι η πίεση του λαδιού μαζί και με την ένταση του ελατηρίου κλείνουν απότομα τον ατμοφράκτη.

Για τη δεύτερη περίπτωσή η ενέργεια του αυτόματου διακόπτη διευκρινίζεται από το σχήμα 56.3.

Σ' αυτό διακρίνεται η βαλβίδα (B) του ατμοφράκτη και το βάκτρο της (β), το οποίο διαπερνάει το πέδιλο (Π) και καταλήγει κατόπιν σε ένα κουμπί. Μετά από το βάκτρο (β) υπάρχει το βάκτρο (γ), που καταλήγει στο χειροσφόνδυλο (X).

Το βάκτρο (γ) έχει σπείρωμα, το δε σώμα (κ), το οποίο φέρει το θηλυκό σπείρωμα, έχει εξωτερικά ένα πείρο (π), ο οποίος κινείται ελεύθερα κατά μήκος της σχισμής (σχ) του κυπέλλου (κ).



Σχ. 56.3.

Το πέδιλο (Π) ολισθαίνει κατά μήκος στις ευθυντήριες (Ε).

Στον άξονα του στροβίλου (Α) υπάρχει ο δακτύλιος (Δ), ο οποίος εσωτερικά έχει παράκεντρη οπή, ώστε προς το ένα άκρο του να έχει πολλή μάζα (Μ), προς δε το άλλο λίγη (μ). Η εξωτερική όμως περιφέρεια του δακτυλίου, όταν ο άξονας περιστρέφεται μέχρι ορισμένες στροφές, ρυθμίζεται με τη βοήθεια του ελατηρίου (ε), ώστε να είναι ομόκεντρος με τον άξονα.

'Όταν οι στροφές του στροβίλου υπερβούν τις κανονικές, τότε η φυγόκεντρη δύναμη υπερνικά την ένταση του ελατηρίου (ε), οπότε η μάζα (Μ) απομακρύνεται από τον άξονα (Α) και ωθεί προς τα έξω το δακτύλιο (δ).

Επειδή τώρα το σημείο (Σ) είναι σταθερό, ο μοχλός (Ρ) θα κινηθεί προς τα άνω και θα περιστρέψει προς τα δεξιά το ημισεληνοειδές (μισοφέγγαρο) τεμάχιο (σ). Τότε το ελατήριο (ΕΛ) κλείνει απότομα τον ατμοφράκτη.

Για να ανοίξομε τον ατμοφράκτη και να οπλίσομε, όπως λέμε τον αυτόματο, ώστε αυτός να είναι πάλι έτοιμος να λειτουργήσει, περιστρέφομε το χειροσφόνδυλο (Χ) προς τα δεξιά. Με την κίνηση αυτή έλκεται το σώμα (κ) προς τα έξω, πιέζεται το ελατήριο (ΕΛ) και οπλίζει το ημισεληνοειδές τεμάχιο (σ). Στη συνέχεια αποκοχλιούμε περιστρέφοντας προς τα αριστερά το χειροσφόνδυλο (Χ) και η βαλβίδα του ατμοφράκτη ανοίγει πάλι.

Εν τω μεταξύ με την κράτηση του στροβίλου ἐπαψε να ενεργεί η φυγόκεντρος δύναμη επάνω στο δακτύλιο (Δ) και ἔτσι αυτός επανήλθε ομόκεντρος προς τον ἀξονα (A). 'Ετσι ο αυτόματος διακόπτης είναι ἔτοιμος να ενεργήσει πάλι με τον ίδιο τρόπο σε περίπτωση νέας υπερταχύνσεως του στροβίλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 57

Η ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

57.1 Γενικά.

Τα στροφεία των στροβίλων θα έπρεπε λόγω της συμμετρίας τους ως προς τον άξονα να έχουν απολύτως ομοιόμορφη κατανομή βαρών.

'Ομως αυτό σχεδόν ποτέ δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί αμέσως κατά την κατασκευή του στροφείου εξ' αιτίας της ανομοιογένειας της μάζας του, των ατελειών κατά την κατεργασία του, και των διαφορετικής φύσεως υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του.

Η ανομοιόμορφη κατανομή βαρών στα στροφεία προκαλεί κατά την περιστροφή τους υπερβολικές φυγόκεντρες δυνάμεις και ζεύγη δυνάμεων, που προκαλούν δονήσεις ή κραδασμούς του στροφείου με υψηλή ένταση σε επικίνδυνο βαθμό καμιά φορά.

Γ' αυτό το λόγο όλα τα στροφεία μετά την πρώτη κατασκευή τους στο εργοστάσιο υποβάλλονται σε μια ειδική δοκιμή ή έλεγχο, που ονομάζεται **ζυγοστάθμηση**. Με τη ζυγοστάθμηση εξουδετερώνεται η ύπαρξη ανομοιόμορφα κατανεμημένων βαρών, τα οποία και προκαλούν τις φυγόκεντρες δυνάμεις και τα ζεύγη δυνάμεων, που αναφέραμε προηγουμένων.

Η ζυγοστάθμηση διακρίνεται σε **στατική** και **δυναμική**.

Η στατική ζυγοστάθμηση εκτελείται με την προϋπόθεση ότι όλες οι φυγόκεντρες δυνάμεις, που αναπτύσσονται κατά την περιστροφή του στροφείου λόγω υπάρξεως ανομοιόμορφα κατανεμημένων βαρών, βρίσκονται επάνω σε ένα κάθετο προς τον άξονα επίπεδο. Η στατική ζυγοστάθμηση αποσκοπεί στην αντιστάθμιση ή εξουδετέρωση των δυνάμεων αυτών.

Η δυναμική ζυγοστάθμηση προϋποθέτει ότι οι δυνάμεις μπορεί να βρίσκονται επάνω σε διάφορα επίπεδα κάθετα προς τον άξονα με συνέπεια να δημιουργούνται και ζεύγη ανατροπής του άξονα του στροφείου κατά τη λειτουργία του.

Η δυναμική ζυγοστάθμηση είναι τελειότερη εργασία και περιλαμβάνει και τη στατική. Δηλαδή συχνά στροφεία, τα οποία υπέστησαν στατική ζυγοστάθμηση μόνο, εμφανίζουν κατά την περιστροφή τους σοβαρές δονήσεις, ενώ δεν συμβαίνει αυτό σε στροφεία, που υπεβλήθηκαν σε δυναμική ζυγοστάθμηση.

Γι' αυτό η στατική ζυγοστάθμηση εφαρμόζεται μόνο σε στροφεία πολύ μικρού μήκους, όπως οι τροχοί δράσεως Curtis των μικρών βοηθητικών μηχανημάτων, όπου οι φυγόκεντρες δυνάμεις βρίσκονται πρακτικά σχεδόν επάνω στο ίδιο κάθετο επίπεδο ως προς τον άξονα. Σε στροφεία όμως μεγαλύτερου μήκους εκτελείται απαραίτητα η δυναμική ζυγοστάθμηση.

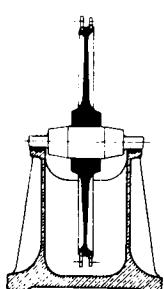
Και οι δύο αυτές εργασίες εκτελούνται κατ' αρχήν στο εργοστάσιο του κατασκευαστή με ειδικές συσκευές, τις οποίες θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές στη συνέχεια. Εκτελούνται όμως επίσης και σε εργοστάσια, τα οποία εκτελούν επιθεωρήσεις και επισκευές στροβίλων, όπως π.χ. τα μεγάλα Ναυπηγεία ή οι μεγάλοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, που χρησιμοποιούν πολλούς στροβίλους και που αναγκαστικά διαθέτουν τα κατάλληλα μηχανήματα για την εκτέλεση και της στατικής, αλλά κυρίως της δυναμικής ζυγοσταθμήσεως.

57.2 Η στατική ζυγοστάθμηση.

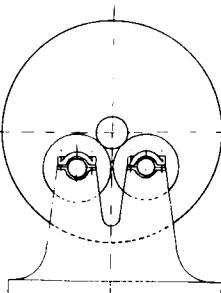
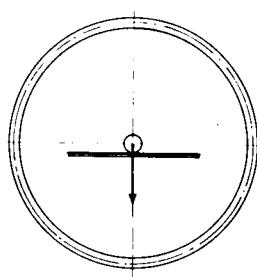
Υπάρχουν διάφορες συσκευές για τη στατική ζυγοστάθμηση.

Στη συσκευή του σχήματος 57.2α τα σημεία, επάνω στα οποία στηρίζεται ο άξονας, είναι κατακόρυφες αιχμηρές λάμες από λείο και σκληρό χάλιβα με οριζόντιες ακμές (σχ. 57.2α).

Στη συσκευή του σχήματος 57.2β ο άξονας στηρίζεται επάνω σε κατάλληλους κυλίνδρους, οι οποίοι περιστρέφονται ελεύθερα με τη βοήθεια εσωτερικών ενσφαιροτριβέων.



Σχ. 57.2α.



Σχ. 57.2β.

Εάν κατά την τοποθέτηση του στροφείου επάνω στη συσκευή το κέντρο βάρους του στροφείου δεν βρίσκεται επάνω στο γεωμετρικό άξονα συμμετρίας του, τότε το στροφείο θα περιστραφεί μόνο του, ώστε το κέντρο βάρους του να έρθει ακριβώς προς τα κάτω.

Εάν τώρα στο άνω μέρος του στροφείου στερεώσουμε ένα τεμάχιο από στόκο, ως δοκιμαστικό βάρος, τότε μπορούμε αυξομείωνοντας το βάρος του στόκου να επιτύχουμε, ώστε το στροφείο να ισορροπεί σε οποιαδήποτε θέση και αν το περιστρέψουμε.

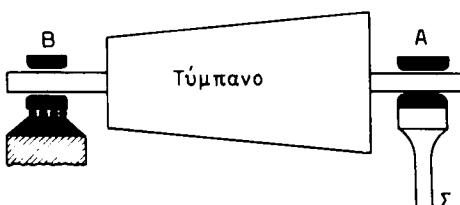
'Όταν επιτύχουμε αυτό, τότε ή τοποθετούμε μόνιμο βάρος στο στροφείο ίσο προς το βάρος του στόκου και στη θέση, όπου βρισκότανε ο στόκος, ή προτιμότερο αφαιρούμε υλικό από τον τροχό σε τόσο βάρος όσο το βάρος του στόκου, που είχαμε κολλήσει προηγουμένως. Η αφαίρεση αυτή του υλικού γίνεται όμως από σημείο ακριβώς **αντόδικο-μετρικό** από το σημείο, όπου είχε κολληθεί ο στόκος.

57.3 Η δυναμική ζυγοστάθμηση.

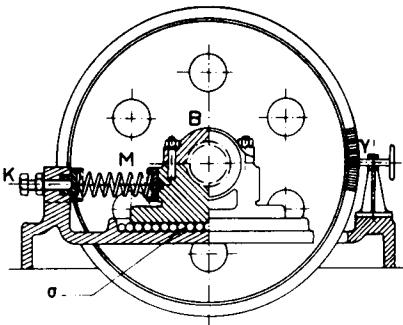
Το σχήμα 57.3α παριστάνει ένα μηχάνημα δυναμικής ζυγοσταθμήσεως. Με αυτό προσδιορίζομε σε δύο βασικά επίπεδα αναφοράς (δηλαδή τα επίπεδα της πρόσθιας και οπίσθιας όψεως του στροφείου) τα σημεία, όπου πρέπει να τοποθετηθούν ή να αφαιρεθούν βάρη, ώστε να εξαφανισθούν τα μη ζυγοσταθμησμένα ζεύγη.

Στο σχήμα αυτό το ένα έδρανο (Α) του μηχανήματος είναι σταθερό μεν, αλλά επειδή είναι στερεωμένο επάνω σε κατακόρυφο ευλύγιστο στέλεχος (Σ), μπορεί να μετακινείται ελαφρά κατά το οριζόντιο επίπεδο: Το άλλο έδρανο (Β) κάθεται επάνω σε σφαίρες και μπορεί πάλι να μετατοπισθεί δεξιά - αριστερά κατά την έννοια του οριζόντιου επιπέδου, επειδή στερεώνεται με πλευρικά ελατήρια που έχουν ρυθμιζόμενη ένταση.

Στη δυναμική ζυγοστάθμηση το στροφείο στρέφεται αρχικά από ηλεκτροκινητήρα μέσω ενός ιμάντα με αριθμό στροφών ίσο προς το 1/4 περίπου του μέγιστου αριθμού στροφών λειτουργίας του στροβίλου. Στη συνέχεια αφαιρείται ο ιμάντας, χαλαρώνονται τα ελατήρια του πρόσθιου εδράνου και το στροφείο αφού περιστρέφεται μόνο του πια, δονείται δεξιά - αριστερά παρασύροντας και το έδρανο.



Σχ. 57.3α.



Σχ. 57.3β.

Πλησιάζομε τότε στην επιφάνεια του στροφείου, την οποία έχομε προηγουμένως επαλείψει με ασφέστη, μία γραφίδα και καταγράφομε με αυτόν τον τρόπο επάνω στην επιφάνεια τόξα, το μέσον των οποίων προσδιορίζει την κατεύθυνση της αποκλίσεως του εδράνου.

Κρατάμε στη συνέχεια το στροφείο, τοποθετούμε δοκιμαστικά ένα βάρος στο πρόσθιο επίπεδο και σε θέση αντιδιαμετρική του μέσου των τόξων και επαναλαμβάνομε τη δοκιμή, μέχρις ότου μετά δύο ή τρεις δοκιμές να μηδενίσουμε την απόκλιση.

Η ίδια εργασία επαναλαμβάνεται, αφού το στροφείο τοποθετηθεί με το οπίσθιο άκρο στο πρόσθιο έδρανο.

Στις περιπτώσεις είναι προτιμότερο, όπως και στην στατική ζυγοστάθμηση, αντί να προσθέτουμε το αναγκαίο βάρος, να αφαιρούμε υλικό ίσου βάρους από **αντιδιαμετρικό** σημείο του στροφείου ως προς το σημείο που είχαμε προσδιορίσει με το στόκο.

Στο σχήμα 57.3β δίνεται η διάταξη του πρόσθιου εδράνου (B). Διακρίνονται οι σφαίρες εδράσεως (σ), το ελατήριο (M), με το οποίο ρυθμίζομε την ένταση της πλευρικής κινήσεως του εδράνου, οι ρυθμιστικοί κοχλίες της εντάσεως του (K) και η γραφίδα (γ).

Η δυναμική ζυγοστάθμηση των στροφείων μεταβάλλεται μετά πολλές ώρες λειτουργίας του στροβίλου από διάφορα αίτια, όπως π.χ. οι φθορές των πτερυγίων, οι διαβρώσεις του στροφείου και των άλλων κινητών μερών από την υγρασία του ατμού, οι πιθανές στρεβλώσεις λόγω κακής προθερμάνσεως ή υπερθερμάνσεως κ.λπ.

Γ' αυτό κάθε στροφείο, ανεξάρτητα από το αν παρουσιάζει κραδασμούς ή όχι, πρέπει να υποβάλλεται σε έλεγχο δυναμικής ζυγοσταθμήσεως περιοδικά τουλάχιστον κάθε 4 χρόνια ή σε έκτακτες περιπτώσεις εάν το κρίνει αναγκαίο ο υπεύθυνος μηχανικός της εγκαταστάσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 58

Ο ΚΡΙΣΙΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΔΟΥ

α) Σε οριζόντιο στροφείο ακίνητο και στηριζόμενο στους δύο ακραίους τριβείς του, θεωρούμε ότι το κέντρο βάρους του βρίσκεται επάνω στον άξονα συμμετρίας.

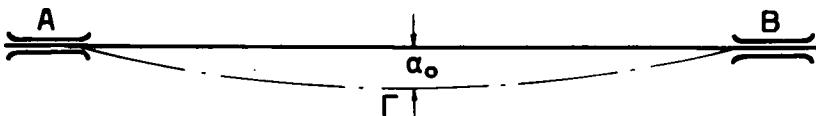
Στην πραγματικότητα όμως το στροφείο αυτό είναι μια οριζόντια δοκός πακτωμένη στα δύο άκρα με ανομοιόμορφα φορτία. Η δοκός αυτή παρουσιάζει λόγω της ελαστικότητας του υλικού της μικρό βέλος κάμψεως (α_0), ώστε ο πραγματικός άξονας του στροφείου (ΑΓΒ) να παρουσιάζει μικρή καμπυλότητα και να διαφέρει από τον ιδεατό του άξονα (AB), ο οποίος είναι ευθύς και οριζόντιος.

Το σχήμα 58α παριστάνει, σε έξαρση προφανώς, την καμπυλότητα του πραγματικού άξονα.

Κατά την περιστροφή του στροφείου τώρα αναπτύσσεται φυγόκεντρη δύναμη, η οποία τείνει να αυξήσει την καμπυλότητα του πραγματικού άξονα και αντίστοιχα του βέλους (α_0). Όσο μάλιστα οι στροφές του στροφείου αυξάνουν, τόσο και η φυγόκεντρη αυτή δύναμη γίνεται μεγαλύτερη και μαζί με αυτή το βέλος κάμψεως.

Στην καταπόνηση του άξονα λόγω φυγοκέντρων δυνάμεων αντιστέκονται οι εσωτερικές ελαστικές δυνάμεις του υλικού του, ώστε σε κάθε αριθμό στροφών του στροφείου να επέρχεται ισορροπία μεταξύ τους.

Εάν όμως η ταχύτητα περιστροφής του άξονα, δηλαδή η γωνιακή ταχύτητά του (ω) αυξάνεται συνεχώς, φθάνει μια στιγμή κατά την οποία το βέλος κάμψεως γίνεται άπειρο. Τότε ακριβώς επέρχεται η θραύση του άξονα, επειδή οι καταπονήσεις



Σχ. 58α.

του υλικού εξ' αιτίας των φυγοκέντρων δυνάμεων γίνονται μεγαλύτερες από τις εσωτερικές ελαστικές δυνάμεις του, οι οποίες αντιστέκονται στις καταπονήσεις.

Τον αριθμό στροφών, στον οποίο θραύεται ο άξονας, τον καλούμε **κρίσιμο αριθμό στροφών του στροφείου**, τη δε γωνιακή ταχύτητα αυτού **κρίσιμη γωνιακή ταχύτητα**.

Εάν σύμφωνα με τα παραπάνω καλέσομε: F τη δύναμη, η οποία προκαλεί κάμψη του άξονα 1 cm , W το βάρος του στροφείου, m τη μάζα του στροφείου, a_0 το στατικό βέλος κάμψεως, α το βέλος κάμψεως, που υπερβαίνει το στατικό βέλος, η τον αριθμό στροφών ανά λε-

πτό λεπτό και ω τη γωνιακή ταχύτητα, η οποία θα είναι $\omega = \frac{\pi \cdot \eta}{30}$,

τότε θα πρέπει να έχομε:

$$F \cdot \alpha = m(a + a_0) \omega^2 \quad \text{και}$$

$$\alpha = \frac{a_0}{\frac{F}{m\omega^2} - 1} \quad (1)$$

Από αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι, όταν ο παράγοντας $\frac{F}{m\omega^2}$ γίνει ίσος με τη μονάδα, τότε ο παρονομαστής του κλάσματος γίνεται μηδέν, οπότε το βέλος α γίνεται άπειρον και επομένως ο άξονας θραύεται.

Τη στιγμή της θραύσεως ο άξονας βρίσκεται στην κρίσιμη γωνιακή ταχύτητά του ω_k , επειδή δε ακριβώς τότε θα έχομε:

$$\frac{F}{m\omega_k^2} = 1,$$

έπειτα ότι η κρίσιμη γωνιακή ταχύτητα βρίσκεται από τον τύπο:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{F}{m}}$$

και επειδή η μάζα είναι $\frac{W}{g}$, όπου g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας ίση προς 9.81 m/sec , θα έχομε ότι:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{F \cdot g}{W}} \quad (2)$$

Από τον τύπο αυτό βρίσκεται και ο κρίσιμος αριθμός στροφών του άξονα n_k , δεδομένου ότι $\omega_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30}$.

Θα έχομε δηλαδή: $\frac{\pi \cdot n_k}{30} = \sqrt{\frac{F \cdot g}{W}}$ όπου $\pi = 3,14$, οπότε:

$$n_k = 300 \sqrt{\frac{F}{W}} \quad (3)$$

Επειδή όμως το στροφείο λόγω του βάρους του W υφίσταται ένα αρχικό βέλος κάμψεως a_0 , καθορίσαμε δε ότι F είναι η δύναμη, η οποία προκαλεί κάμψη αρχικού βέλους 1 cm, έπειτα ότι το βάρος W θα είναι:

$$W = F \cdot a_0$$

οπότε ο τύπος (3) λαμβάνει τη μορφή:

$$n_k = 300 \sqrt{\frac{F}{Fa_0}} \text{ ή και την πιο απλή μορφή:}$$

$$n_k = 300 \sqrt{\frac{1}{a_0}}. \quad (4)$$

Με τον τελευταίο τύπο μπορούμε απλούστατα να βρούμε τον κρίσιμο αριθμό στροφών του στροφείου, αν γνωρίζομε το αρχικό βέλος κάμψεως αυτού a_0 .

'Ετσι, αν π.χ. από υπολογισμό βρούμε $a_0 = 0,002$ cm, τότε θα έχουμε:

$$n_k = 300 \sqrt{\frac{1}{0,02}} = 2120 \text{ στροφές ανά λεπτό περίπου.}$$

Εάν τώρα στον τύπο (1) η γωνιακή ταχύτητα γίνει μεγαλύτερη από την κρίσιμη, ο παρονομαστής του κλάσματος, δηλαδή η παράσταση $\frac{F}{m \omega^2} - 1$, παίρνει όχι μηδενική τιμή, αλλά αρνητική. Τότε το βέλος κάμψεως α παίρνει αντίστοιχα αρνητική τιμή, δηλαδή το κέντρο βάρους του στροφείου μετατίθεται σε μια θέση μεταξύ ιδεατού άξονα και πραγματικού.

Αυτό ερμηνεύεται με την ακόλουθη πρακτική έννοια: αν κατά την περιστροφή του στροφείου κατορθώσουμε να ξεπεράσουμε την κρίσιμη ταχύτητα ή τον κρίσιμο αριθμό περιστροφών του στροφείου, χωρίς να θραυσθεί ο άξονας (τοποθετώντας π.χ. ένα ενδιάμεσο τριβέα), τότε απομακρυνόμαστε από τον κίνδυνο θραύσεώς του.

β) Κρίσιμο αριθμό στροφών έχουν όλα τα στροφεία και λαμβάνεται υπ' όψη από τον κατασκευαστή κατά τον υπολογισμό. Συνήθως ο αριθμός αυτός μας δίνεται για κάθε μηχάνημα ιδιαίτερα.

Συνήθως ορισμένα μικρά και πολύστροφα μηχανήματα έχουν κρίσιμο αριθμό στροφών κατά 25% μικρότερο από τον αριθμό στροφών της κανονικής λειτουργίας τους. Σ' αυτά πρέπει κατά την εκκίνηση και την κράτηση να φροντίζομε ώστε το στροφείο να διέρχεται γρήγορα από το επικίνδυνο σημείο του κρίσιμου αριθμού στροφών.

Σε άλλες περιπτώσεις πάλι, όπως σε ολιγόστροφα βαριά μηχανήματα ή σε στροβίλους πλοίων, πρέπει ο κρίσιμος αριθμός στροφών να βρίσκεται περίπου κατά 800 έως 1.200 στροφές υψηλότερα από το μέγιστο αριθμό, που πρόκειται να πάρει το στροφείο, ώστε με αυτόν τον τρόπο να μην υπάρχει σοβαρή πιθανότητα ότι το στροφείο θα βρεθεί ποτέ να εργάζεται στον κρίσιμο αριθμό στροφών του.

Ανάλογη προς την περίπτωση των οριζοντίων στροφείων είναι και η περίπτωση των κατακορύφων. Η μελέτη και αυτής της περιπτώσεως οδηγεί στο ίδιο περίπου συμπέρασμα με τα παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 59

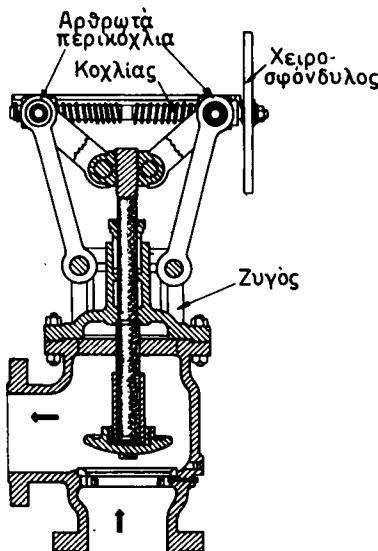
ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Ως εξαρτήματα νοούνται όλα εκείνα τα όργανα, τα οποία τοποθετούνται στο στρόβιλο και χρησιμεύουν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας του. Αυτά περιγράφονται πιο κάτω σε γενικές γραμμές.

α) *Ο ατμοφράκτης χειροστρίου.* Είναι βαλβίδα ελεγχόμενη, η οποία παρέχει ατμό προς τα ακροφύσια.

Το σχήμα 59.1α παριστάνει ένα συνηθισμένο τύπο ατμοφράκτη σύγχρονου στροβίλου.

Η λειτουργία αυτού του ατμοφράκτη είναι φανερή και αποβλέπει στη ρύθμιση του επιθυμητού κάθε φορά ανοίγματος της βαλβίδας με ανάλογη περιστροφή του χειροσφονδύλου.



Σχ. 59.1α.

β) Οι ενδιάμεσοι στροφάκτες, οι οποίοι στέλνουν ατμό από τον κύριο ατμαγωγό προς τις ενδιάμεσες διαβαθμίσεις του στροβίλου στην περίπτωση υψηλού φορτίου αυτού ή υπερφορτίσεώς του.

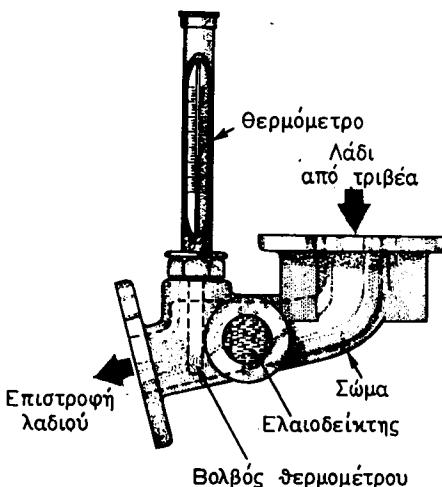
γ) Οι στροφάκτες απομαστεύσεως. Μέσω αυτών παραλαμβάνεται ατμός από ενδιάμεσες διαβαθμίσεις για άλλες χρήσεις ή λειτουργίες, όπως π.χ. η προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού, η παροχή ατμού προς την εξαεριστική δεξαμενή κ.λπ.

δ) Οι στροφάκτες παροχής ατμού στους στυπειοθλίπες. Αυτοί λαμβάνουν ατμό μειωμένης πιέσεως μέσω μειωτήρα και τον κατευθύνουν στις συσκευές στεγανότητας του στροβίλου.

ε) Τα ασφαλιστικά επιστόμια του στροβίλου. Είναι βαλβίδες φορτισμένες με ελατήριο και ρυθμισμένες να ανοίγουν για λόγους ασφαλείας σε μια ορισμένη πίεση. Τοποθετούνται σε διάφορα σημεία του στροβίλου και έχουν διαφορετική ρύθμιση ανάλογα με την εκτονωτική διαβάθμιση, για την οποία προορίζονται.

στ) Οι κρουνοί των υγρών. Τοποθετούνται στο κάτω ημικέλυφος του στροβίλου για την απαγωγή των υγρών προς το ψυγείο.

ζ) Οι μειωτήρες του ατμού. Είναι κατάλληλες βαλβίδες ρυθμιζόμενες, για να παρέχουν ατμό μειωμένης πιέσεως για διάφορες χρήσεις στο στρόβιλο και το μηχανοστάσιο.



Σχ. 59.1β.

η) **Τα Θλιβόμετρα.** Χρησιμεύουν για την παρακολούθηση των πιέσεων ατμού, λαδιού κ.λπ. και προσαρμόζονται στις κατάλληλες θέσεις του κελύφους ή του δικτύου λιπάνσεως.

θ) **Τα Θερμόμετρα.** Με αυτά παρακολουθούμε τις θερμοκρασίες ατμού, λαδιού, λιπάνσεως, τριβέων κ.λπ. Τοποθετούνται στις κατάλληλες θέσεις μέσα σε ειδικά γι' αυτό κατασκευαζόμενες υποδοχές.

Όσον αφορά τα θερμόμετρα ελέγχου της θερμοκρασίας του λαδιού, αυτά συνήθως τοποθετούνται στην έξοδο του λαδιού από τον τριβέα, όπου τοποθετείται και γυάλινος **ελαιοδείκτης** για τον οπτικό έλεγχο ροής του λαδιού (σχ. 59.1β).

ι) Εκτός από αυτά, ως εξαρτήματα μπορεί να θεωρηθούν και ο ρυθμιστής στροφών, ο αυτόματος ρυθμιστής υπερταχύνσεως και λαδιού, τους οποίους έχομε περιγράψει λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 56, και τα στροφόμετρα, που παρέχουν τον αριθμό στροφών ανά λεπτό, με τον οποίο περιστρέφεται ο στρόβιλος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 60

ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

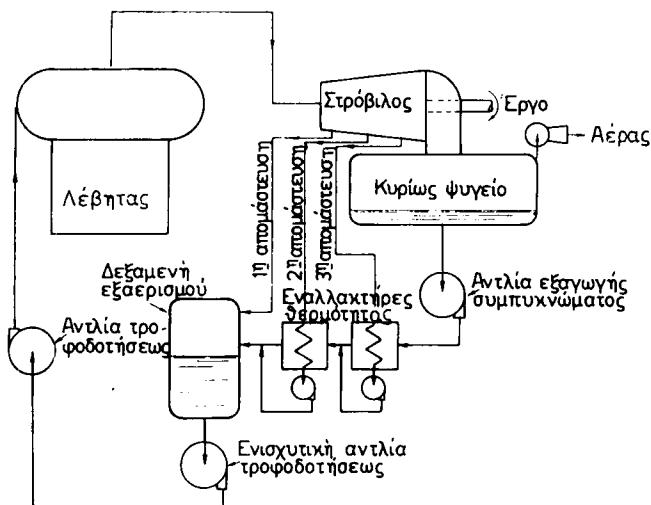
60.1 Γενικά.

Στο Κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε με συντομία τις βοηθητικές συσκευές και μηχανήματα των ατμοστροβίλων, αφού πρώτα επαναλάβουμε το κύκλωμα λειτουργίας του ατμού, στο οποίο καθορίζεται και η θέση που κατέχει η κάθε συσκευή ή μηχανήματα.

Το σχήμα 60.1 παριστάνει το κύκλωμα λειτουργίας μιας σύγχρονης εγκαταστάσεως.

Διακρίνεται ο λέβητας, ο οποίος παρέχει ατμό στο στρόβιλο, που παράγει το μηχανικό έργο.

Οι εξατμίσεις του στροβίλου οδεύουν προς το ψυγείο, όπου



Σχ. 60.1.

και συμπυκνώνονται σε νερό. Από τη συμπύκνωση αυτή δημιουργείται, όπως γνωρίζουμε, το κενό του ψυγείου. Αυτό με τη βοήθεια των **εκχυτήρων** αέρα, οι οποίοι απάγουν τον αέρα από το χώρο συμπυκνώσεως και οδηγούν αυτόν στην ατμόσφαιρα, φθάνει την τιμή των 97-99% του τέλειου κενού.

Το **συμπύκνωμα** με τη βοήθεια της **εξαγωγικής αντλίας** συμπυκνώματος οδηγείται διαδοχικά με τους **εναλλακτήρες** θερμότητας ή προθερμαντήρες, όπου και προθερμαίνεται από τον ατμό της δεύτερης και τρίτης **απομαστεύσεως** από τον κύριο στροβίλο. Στη συνέχεια προθερμαινόμενο πια εισέρχεται στη **δεξαμενή εξαερισμού**, η οποία καλείται και **θερμοδοχείο**. Εκεί, με τη βοήθεια ατμού από την πρώτη απομάστευση του κύριου στροβίλου φθάνει σε θερμοκρασία βρασμού και υφίσταται έτσι πλήρη εξαερισμό.

Από την εξαεριστική δεξαμενή το αναρροφάει η **ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως** και το καταθλίβει στην αναρρόφηση της **κύριας αντλίας τροφοδοτήσεως**, από την οποία και εισάγεται τελικά στο λέβητα.

60.2 Το κύριο ψυγείο.

Σκοπός του κύριου ψυγείου είναι η δημιουργία του κενού με συμπύκνωση των εξατμίσεων και η μετατροπή αυτών πάλι σε τροφοδοτικό νερό.

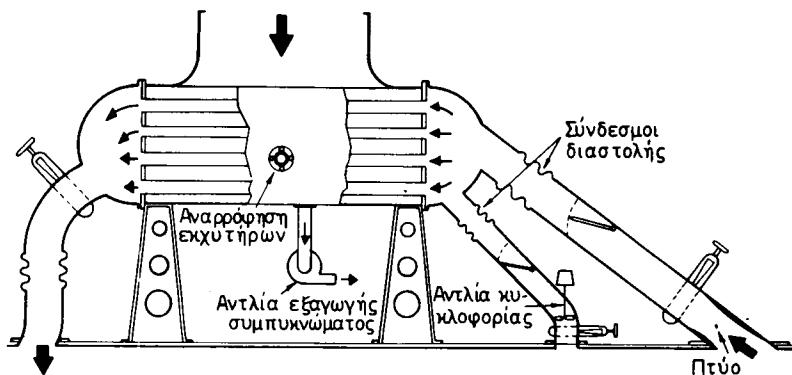
Με τη δημιουργία του κενού αυξάνει η απόδοση του στροβίλου και ελαττώνεται αντίστοιχα η κατανάλωση σε ατμό ή σε καύσιμο.

Ένα ψυγείο αποτελείται στη γενική του διάταξη από αυλούς, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί νερό ψύξεως, ποτάμιο, πηγαίο ή θαλασσινό. Εξωτερικά από τους αυλούς πέφτουν οι εξατμίσεις, οι οποίες, αφού ψυχθούν συμπυκνώνονται σε νερό.

Οι αυλοί στηρίζονται σε δύο αυλοφόρες πλάκες και περιβάλλονται από το κέλυφος, το οποίο στα δύο άκρα του έχει πώματα. Επάνω σ' αυτό προσαρμόζονται οι οχετοί εισαγωγής και εξαγωγής του ψυκτικού νερού. Μέσα στο ψυγείο υπάρχουν κατάλληλα διαφράγματα ελέγχου ροής των εξατμίσεων του συμπυκνώματος και των αερίων.

Τα ψυγεία των εγκαταστάσεων ξηράς και των πλοίων ελάχιστα μόνο διαφέρουν μεταξύ τους.

Στο σχήμα 60.2 παριστάνεται ψυγείο κύριου στροβίλου εγκαταστάσεως πλοίου στη γενική του διάταξη.



Σχ. 60.2.

Η λειτουργία του, από όσα έχομε αναφέρει και από όσα σημειώνονται επάνω στο σχέδιο είναι προφανής.

Η λεπτομέρεια που αφορά την είσοδο θαλασσινού νερού με τη βοήθεια του πτύου λόγω ροής, συνίσταται στο ότι: όταν μεν το πλοίο κινείται με μικρή ταχύτητα, το θαλασσινό νερό αναρροφάται από την αντλία κυκλοφορίας και στέλνεται στους αυλούς. Όταν όμως η ταχύτητα του πλοίου γίνει μεγάλη, τότε σταματά η αντλία κυκλοφορίας και το θαλασσινό νερό ψύξεως εισέρχεται στο ψυγείο από το πτύο λόγω δυνάμεως ροής, δηλαδή λόγω της σχετικής ταχύτητας μεταξύ πλοίου και του θαλασσινού νερού που το περιβάλλει.

Το ψυγείο συνήθως στο κέλυφος έχει μικρό κρουνό, ο οποίος καλείται **μικτός** με τον οποίο συγκοινωνεί με σωλήνα προς την εφεδρική τροφοδοτική δεξαμενή.

Ο μικτός κρουνός ανοίγεται, όταν το νερό που κυκλοφορεί έχει ελαττωθεί, οπότε μέσω του κενού του ψυγείου συμπληρώνεται η στάθμη σ' αυτό με αναρρόφηση από την εφεδρική τροφοδοτική δεξαμενή.

'Όπως γίνεται στα ψυγεία των παλινδρομικών μηχανών [Τόμος Α', παράγρ. 39(α)] έτσι και στα ψυγεία των στροβίλων, συχνά προσαρμόζεται η **αθόρυβη** εξάτμιση, δηλαδή βαλβίδα, η οποία ανοίγει και οδηγεί τον ατμό από τον κύριο ατμαγωγό προς το ψυγείο. Αυτό γίνεται όταν η πίεση του λέβητα ανέβει πολύ, οπότε είναι βέβαιο ότι θ' ανοίξουν τα ασφαλιστικά του. Τότε ανοίγομε την αθόρυβη εξάτμιση, για να αποφύγομε το άνοιγμα των ασφαλιστικών και επομένως την απώλεια τροφοδοτικού νερού προς την ατμόσφαιρα.

60.3 Το βοηθητικό ψυγείο.

Είναι ψυγείο με μικρότερες διαστάσεις από το κύριο και χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων, όπου εκτός από τα στροβιλοκίνητα υπάρχουν και παλινδρομικά ατμοκίνητα μηχανήματα.

Το βοηθητικό ψυγείο υγροποιεί τις εξατμίσεις των βοηθητικών αυτών μηχανημάτων, οι οποίες περιέχουν σταγόνες από το λάδι της εσωτερικής λιπάνσεως τους. Έτσι ο ατμός, που υγροποιείται στο βοηθητικό ψυγείο, δίνει ένα συμπύκνωμα, το οποίο δεν είναι τελείως καθαρό και γι' αυτό δεν πρέπει να εισέλθει μέσα στο κύριο κύκλωμα της εγκαταστάσεως. Όπως είναι γνωστό, αυτή περιλαμβάνει το κύριο ψυγείο, όπου συμπυκνώνονται οι καθαρές εξατμίσεις του στροβίλου, ο οποίος δεν έχει εσωτερική λίπανση.

Το βοηθητικό ψυγείο τοποθετείται συνήθως σε υψηλή θέση μέσα στην εγκατάσταση και το συμπύκνωμά του ρέει από αυτό με το βάρος του. Για να διατηρείται όμως μια σταθερή στάθμη συμπυκνώματος μέσα στο ψυγείο, παρεμβάλλεται πάντοτε στο σωλήνα της εξαγωγής ένα τμήμα σωλήνα σαν ένα είδος σιφωνιού.

Ειδικότερα στα πλοία το βοηθητικό ψυγείο χρησιμεύει και για τη λειτουργία των βοηθητικών μηχανημάτων **σε όρμο** (εν όρμω), όταν δηλαδή η κύρια εγκατάσταση βρίσκεται εκτός λειτουργίας.

60.4 Η αντλία κυκλοφορίας.

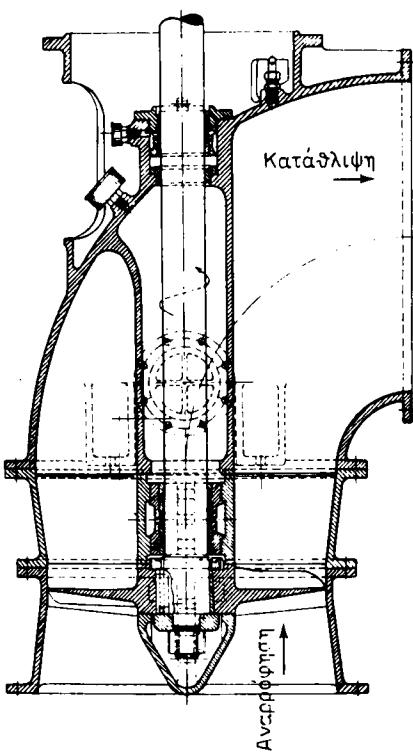
Αυτή κυκλοφορεί νερό ψύξεως μέσα από τους αυλούς του ψυγείου, είναι δε συνήθως φυγοκεντρικού τύπου και γι' αυτό λέγεται και **περιστροφική**.

Το σχήμα 60.4 παριστάνει αντλία κυκλοφορίας με κατακόρυφο άξονα.

Διακρίνομε τον άξονά της και στο κάτω μέρος τον τροχό της αντλίας. Επίσης την αναρρόφηση του νερού ψύξεως και την κατάθλιψή του προς το ψυγείο.

60.5 Αντλία κυκλοφορίας βοηθητικού ψυγείου.

Αυτή κυκλοφορεί ψυκτικό νερό μέσα από τους αυλούς του βοηθητικού ψυγείου.



Σχ. 60.4.

Το σχήμα 60.5 παριστάνει αντλία κυκλοφορίας με όλες τις λεπτομέρειές της.

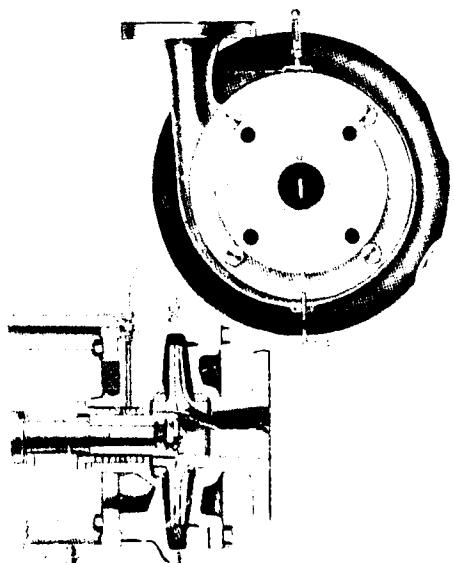
Συχνά η ψύξη του βοηθητικού ψυγείου γίνεται και με διακλάδωση από την κατάθλιψη της κύριας αντλίας κυκλοφορίας, οπότε και παραλείπεται η βοηθητική.

60.6 Η εξαγωγική αντλία συμπυκνώματος.

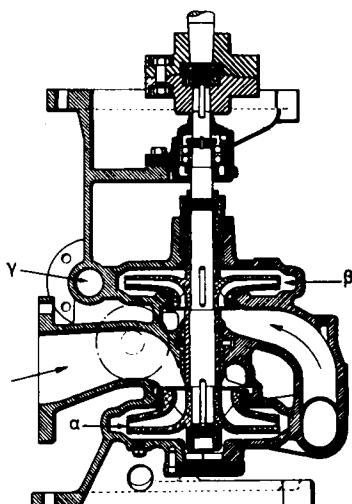
Η αντλία αυτή αναρροφά το συμπύκνωμα από το κύριο ψυγείο και το στέλνει στην **εξαεριστική** ή και στην **τροφοδοτική** δεξαμενή.

Συνήθως ονομάζεται και **αεραντλία**, και μπορεί να είναι εμβολιοφόρος ή περιστροφική.

Η εμβολιοφόρος χρησιμοποιείται περισσότερο σε εγκαταστάσεις παλινδρομικών μηχανών (σχ. 39γ), ενώ στους στροβίλους



Σχ. 60.5.



Σχ. 60.6.

προτιμάται η περιστροφική, η οποία είναι συνήθως διβάθμια.

Το σχήμα 60.6 παριστάνει μια διβάθμια περιστροφική **αεραντλία**. Αποτελείται από δύο τροχούς, τον τροχό (α) της πρώτης βαθμίδας, ο οποίος αναρροφά από το ψυγείο και καταθλίβει προς το δεύτερο τροχό (β), ο οποίος και στέλνει το συμπυκνωμα προς το σωλήνα της καταθλίψεως (γ).

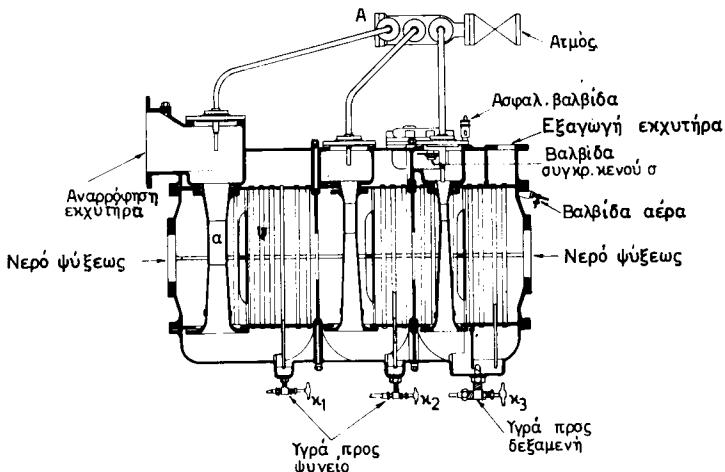
Η αντλία είναι κατακόρυφη και κινείται μέσω του συνδέσμου (κόπλερ) στρ άνω μέρος από ένα ατμοστρόβιλο Curtis.

Διακρίνεται επίσης στο σχήμα ο πόλος στροφής, κάτω, και ο άνω τριβέας, τέλος δε και το σύστημα στεγανότητας της αντλίας.

60.7 Εκχυτήρες κενού.

Οι εκχυτήρες κενού, που ονομάζονται και «τζιφάρια» από το όνομα του Γάλλου μηχανικού Giffard, έχουν προορισμό να αναρροφούν τον αέρα και τους υδρατμούς που δεν έχουν συμπυκνωθεί μέσα από το ψυγείο.

Με αυτό τον τρόπο συντελούν πολὺ στην αύξηση του κενού του ψυγείου.



Σχ. 60.7α.

Το σχήμα 60.7α παριστάνει διάταξη εκχυτήρων αέρα τριών φάσεων.

Σ' αυτό διακρίνονται τα τρία στόμια (Α) παροχής ατμού για τη λειτουργία των εκχυτήρων.

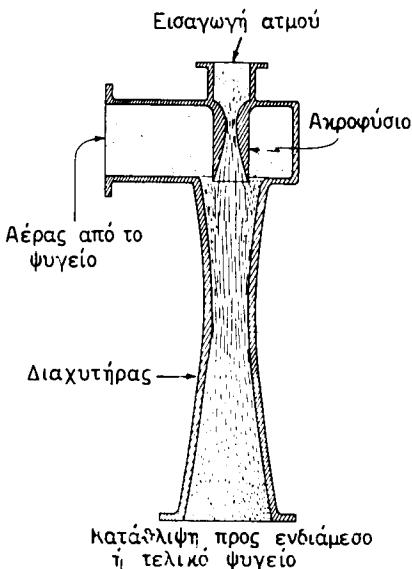
Η αναρρόφηση αέρα και όχι συμπυκνωμένων ατμών γίνεται στην πρώτη φάση από τον ατμό παροχής, ο οποίος εισέρχεται μέσα σε ένα συγκλίνον - αποκλίνον ακροφύσιο (α). Το ρεύμα του ατμού παρασύρει το μίγμα αέρα - ατμού από το ψυγείο, και καθώς διέρχεται από το ακροφύσιο ελαττώνεται η ταχύτητα και αυξάνεται η πίεσή του. Έτσι κατά την έξοδό του από το ακροφύσιο έχει λίγο μεγαλύτερη πίεση από όση είχε κατά την είσοδό του.

Το μίγμα διέρχεται στη συνέχεια μέσα από τους αυλούς του ενδιάμεσου ψυγείου (Ψ), γύρω από τους οποίους η αντλία συμπυκνώματος κυκλοφορεί νερό ψύξεως. Έτσι το μίγμα αέρα - ατμού συμπυκνώνεται και το συμπύκνωμα ρέει προς το ψυγείο από τον κρουνό (κ_1).

'Οσο μίγμα ατμού δεν υγροποιήθηκε, περνάει από τη δεύτερη φάση με τον ίδιο τρόπο και τέλος από την τρίτη φάση.

Στην τρίτη φάση η πίεση γίνεται μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, γι' αυτό δε μεταξύ δεύτερης και τρίτης φάσεως υπάρχει μια αυτόματη βαλβίδα διατηρήσεως του κενού (σ).

Για να αποφεύγεται η αναρρόφηση του μίγματος που υπάρχει μέσα στους εκχυτήρες από το ψυγείο μέσω των κρουνών



Σχ. 60.7β.

(κ_1) και (κ_2) των υγρών της (α') και (β') φάσεως, παρεμβάλλεται μια στήλη ύψους 2,5 μέτρων περίπου.

Όταν το μίγμα αέρα ατμού βγει από τη β' φάση των εκχυτήρων, εισέρχεται στη γ' φάση, όπου επαναλαμβάνονται τα ίδια. Η μόνη διαφορά συνισταται στο ότι η πίεση στη φάση αυτή είναι ανώτερη από την ατμοσφαιρική και επομένως ο αέρας, αφού διέλθει από τους ψυχόμενους αυλούς, εξέρχεται προς την ατμόσφαιρα, ενώ ο συμπυκνωμένος ατμός οδεύει προς τη δεξαμενή τροφοδοτικού νερού ή το θερμοδοχείο από τον κρουνό (κ_3).

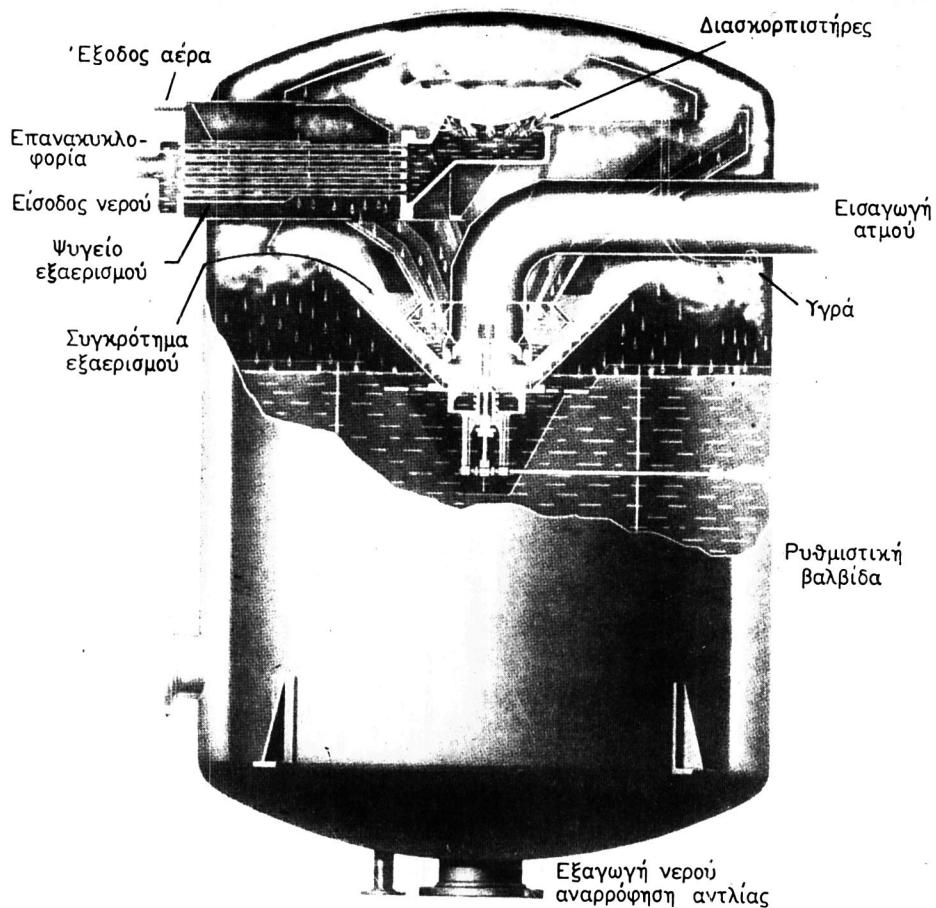
Οι αυλοί, από τους οποίους διέρχεται το μίγμα ατμού - αέρα στην πρώτη και δεύτερη φάση, λέγονται **ενδιάμεσα ψυγεία**, ενώ οι αυλοί της τρίτης φάσεως λέγονται **τελικό ψυγείο**.

Στην τρίτη φάση υπάρχει πάντοτε ασφαλιστική βαλβίδα (B) για περιπτώσεις ανωμαλίας, όπως π.χ. αν ο κρουνός (κ_3) παραμείνει κλειστός κατά λάθος.

Το σχήμα 60.7β παριστάνει την τυπική μορφή ενός εκχυτήρα κενού σε διαμήκη τομή αυτού.

60.8 Δεξαμενή εξαερισμού.

Αποτελεί μέρος της όλης εγκαταστάσεως και έχει σαν σκοπό τον εξαερισμό του τροφοδοτικού νερού πριν από την είσοδο



Σχ. 60.8.

του στο λέβητα. Καλείται επίσης και **θερμοδοχείο**. Στο σχήμα 60.8 εικονίζεται μία τυπική δεξαμενή εξαερισμού, η οποία λειτουργεί ως εξής:

Το καταθλιβόμενο συμπύκνωμα διέρχεται πρώτα μέσα από το ψυγείο εξαερισμού και στη συνέχεια μέσα από τα ακροφύσια. Αυτά διασκορπίζουν το νερό σε λεπτότατα σταγονίδια, τα οποία λόγω του βάρους τους πέφτουν στο κάτω μέρος του κωνικού συλλέκτη, αφού περάσουν μέσα από διάτρητα ελάσματα.

Από το κέντρο του κωνικού συλλέκτη διέρχονται οι εξατμίσεις του βοηθητικού δικτύου ή ατμός από απομάστευση από

τον κύριο στρόβιλο. Ο ατμός αυτός με τη βοήθεια εκχυτήρα συμπαρασύρει το συγκεντρωμένο νερό, αφού αναμιχθεί με αυτό. Το νερό φθάνει πια σε θερμοκρασία βρασμού, όπου η ιανότητά του για διάλυση αέρα μηδενίζεται κι έτσι απαλλάσσεται τελείως από τον αέρα και τα υπόλοιπα αέρια. Το νερό αυτό καταλήγει στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Από εκεί το αναρροφά η ενισχυτική αντλία τροφοδοτήσεως και το καταθλίβει υπό πίεση 5 kg/cm² προς την αναρρόφηση της τροφοδοτικής αντλίας.

Τα αέρια του νερού μαζί με ποσότητα υγρασίας συγκεντρώνονται στο υψηλότερο σημείο της δεξαμενής. Εκεί, με τη βοήθεια του ψυγείου εξαερισμού, η μεν υγρασία συμπυκνωμένη οδηγείται προς τον κωνικό συλλέκτη, τα δε αέρια που δεν συμπυκνώθηκαν απάγονται προς την ατμόσφαιρα.

Το τροφοδοτικό νερό με την επεξεργασία, την οποία υφίσταται μέσα στην εξαεριστική δεξαμενή, προθερμαίνεται ταυτόχρονα αρκετά σε θερμοκρασία 100°C περίπου.

60.9 Οι τροφοδοτικές αντλίες.

Αποτελούν μέρος του όλου κυκλώματος λειτουργίας και είναι δύο, η **ενισχυτική τροφοδοτική αντλία**, η οποία αναρροφά το συμπύκνωμα από τον πυθμένα της εξαεριστικής δεξαμενής και το καταθλίβει στην αναρρόφηση της κύριας τροφοδοτικής αντλίας, και η **κύρια τροφοδοτική αντλία**, η οποία το καταθλίβει στο λέβητα με πίεση υψηλότερη από την πίεση λειτουργίας του.

Και οι δύο είναι συνήθως πολυβάθμιες περιστροφικές αντλίες, ώστε να δημιουργούν υψηλή πίεση καταθλίψεως, και είναι εγκατεστημένες στο μηχανοστάσιο.

60.10 Οι τροφοδοτικές δεξαμενές.

Σ' αυτές αποθηκεύεται εφεδρικό τροφοδοτικό νερό για την αναπλήρωση των απωλειών του κυκλώματος.

Συνήθως εφοδιάζονται με απεσταγμένο νερό από αυτό που παράγουν οι βραστήρες.

Συγκοινωνούν (παράγρ. 60.2) με το **μικτό κρουνό** με κέλυφος του ψυγείου για να συμπληρώνουν τη στάθμη του συμπυκνώματος μέσα σ' αυτό, όταν, λόγω απωλειών νερού κυρίως, το τροφοδοτικό νερό που κυκλοφορεί έχει ελαττωθεί.

60.11 Ο βραστήρας ἡ αποστακτήρας.

Παράγει απεσταγμένο νερό από πηγαίο, πόσιμο ἡ και θαλασσινό νερό. Γενική περιγραφή του αποστακτήρα ἔχομε ἡδη δώσει στον Α' τόμο [παράγρ. 39 (ια)]. Με περισσότερες λεπτομέρειες θα περιγράψουμε μία εγκατάσταση αποστάξεως του νερού στο τελευταίο μέρος αυτού του βιβλίου.

60.12 Αντλίες λαδιού λιπάνσεως - Ψυγείο λαδιού - Φυγοκεντρικό ελαιοκαθαριστήριο - Χειραντλία λαδιού.

Όλα τα παραπάνω είναι συναφή με τη λίπανση του στροβίλου, η οποία θα περιγραφεί στο επόμενο Κεφάλαιο.

Οι **αντλίες λαδιού** αναρροφούν λάδι από μία ἡ δύο κεντρικές ελαιοιδεξαμενές και το καταθλίβουν με πίεση πρώτα στο λεγόμενο **ψυγείο λαδιού**, όπου ψύχεται. Στη συνέχεια με την ίδια περίπου πίεση οδεύει προς τους τριβείς του στροβίλου και τους μειωτήρες και κατόπιν επανέρχεται θερμό πια προς την κεντρική δεξαμενή λαδιού. Οι αντλίες λιπάνσεως είναι ατμοστροβιλοκίνητες ἡ ηλεκτροκίνητες, συνήθως δε γραναζωτές.

Το **ψυγείο λαδιού** έχει τη γνωστή μορφή ενός ψυγείου με αυλούς, μέσα από τους οποίους κυκλοφορεί το νερό και γύρω από αυτούς το θερμό λάδι.

Στο όλο σύστημα λιπάνσεως ανήκει ο λεγόμενος **φυγοκεντρικός καθαριστής λαδιού**. Αυτός με φυγοκέντριση του λαδιού που κυκλοφορεί το απαλλάσσει από το νερό ἡ από ακαθαρσίες, οι οποίες μπορεί να έχουν αναμιχθεί με αυτό.

Μια χειροκίνητη αντλία λιπάνσεως συμπληρώνει την εγκατάσταση, χρησιμεύει δε για τη λίπανση των τριβέων, μειωτήρων κ.λπ., όταν στρέφουμε το στρόβιλο με το μηχάνημα στρέψεως για λόγους συντηρήσεώς του. (Όταν δηλαδή ο στρόβιλος βρίσκεται εκτός λειτουργίας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 61

Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

Η λίπανση του στροβίλου είναι μια απαραίτητη βοηθητική λειτουργία, έχει δε προορισμό να παρεμβάλλει ένα λεπτό στρώμα λαδιού μεταξύ των διαφόρων επιφανειών των μερών του που τρίβονται μεταξύ τους και κυρίως των τριβέων του.

Σκοπός της λιπάνσεως είναι η ελάττωση της τριβής που αναπτύσσεται, μέσα σε επιτρεπόμενα όρια.

Στην παλινδρομική μηχανή, όπως είναι γνωστό, τη λίπανση τη διακρίνομε σε εσωτερική, η οποία αφορά τα μέρη που έρχονται σε επαφή με τον ατμό, και εξωτερική, η οποία αφορά τα εξωτερικά μέρη, που δεν έρχονται σε επαφή με αυτόν.

Στο στρόβιλο έχομε μόνο **εξωτερική λίπανση**, δεδομένου ότι τα εσωτερικά μέρη του, πτερύγια κ.λπ., δεν έρχονται σε καμιά επαφή μεταξύ τους.

Η λίπανση επομένως στο στρόβιλο αφορά γενικότερα τους τριβείς, ελαστικούς συνδέσμους, μειωτήρες στροφών και τριβείς της προεκτάσεως του άξονα. Επιτυγχάνεται με κυκλοφορία λαδιού υπό πίεση σε κλειστό δίκτυο.

Η **σταλία λαδιού** λιπάνσεως αναρροφά το λάδι από την ελαιολεκάνη ή δεξαμενή λαδιού, το καταθλίβει με πίεση 2 kg/cm² περίπου προς τον **ψυκτήρα λαδιού**, όπου αυτό ψύχεται, και στη συνέχεια το καταθλίβει προς τους τριβείς εδράσεως και ώσεως, τους μειωτήρες κ.λπ. Εκεί το λάδι παραλαμβάνει θερμότητα λόγω της τριβής των μερών αυτών και επανέρχεται πάλι στην ελαιολεκάνη, για να υποβληθεί πάλι στην ίδια διαδικασία, η οποία ονομάζεται **τεχνητή ή αναγκαστική κυκλοφορία**.

Στο δίκτυο λιπάνσεως παρεμβάλλεται ο λεγόμενος φυγοκεντρικός **διαχωριστής** λαδιού, τύπου συνήθως de Laval, ο οποίος με φυγοκέντριση καθαρίζει το λάδι από το νερό και τις ακαθαρσίες, που ίσως έχουν αναμιχθεί με αυτό.

Σε καίρια σημεία του δικτύου παρεμβάλλονται **φίλτρα λαδιού**, για να κατακρατούν τις ακαθαρσίες. Αυτά καθαρίζονται περιοδικά κατά διαστήματα. Τοποθετούνται επίσης **θλιβόμετρα** και

θερμόμετρα παρακολουθήσεως της θερμοκρασίας του λαδιού. Τέλος στις σωληνώσεις επιστροφής του λαδιού, δηλαδή κατά την έξοδό του από τα λιπαινόμενα μέρη, όπως τριβείς, μειωτήρες κ.λπ., τοποθετούνται ειδικοί γυάλινοι **ελαιοδείκτες**, με τους οποίους είναι δυνατός ο οπτικός έλεγχος της ροής του λαδιού, ή και **επαληθευτικοί κρουνοί** αυτής της ροής.

Η λίπανση αποτελεί απαραίτητο συντελεστή ασφαλείας για το στρόβιλο, εάν δε κατά τύχη διακοπεί, χωρίς να γίνει αντιληπτή εγκαίρως, μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή των μετάλλων αντιτριβής των τριβέων. Αυτή πάλι λόγω πτώσεως ή μετακινήσεως του στροφείου μπορεί να προκαλέσει ολική καταστροφή των πτερυγώσεων.

Γι' αυτό υπάρχει πάντοτε ολόκληρο σύστημα ασφαλείας με κουδούνια και λαμπτήρες προειδοποιητικούς, το οποίο ενεργοποιείται, όταν παρουσιασθεί πτώση της πιέσεως του λαδιού και προειδοποιεί το μηχανικό.

Σε άλλο σύστημα η πτώση της πιέσεως του λαδιού βάζει σε ενέργεια τον αυτόματο διακόπτη παροχής ατμού προς το στρόβιλο και έτσι ο στρόβιλος σταματάει, πριν συμβεί σ' αυτόν οποιαδήποτε σοβαρή ζημιά.

Τα χρησιμοποιούμενα λάδια για τη λίπανση των στροβίλων είναι άριστης ποιότητας ουδέτερα ορυκτέλαια, με ειδικές αυστηρές προδιαγραφές, τα οποία ονομάζονται **στροβιλέλαια** ή και **τουρμπινέλαια**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 62

Η ΨΥΞΗ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

62.1 Γενικά.

Η ψύξη στις εγκαταστάσεις των στροβίλων είναι αναγκαία και βασική λειτουργία και πραγματοποιείται με κυκλοφορία ψυχρού νερού μέσω των διαφόρων ψυγείων και ψυκτήρων της εγκαταστάσεως.

Υπάρχουν βασικά δύο συστήματα ψύξεως, το **ανοικτού κυκλώματος** και το **κλειστού κυκλώματος**.

Στο ανοικτό κύκλωμα η αντλία κυκλοφορίας αναρροφά νερό από τη θάλασσα, από ποταμό ή από λίμνη και το καταθλίβει προς τα ψυγεία. Από εκεί, αφού αυτό εκτελέσει την ψύξη των εξατμίσεων και του λαδιού λιπάνσεως, χύνεται έξω από την εγκατάσταση και επανέρχεται στη θάλασσα, τη λίμνη ή τον ποταμό, απ' όπου είχε παραλειφθεί.

Το σύστημα αυτό είναι απλό στη διάταξή του και εφαρμόζεται κατά κανόνα στις εγκαταστάσεις πλοίων. Στις εγκαταστάσεις ξηράς εφαμόζεται, όταν αυτές είναι εγκατεστημένες δίπλα στις όχθες λιμνών ή ποταμών ή κοντά στις ακτές της θάλασσας.

Το μόνο μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι κατά την κυκλοφορία του φυσικού νερού ψύξεως μέσω των ψυγείων δημιουργούνται εναποθέσεις στους αυλούς, οι οποίες, αφού χρησιμοποιείται συνεχώς νέο νερό, αυξάνονται και γι' αυτό επιβάλλεται ο περιοδικός καθαρισμός των ψυγείων.

Στο κλειστό σύστημα χρησιμοποιείται ως μέσο ψύξεως νερό επεξεργασμένο και απαλλαγμένο από ζένες ύλες. Αυτό μετά την ψύξη, την οποία εκτελεί μέσα στα ψυγεία και τους ψυκτήρες, συγκεντρώνεται μέσω σωλήνων και ψύχεται το ίδιο αφού οδηγηθεί στους λεγόμενους **υδατοπύργους ψύξεως** ή τις **υδατοδεξαμενές στάθμης**, στις οποίες ως μέσον απαγωγής της θερμότητας χρησιμοποιείται ο αέρας. Αφού το νερό ψυχθεί στον υδατόπυργο, επανακυκλοφορείται πάλι σε κλειστό κύκλωμα μέσα από τα ψυγεία ψυκτήρες κ.λπ. της εγκαταστάσεως με

τρόπο συνεχόμενο και όσο η εγκατάσταση βρίσκεται σε λειτουργία.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις ξηράς μόνο και απαραίτητα, όταν βρίσκονται σε περιοχές, όπου δεν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες φυσικού νερού.

Πλεονέκτημα του κλειστού κυκλώματος είναι ότι τα ψυγεία και οι ψυκτήρες συντηρούνται καλύτερα και δεν υπάρχει ανάγκη συχνού περιοδικού καθαρισμού τους.

62.2 Οι υδατόπυργοι.

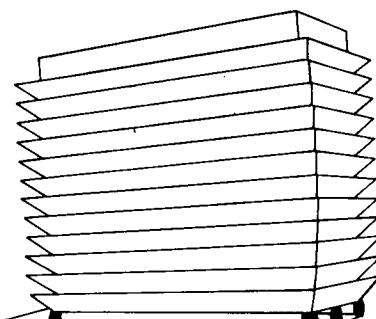
Μέσα στους υδατοπύργους το νερό της ψύξεως διασπάται σε λεπτές σταγόνες ή λεπτά στρώματα και ρέοντας προς τα κάτω έρχεται σε επαφή με ρεύμα ψυχρού αέρα, το οποίο δημιουργείται με φυσικό έλκυσμό ή με μηχανικά μέσα.

Οι υδατόπυργοι ψύξεως κατατάσσονται σε τύπους ανάλογα με τη μέθοδο, με την οποία παράγεται το ρεύμα του αέρα ψύξεως, ως εξής:

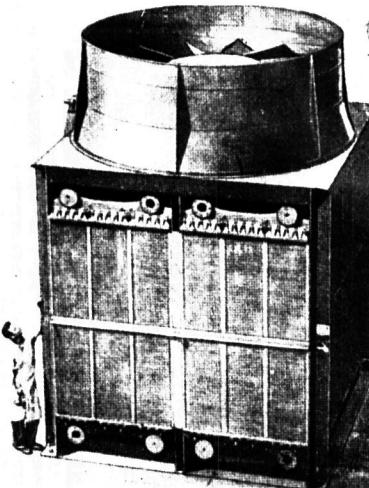
α) **Ατμοσφαιρικοί υδατόπυργοι:** Εξαρτώνται από τους ανέμους, που πνέουν οριζοντίως και προσβάλλουν τον υδατόπυργο. Στις πλευρές του υδατόπυργου υπάρχουν περσίδες (μικρά ανοίγματα όπως των παραθύρων), τα οποία και εμποδίζουν το νερό να παρασύρεται από τον αέρα έξω από τον πύργο. Ο ατμοσφαιρικός υδατόπυργος (σχ. 62.2α) συνδυάζει μεγάλη απόδοση και μικρή δαπάνη κατασκευής. Η λειτουργία του πάντως εξαρτάται πολύ από την ταχύτητα του ανέμου.

β) **Υδατόπυργοι φυσικής κυκλοφορίας σέρα:** Σ' αυτούς επάνω από τις ψυκτικές επιφάνειές τους τοποθετείται αγωγός, μέσα στον οποίο δημιουργείται ρεύμα αέρα φυσικής κυκλοφορίας λόγω της θερμάνσεώς του υπό του κατερχόμενου θερμού νερού. Ο τύπος αυτός εφαρμόζεται σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών και περιορισμένου χώρου.

γ) **Υδατόπυργοι τεχνητής κυκλοφορίας:** Σ' αυτούς το ρεύμα του



Σχ. 62.2α.



Σχ. 62.2β.

αέρα δημιουργείται με ανεμιστήρα και είναι είτε **βεβιασμένης εκπνοής** (σχ. 62.2β), είτε **βεβιασμένης εισπνοής**. Η παροχή του αέρα στο σύστημα αυτό είναι ελεγχόμενη. Διαθέτει επίσης το πλεονέκτημα ότι μέσα σε περιορισμένο χώρο είναι δυνατόν να επιτευχθεί η μέγιστη ψυκτική ικανότητα.

Το μόνο μειονέκτημα είναι η δαπάνη για την παραγωγή του έργου, που απαιτείται για τη λειτουργία του. Αυτή συχνά είναι πολύ μεγάλη, γι' αυτό προτιμάται η αρχική μεγάλη δαπάνη εγκαταστάσεως ενός υδατοπύργου μεγαλυτέρων διαστάσεων φυσικής όμως κυκλοφορίας.

62.3 Υδατοδεξαμενές στάθμης.

Μοιάζουν με τεχνητές δεξαμενές (στέρνες) στις οποίες το θερμό νερό ψύξεως διασκορπίζεται με ραντισμό πάνω από την επιφάνειά τους και έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Στη συνέχεια κινείται αργά επάνω στην επιφάνεια της υδατοδεξαμενής, από την οποία και λόγω υπερεκχειλίσεως ρέει σε φρεάτιο. Από εκεί αναρροφάται από την αντλία κυκλοφορίας και εισάγεται, όπως γνωρίζομε, στο κύκλωμα ψύξεως της εγκαταστάσεως.

Οι υδατοδεξαμενές στάθμης έχουν μικρή εφαρμογή, γιατί απαιτούν πολύ μεγάλη επιφάνεια και καταλαμβάνουν πολύτιμο χώρο μέσα στην εγκατάσταση, η δε ψυκτική ικανότητά τους είναι πολύ περιορισμένη σε σχέση με την ικανότητα των υδατοπύργων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 63

ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΑΤΤΩΣΕΩΣ ΤΟΥΣ

63.1 Γενικά.

Κατά τη λειτουργία των ατμοστροβίλων, παρουσιάζονται ορισμένες απώλειες. Οι απώλειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα ότι το τελικό έργο στον άξονα είναι πολύ μικρότερο από εκείνο, το οποίο, υπό μορφή θερμικής και δυναμικής ενέργειας, προσκομίζει στο στρόβιλο ο ατμός που εισέρχεται.

63.2 Περιγραφή των απωλειών.

α) Βασικές θεωρητικές απώλειες του ατμοστροβίλου οφειλόμενες στην εφαρμογή του Β' Θερμοδυναμικού Νόμου.

Οι πιο πάνω απώλειες, όπως και στην παλινδρομική ατμομηχανή (παράγρ. 42.2), καθορίζονται από το Β' Θερμοδυναμικό Νόμο. Αυτός ορίζει ότι εξαρτώνται από την **πίεση** και τη **θερμοκρασία**, που έχει ο ατμός, με τον οποίο τροφοδοτούμε το στρόβιλο και από το **κενό**, που επικρατεί στο ψυγείο. Όσο δηλαδή υψηλότερη είναι η πίεση και η θερμοκρασία του ατμού αφ' ενός και όσο μεγαλύτερο είναι το κενό του ψυγείου αφ' ετέρου, τόσο μικρότερες θα είναι και οι αντίστοιχες απώλειες της θεωρητικής λειτουργίας του στροβίλου και μεγαλύτερος αντίστοιχα ο βαθμός αποδόσεως.

Οι πιο πάνω απώλειες της **θεωρητικής λειτουργίας** του στροβίλου υπάρχουν πάντοτε, έστω κι αν αυτός δεν παρουσιάζει ατέλειες κατά την πραγματική λειτουργία του ή την κατασκευή του. Το αντίθετο συμβαίνει με τις υπόλοιπες απώλειες, που ανάγονται στην πραγματική λειτουργία αυτού, και ακριβώς γι' αυτό λέγονται και απώλειες της **πραγματικής λειτουργίας** του στροβίλου.

β) Απώλεια εξ αιτίας στραγγαλισμού του ατμού.

Οφείλεται στο στραγγαλισμό του ατμού, όταν ο τελευταίος διέρχεται μέσα από τις βαλβίδες των ακροφυσίων, προκειμένου με αυτές να ρυθμισθεί η ισχύς του στροβίλου.

Από το στραγγαλισμό, ο οποίος υπολογίζεται θεωρητικά, επέρχεται υπολογίσμη μείωση του θερμικού περιεχομένου του ατμού κατά την είσοδό του στα ακροφύσια.

Για την ελάττωσή της παρέχονται σαφείς οδηγίες του κατασκευαστή, που αναφέρονται στη χρησιμοποίηση του αναγκαίου αριθμού ακροφυσίων, ώστε να ανοίγονται οι αναγκαίες κάθε φορά βαλβίδες του βαλβιδοκιβωτίου, ανάλογα με την ιπποδύναμη του στροβίλου που επιθυμούμε κάθε φορά.

γ) Απώλεια στα ακροφύσια.

Οφείλεται στην τριβή και την κρούση του ατμού, όταν αυτός διέρχεται από τα ακροφύσια. Επίσης στη δημιουργία στροβιλισμών του ατμού που ρέει και βρίσκεται σε επαφή με τα τοιχώματα του ακροφυσίου. Τέλος στην εκτροπή της φλέβας του, όταν εξέρχεται από τα πτερύγια.

Εξ αιτίας αυτής της απώλειας η ταχύτητα εξόδου του ατμού από τα ακροφύσια πέφτει λίγο, περίπου σε 95-97% της ταχύτητας, την οποία θα έπρεπε θεωρητικά να είχε.

Δεν υπάρχουν τρόποι αντιμετωπίσεως της απώλειας αυτής, παρά μόνο η σωστή σχεδίαση και κατασκευή των ακροφυσίων. Άσ σημειώσομε ότι η φθορά των επιφανειών ή των ακμών των ακροφυσίων επαυξάνει την απώλεια.

δ) Απώλεια στα πτερύγια.

Και η απώλεια αυτή οφείλεται, όπως και η προηγούμενη, σε τριβή, κρούση, στροβιλισμό και εκτροπή της φλέβας του ατμού κατά τη διοδό του από τα πτερύγια. Ο υπολογισμός της γίνεται με εμπειρικούς τύπους.

Η ελάττωσή της γίνεται με επιμελημένη σχεδίαση και κατασκευή των πτερυγίων. Η φθορά της επιφάνειας και των ακμών τους επαυξάνουν την απώλεια.

ε) Απώλεια εξ αιτίας τριβής και ανεμισμού.

Οφείλεται σε τριβή των κινουμένων μερών του στροφείου μέσα στη μάζα του ατμού και στη δημιουργία ρευμάτων ατμού. Αυτά προκαλούνται από τις στρεφόμενες πτερυγώσεις, οι

οποίες στην προκειμένη περίπτωση ενεργούν όπως οι ανεμιστήρες.

Και η απώλεια αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ταχύτητα του ατμού, οι διαστάσεις των κινητών μερών, τα οποία περιστρέφονται, το ειδικό βάρος και η υγρότητα του ατμού, η κατάσταση των πτερυγίων από πλευράς διαβρώσεως αυτών και πολλοί άλλοι. Υπολογίζεται με πολύπλοκους και εμπειρικούς ως επί το πλείστον τύπους.

Δεν υπάρχουν τρόποι αποφυγής ή ελαττώσεώς της παρά μόνο η καλή κατασκευή και η καλή κατάσταση των πτερυγίων και των άλλων κινητών μερών του στροφείου.

στ) Απώλεια λόγω ταχύτητας εκροής του ατμού από το στρόβιλο.

Στην πραγματικότητα είναι αναπόφευκτη, γιατί ο ατμός πρέπει κατά την έξοδό του από το στρόβιλο να έχει οπωσδήποτε μία μικρή έστω ταχύτητα για να ρέει προς το ψυγείο.

Η απώλεια αυτή έχει σαν αποτέλεσμα ολοκληρωτική απώλεια θερμίδων για την εγκατάσταση και είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας εκροής. Γι' αυτό κατά το θερμοδυναμικό υπολογισμό του στροβίλου λαμβάνεται πρόνοια, ώστε η ταχύτητα εκροής να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, χωρίς βέβαια να παραβλάπτεται η ομαλή ροή του ατμού προς το ψυγείο.

ξ) Απώλεια λόγω διακένων.

Οφείλεται στη διαφυγή του ατμού από τα ακτινικά διάκενα σε στροβίλους αντιδράσεως, όπου υφίσταται διαφορά πιέσεως πριν και μετά από κάθε κινητή πτερύγωση. Στους στροβίλους δράσεως δεν υπάρχει αυτή η απώλεια.

Και τα αξονικά όμως διάκενα δημιουργούν σε στροβίλους δράσεως και αντιδράσεως ανάλογη μικρότερη απώλεια, λόγω της τάσεως της φλέβας του ατμού να αποκλίνει μέσω αυτών.

Ο υπολογισμός της γίνεται κατά θεωρητικό και εμπειρικό τρόπο με ικανοποιητική προσέγγιση.

Μόνος τρόπος ελαττώσεώς της είναι ο περιορισμός των διακένων στο ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο κατά την αρχική κατασκευή του στροβίλου, αλλά και αργότερα με προσεκτική μέτρηση αυτών, όταν εκτελούμε περιοδικές γενικές επιθεωρήσεις του στροβίλου ή και νωρίτερα, όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι τα διάκενα έχουν αυξηθεί υπέρμετρα.

η) Απώλεια εξ αιτίας των συσκευών στεγανότητας.

Στους στροβίλους δράσεως οφείλεται στη διαφυγή ατμού από τις συσκευές στεγανότητας των ενδιαμέσων διαφραγμάτων. Η απώλεια όμως αυτή είναι ουσιαστική, γιατί ο ατμός που διαφεύγει χρησιμοποιείται επωφελώς στην επόμενη εκτονωτική βαθμίδα.

Σε όλους όμως τους στροβίλους δράσεως και αντιδράσεως η διαφυγή ατμού από τα ακραία κιβώτια στεγανότητας αποτελεί ολοκληρωτική απώλεια θερμίδων και τροφοδοτικού νερού.

Ο υπολογισμός της γίνεται επίσης με εμπειρικούς τύπους. Η ελάττωσή της επιτυγχάνεται βασικά με τη διατήρηση σε άριστη κατάσταση των ακραίων αυτών συσκευών στεγανότητας.

θ) Απώλεια λόγω ακτινοβολίας.

Οφείλεται σε ακτινοβολία του στροβίλου προς το περιβάλλον. Υπολογίζεται σε 0,5-1% της ισχύος του στροβίλου. Περιορίζεται με την επένδυση αυτού με θερμομονωτικά υλικά.

ι) Μηχανικές γενικά απώλειες.

Οφείλονται σε τριβές των κινουμένων μερών του στροβίλου (όπως οι τριβείς εδράσεως, τριβείς ισορροπήσεως), επίσης δε στην κίνηση των υπ' αυτού κινουμένων βοηθητικών εξαρτημάτων (όπως οι ρυθμιστές κ.λπ.).

Υπολογίζονται σε 3-5% της ισχύος του στροβίλου και είναι αναπόφευκτες. Η καλή όμως κατάσταση των τριβομένων μερών και των εξαρτημένων από το στρόβιλο μηχανισμών, η καλή λίπανση αυτών και η χρήση των καταλλήλων λιπαντικών λαδιών συντελούν στον περιορισμό του μεγέθους τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 64

Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

64.1 Γενικά.

Απόδοση ή και **βαθμός αποδόσεως** λέγεται, όπως είναι γνωστό, το πηλίκον του παραλαμβανόμενου έργου σε σχέση προς το έργο που χορηγούμε κάθε φορά.

Ο βαθμός αποδόσεως είναι προφανώς αριθμός μικρότερος από τη μονάδα πάντοτε και εκφράζεται σε εκατοστιαία ποσοστά.

Για να βρούμε το βαθμό αποδόσεως πρέπει και τα δύο ποσά, δηλαδή του λαμβανόμενου έργου ή θερμότητας και του χορηγούμενου έργου να μετριώνται και τα δύο με τις ίδιες μονάδες ή έργου ή θερμίδων.

Στην προκειμένη περίπτωση ισχύουν οι τύποι μετατροπής:

α) **Στο μετρικό σύστημα:**

1 kcal = 427 kgm και 1 kgm = 1/427 kcal.

β) **Στο αγγλικό σύστημα:**

1 BTU = 778 ft · lb και 1 ft · lb = 1/778 BTU.

Για τον υπολογισμό των διαφόρων βαθμών αποδόσεως του στροβίλου, καθώς και του συνολικού, λαμβάνομε υπόψη μας τις απώλειες στο στρόβιλο και το έργο που αποδίδεται σε κάθε περίπτωση όπως φαίνεται στην επόμενη παράγραφο.

64.2 Οι βαθμοί αποδόσεως του στροβίλου.

α) **Ο θερμικός ή θεωρητικός βαθμός αποδόσεως (η_{θ}).**

Είναι ο λόγος των θερμίδων h , τις οποίες διαθέτει ο ατμός κατά τη θερμική του πτώση στο στρόβιλο, διά του συνόλου των θερμίδων H , τις οποίες περιέχει αυτός θεωρητικά ανά χιλιόγραμμο. Είναι δηλαδή:

$$\eta_{\theta} = \frac{h}{H}$$

β) Περιφερειακός βαθμός αποδόσεως (η_K).

Είναι το πηλίκον του πραγματικού έργου E_K που αποδίδει η πτερύγωση προς το έργο E_0 , που δίνεται από τη θερμική πτώση. Ο υπολογισμός γίνεται σε μονάδες έργου, δηλαδή:

$$\eta_K = \frac{E_K}{E_0}.$$

γ) Εσωτερικός ή ενδεικτικός βαθμός αποδόσεως (η_ϵ).

Είναι ο λόγος του αναπτυσσόμενου έργου E_ϵ από το στροφείο προς το έργο E_0 της θερμικής πτώσεως, δηλαδή:

$$\eta_\epsilon = \frac{E_\epsilon}{E_0}.$$

Σ' αυτόν, όπως είναι ευνόητο, περιέχεται ο προηγούμενος περιφερειακός βαθμός αποδόσεως (η_K) και έχουν επίσης ληφθεί υπόψη οι απώλειες τριβής του ατμού στο στροφείο και οι απώλειες εξ αιτίας του ανεμισμού.

δ) Μηχανικός βαθμός αποδόσεως (η_μ).

Είναι ο λόγος του πραγματικού έργου E_π , που συντελείται στον άξονα προς το έργο του στροφείου E_ϵ , δηλαδή:

$$\eta_\mu = \frac{E_\pi}{E_\epsilon}.$$

ε) Ολικός βαθμός αποδόσεως ($\eta_{\text{ολ}}$).

Είναι ο λόγος του έργου E_π , που συντελείται στον άξονα εκφρασμένο σε θερμίδες, δηλαδή $A \cdot E_\pi$ (όπου A είναι το θερμικό ισοδύναμο του έργου ίσο προς 1/427), προς το συνολικό θεωρητικά περιεχόμενο έργο, το οποίο αντιστοιχεί στις θερμίδες που περιέχει ο ατμός H , δηλαδή:

$$\eta_{\text{ολ}} = \frac{A \cdot E_\pi}{H}$$

Είναι φανερό ότι αυτός ο ολικός βαθμός ισούται με το γινόμενο των η_θ , η_ϵ , η_μ , ώστε να έχομε:

$$\eta_{\text{ολ}} = \eta_\theta \cdot \eta_\epsilon \cdot \eta_\mu$$

Παράδειγμα:

Ως παράδειγμα εφαρμογής των παραπάνω ας θεωρήσουμε ότι σε στρόβιλο χρησιμοποιείται ατμός θερμικού περιεχομένου $H = 700 \text{ kcal/kg}$, η δε θερμική πτώση μέσα στο στρόβιλο είναι $h = 175 \text{ kcal/kg}$. Θα έχομε πρώτα ότι:

$$\eta_{\theta} = \frac{175}{700} = 25\%$$

Εάν από τα 175 kcal αναπτύσσεται από το στροφείο στην πτερύγωση έργο αντίστοιχο 150 kcal, τότε:

$$\eta_{\kappa} = \frac{150}{175} = 86\%$$

Έστω τώρα ότι λόγω τριβών και ανεμισμού χάνονται 10 περίπου θερμίδες ανά χιλιόγραμμο, οπότε θα είναι:

$$\eta_{\epsilon} = \frac{140}{175} = 80\%$$

Από τις 140 θερμίδες λαμβάνονται στον άξονα ως αντίστοιχο έργο 128 kcal/kg. Τότε θα έχομε ότι:

$$\eta_{\mu} = \frac{128}{140} = 91,5\%$$

και τότε ο ολικός βαθμός αποδόσεως θα είναι:

$$\eta_{\text{oλ}} = \frac{128}{700} = 18,3\%,$$

ή αλλιώς:

$$\eta_{\text{oλ}} = \eta_{\theta} \cdot \eta_{\kappa} \cdot \eta_{\mu},$$

δηλαδή:

$$\eta_{\text{oλ}} = \frac{25}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{91,5}{100} = 18,3\%$$

Στους σύγχρονους στροβίλους στην πραγματικότητα ο συνολικός βαθμός αποδόσεως φθάνει μέχρι και 25%. Αυτό μας πείθει ότι ο στρόβιλος είναι πολύ οικονομικότερη μηχανή από την καλύτερη αντίστοιχη παλινδρομική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 65

Η ΙΣΧΥΣ Ή ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

65.1 Γενικά.

Η ισχύς ή ιπποδύναμη των στροβίλων διακρίνεται στην πράξη σε εσωτερική και πραγματική και μετριέται σε μετρικούς (PS) και αγγλικούς (HP) ίππους.

Είναι δε:

1 PS = 75 kgm/sec και 1 HP = 550 ft.lb/sec.

65.2 Η εσωτερική ιπποδύναμη (N_ϵ).

Η εσωτερική ιπποδύναμη καλείται και **ενδεικτική** και αντιστοιχεί προς την ενδεικτική ιπποδύναμη I.H.P. των παλινδρομικών μηχανών.

Παριστάνει την ισχύ, η οποία αναπτύσσεται από τον ατμό επάνω στο στροφείο, αφού δηλαδή αφαιρεθούν λόγω της θερμικής πτώσεως (h) οι απώλειες εξ αιτίας στραγγαλισμού, ακροφυσίων, πτερυγίων, τριβής και ανεμισμού, διακένων, κιβωτίων στεγανότητας και ακτινοβολίας.

Η εσωτερική ισχύς του στροβίλου δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί, γιατί δεν υπάρχει το κατάλληλο όργανο, όπως ο δυναμοδείκτης στις παλινδρομικές μηχανές, προκύπτει δε μόνο από υπολογισμό. Χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$N_\epsilon = \frac{G \cdot h}{632} \cdot \eta_\epsilon,$$

όπου: N_ϵ = η εσωτερική ή ενδεικτική ιπποδύναμη, G = η κατανάλωση του ατμού στο στρόβιλο σε kg ανά ώρα, h = η θερμική πτώση του ατμού από την εισαγωγή του στο στρόβιλο μέχρι το ψυγείο, η_ϵ = ο εσωτερικός βαθμός αποδόσεως του στροβίλου και 632 = σταθερός αριθμός, ο οποίος σύμφωνα με τη θερμοδυναμική παριστάνει τις θερμίδες, που αντιστοιχούν σε έναν ωριαίο ίππο (παράγρ. 4.9).

Η εσωτερική ισχύς βρίσκεται επίσης και από την πραγματική ισχύ (N_{π}) (εάν είναι γνωστός ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως του στροβίλου η_{μ}) από τη σχέση:

$$\eta_{\mu} = \frac{N_{\pi}}{N_{\epsilon}}$$

65.3 Η πραγματική ιπποδύναμη (N_{π}).

Παριστάνει την ισχύ του στροβίλου σε ίππους, η οποία πραγματικά παραλαμβάνεται από τον άξονα και αντιστοιχεί προς την πραγματική ιπποδύναμη άξονα BHP ή SHP των παλινδρομικών ατμομηχανών. Ισούται δηλαδή με την εσωτερική ιπποδύναμη, αν από αυτήν αφαιρεθούν οι μηχανικές γενικά απώλειες.

Μετριέται ευκολότερα με τους εξής τρόπους, που είναι παρόμοιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται και στις παλινδρομικές μηχανές:

α) **Με υδραυλική πέδη του Freud ή ηλεκτρική** (παράγρ. 44.4), οι οποίες μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια του στροβίλου είτε σε **Θέρμανση του νερού**, που βρίσκεται σε δοχείο, όπου περιστρέφονται πτερύγια στερεωμένα στον άξονα του στροβίλου, είτε πάλι σε **ηλεκτρισμό** μέσω γεννήτριας, που είναι συνδεδεμένη με τον άξονά του.

Η μέτρηση της ισχύος με αυτό τον τρόπο γίνεται στα εργοστάσια κατασκευής των στροβίλων ή σε ειδικά εργαστήρια, τα οποία διαθέτουν αυτές τις συσκευές.

β) **Με στρέψιμετρο**, με το οποίο μετριέται η στρέψη, που υφίσταται ο άξονας του στροβίλου σε ορισμένο μήκος του. Η στρέψη αυτή αποτελεί ακριβώς το μέτρο της ισχύος, που μεταφέρει ο άξονας. Η στρέψη μετριέται ως γωνία με οπτική ή ηλεκτρική μέθοδο και από αυτήν υπολογίζεται η ροπή στρέψεως του άξονα (M_{σ}).

Αφού τώρα, σύμφωνα με τα παραπάνω, βρεθεί η ροπή στρέψεως του άξονα (M_{σ}) σε kgm, βρίσκεται η πραγματική ιπποδύναμη (N_{π}) με υπολογισμό από τον τύπο:

$$N_{\pi} = \frac{2_{\pi} \cdot n \cdot M_{\sigma}}{4.500},$$

όπου: $\pi = 3,14$ και $n =$ ο αριθμός στροφών του άξονα ανά λεπτό.

65.4 Εφαρμογές.

α) Στρόβιλος καταναλίσκει ανά ώρα 12.640 kg ατμού, ο οποίος κατά την είσοδό του στο στρόβιλο έχει πίεση 18 kg/cm² και θερμοκρασία t = 250°C. Στα στοιχεία του αυτά αντιστοιχεί θερμικό περιεχόμενο αυτού i₁ = 697 kcal/kg. Ο στρόβιλος εργάζεται με κενό ψυγείου 90% στο οποίο το θερμικό περιεχόμενο του ατμού, όταν εισέρχεται στο ψυγείο είναι i₂ = 497 kcal/kg. Ποια η εσωτερική και ποια η πραγματική ισχύς του στροβίλου αυτού, όταν δίνονται ο εσωτερικός βαθμός αποδόσεως αυτού η_ε = 0,82 και ο μηχανικός η_μ = 0,92;

Υπολογίζομε πρώτα τη θερμική πτώση του ατμού ως διαφορά θερμικών περιεχομένων:

$$h = i_1 - i_2 \quad \text{ή} \quad h = 697 - 497 = 200 \text{ kcal/kg}$$

Εφαρμόζομε τον τύπο:

$$N_{\epsilon} = \frac{G \cdot h}{632} \cdot \eta_{\epsilon},$$

όπότε θα έχομε την εσωτερική ιπποδύναμη ως εξής:

$$N_{\epsilon} = \frac{12.640 \times 200}{632} \times 0,82 \quad \text{ή} \quad N_{\epsilon} = 3.280 \text{ PS (εσωτερικοί ιπποι),} \quad \text{τη δε πραγματική αντίστοιχα από την εφαρμογή του τύπου:}$$

$$\eta_{\mu} = \frac{N_{\pi}}{N_{\epsilon}} \quad \text{απ' όπου και} \quad N_{\pi} = N_{\epsilon} \cdot \eta_{\mu},$$

οπότε βρίσκομε αυτή ως εξής:

$$N_{\pi} = 3.280 \times 0,92, \quad \text{δηλαδή} \quad N_{\pi} = 3.017 \text{ PS (ιπποι άξονα).}$$

β) Σε στρόβιλο μετρήθηκε η ροπή στρέψεως (M_σ) με το στρεψίμετρο ίση με 800 kgm. Δίνονται επίσης ο αριθμός στροφών αυτού n = 3.000 r.p.m. (στροφές ανά λεπτό) και ο γνωστός μηχανικός βαθμός αποδόσεως του η_μ = 0,90. Να βρεθούν η πραγματική και η εσωτερική ιπποδύναμή του.

Θα έχομε από τον τύπο ότι:

$$N_{\epsilon} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{\sigma}}{4.500} \quad \text{ότι} \quad N_{\epsilon} = \frac{2 \times 3 \times 14 \times 3.000 \times 800}{4.500},$$

δηλαδή N_ε = 3.280 PS (εσωτερικοί ιπποι) και N_π = N_ε × η_μ, δηλαδή N_π = 3.280 × 0,95, ήτοι τέλος N_π = 3.116 PS (ιπποι άξονα)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 66

Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

66.1 Γενικά.

Από τη θερμοδυναμική μελέτη του βαθμού αποδόσεως των στροβίλων θεωρούμε σαν δεδομένο ότι, για να έχει καλό βαθμό αποδόσεως ο στροβίλος, πρέπει η σχέση u/c να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο κοντά προς τις ακόλουθες τιμές:

$$\text{Για στροβίλους δράσεως: } \frac{u}{c} = 1/2.$$

$$\text{Για στροβίλους αντιδράσεως: } \frac{u}{c} = -1,$$

όπου: u = η περιφεριακή ταχύτητα της πτερυγώσεως και c = η ταχύτητα εκροής του ατμού από το ακροφύσιο.

Επειδή όμως για λόγους καλής αποδόσεως πάλι η πίεση του ατμού πρέπει να είναι υψηλή, έπειτα ότι και η ταχύτητα εκροής του ατμού c από το ακροφύσιο θα είναι αναγκαστικά υψηλή. Για να διατηρηθεί δε η σχέση u/c στη σταθερή τιμή του $1/2$ ή 1 όπως η παραπάνω, συμπεραίνομε ότι και η περιφεριακή ταχύτητα u πρέπει να έχει πολύ υψηλή τιμή αντίστοιχα.

Η περιφεριακή όμως ταχύτητα u δίνεται από τον τύπο:

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60},$$

όπου: $\pi = 3,14$, d = η διάμετρος της πτερυγώσεως και n = ο αριθμός στροφών.

Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, για να έχομε υψηλή τιμή της u , θα πρέπει η διάμετρος d και ο αριθμός στροφών n να έχουν επίσης υψηλές τιμές.

'Οσο αφορά όμως τη διάμετρο υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί από τεχνικούς κατασκευαστικούς λόγους, ώστε αυτή να μην μπορεί να αυξηθεί πέρα από ορισμένα όρια. Δεν απομένει επομένως παρά μόνο ο αριθμός στροφών π , ο οποίος πρέπει να διατηρείται υψηλός, ώστε η σχέση u/c να παίρνει τις τιμές του $1/2$ και 1 , για να έχει ο στρόβιλος υψηλή απόδοση.

Συμπεραίνομε επομένως ότι η απόδοση του στροβίλου συμβαδίζει με το μεγάλο αριθμό στροφών αυτού.

Ο μεγάλος όμως αριθμός στροφών δεν είναι πάντοτε επιθυμητός για το μηχάνημα, που κινεί ο στρόβιλος, όπως ηλεκτρογεννήτρια, αεροσυμπιεστής κ.λπ. Ιδιαίτερη σημασία έχει αυτό για ταπλοία, όπου αντίθετα ο βαθμός αποδόσεως της έλικας συμβαδίζει με το χαμηλό αριθμό στροφών αυτής.

Από αυτό προκύπτει και η ανάγκη να βρούμε τρόπους για τη μείωση ή ελάττωση των στροφών κατά τη μετάδοση της κινήσεως από τον άξονα του στροβίλου προς το μηχάνημα, που κινείται από αυτόν.

Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα μείωσεως στροφών είναι τρία:

- α) **Με οδοντωτούς τροχούς.**
- β) **Με υδραυλική μετάδοση.**
- γ) **Με ηλεκτρική μετάδοση.**

Αυτά θα περιγράψουμε με συντομία στις επόμενες παραγράφους.

66.2 Η μετάδοση μέσω μειωτήρων με οδοντωτούς τροχούς.

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται οδοντωτοί τροχοί για μια ή περισσότερες πτώσεις των στροφών. Αρχικά προσαρμόζεται στον άξονα του στροβίλου οδοντωτός τροχός με μικρή διάμετρο, ο οποίος και μπλέκεται με οδοντωτό τροχό με μεγάλη διάμετρο. Από τον άξονα αυτόν του οδοντωτού τροχού της μεγάλης διαμέτρου επακολουθεί δεύτερη ή και τρίτη μείωση, ώστε να επιτυχάνεται συνολική σχέση μεταδόσεως στροφών έως $1:12$ ή $1:15$ μεταξύ άξονα στροβίλου και άξονα μηχανήματος ή έλικας.

'Όλο το συγκρότημα των οδοντωτών τροχών τοποθετείται μέσα σε ιδιαίτερο κιβώτιο, που καλείται **κιβώτιο μειωτήρων**.

Οι τροχοί και οι τριβείς τους κατασκεύαζονται από χάλυβα άριστης ποιότητας επιφανειακά ένανθρακωμένο, ώστε στα σημεία επαφής των δοντιών να έχουν περισσότερη σκληρότητα. Κατά

τη λειτουργία τους λιπαίνονται με λάδι βεβιασμένης κυκλοφορίας.

Τα δόντια των τροχών κόβονται με μηχανήματα (γραναζοκόπτες) μεγάλης ακριβείας, τα οποία εργάζονται μέσα σε θαλάμους, όπου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή. Τα δόντια των τροχών κόβονται υπό γωνία, δηλαδή είναι ελικοειδή, οι δε τροχοί τοποθετούνται μέσα στο κιβώτιο με τέτοιο τρόπο, ώστε οι αξονικές ώσεις λόγω των ελικοειδών δοντιών να εξουδετερώνονται αμοιβαία.

Η μετάδοση της κινήσεως μέσω οδοντωτών τροχών παρουσιάζει μία απόδοση 97%, επομένως απώλεια ισχύος 3% περίπου, και εφαρμόζεται πάρα πολύ σήμερα.

66.3 Η υδραυλική μετάδοση.

Το σύστημα αυτό καλείται και σύστημα Föttinger (Φαίτινγκερ) από το όνομα του Γερμανού καθηγητή, που το επενόησε. Αποτελείται από μία περιστροφική αντλία λαδιού, η οποία προσαρμόζεται στον άξονα του στροβίλου. Απέναντι από αυτή ακριβώς τοποθετείται ένας υδραυλικός κινητήρας ή τροχός, ο οποίος και προσαρμόζεται στον άξονα του μηχανήματος ή της έλικας.

Αντλία και κινητήρας τοποθετούνται σε κοινό κιβώτιο, κάτω από το οποίο υπάρχει ελαιολεκάνη.

Κατά την κίνηση του ατμοστροβίλου η αντλία αναρροφά λάδι από την ελαιολεκάνη και το καταθλίβει στα πτερύγια του ελαιοτροχού, ο οποίος περιστρέφεται και προκαλεί την περιστροφή του άξονα του μηχανήματος ή της έλικας με ανάλογη ρύθμιση αριθμού στροφών.

Η απόδοση του συστήματος φθάνει σε 0,93 και η χρήση του είναι μάλλον περιορισμένη.

66.4 Η ηλεκτρική μετάδοση.

Το σύστημα της ηλεκτρικής μεταδόσεως συνίσταται βασικά από ζεύγος ηλεκτρογεννήτριας-ηλεκτροκινητήρα.

Η ηλεκτρογεννήτρια προσαρμόζεται στον άξονα του πολύστροφου ατμοστροβίλου και παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο κινεί ένα ηλεκτροκινητήρα βραδύστροφο με ρυθμιζόμενο αριθμό στροφών. Ο ηλεκτροκινητήρας αυτός κινεί τον άξονα του μηχανήματος με τον αριθμό στροφών που επιθυμούμε.

Το σύστημα αυτό έχει εφαρμογή για τη μετάδοση της κινή-

σεως σε έλικες πλοίων, καθώς επίσης και για την κίνηση σιδηροδρόμων από ατμοστρόβιλο. Ονομάζεται σύστημα Turbine-Electric. (Η ονομασία σημαίνει την κίνηση με στρόβιλο μέσω ηλεκτρικής μεταδόσεως).

Ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος αυτού φθάνει σε 0,90 περίπου λόγω των αναποφεύκτων απωλειών ισχύος στην ηλεκτρογεννήτρια και τον ηλεκτροκινητήρα, που παρεμβάλλονται στη μετάδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 67

ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

67.1 Γενικά.

Στο Κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε με συντομία τις απαραίτητες εργασίες, που εκτελούμε στους στροβίλους για να τους θέσουμε σε λειτουργία. Επίσης τι πρέπει να παρακολουθούμε κατά τη λειτουργία τους, πώς τους χειρίζομαστε για την αναστροφή της κινήσεώς τους και ποιες εργασίες εκτελούμε για την κράτηση (το σταμάτημα) και την απομόνωσή τους.

Οι οδηγίες, που δίνονται πιο κάτω, είναι βέβαια γενικής μορφής και αποτελούν ένα γνώμονα, που πρέπει να έχομε ως οδηγό. Απαραίτητα όμως πρέπει να έχομε υπ' όψη μας ότι οι σωστοί χειρισμοί των στροβίλων μιας εγκαταστάσεως δίνονται λεπτομερώς από τους κατασκευαστές με μορφή οδηγιών, που πρέπει να ακολουθούνται με σχολαστική ακρίβεια από τον υπεύθυνο μηχανικό και το υπόλοιπο τεχνικό προσωπικό της εγκαταστάσεως.

67.2 Προετοιμασία - προθέρμανση και ετοιμότητα του στροβίλου για φόρτιση.

α) Η προθέρμανση του στροβίλου είναι εργασία σημαντική και απαραίτητη, ώστε να πραγματοποιηθεί η ομοιόμορφη θέρμανση των διαφόρων μερών του και να αποφευχθούν οι άνισες διαστολές, από τις οποίες πολλές και συβαρές ανωμαλίες μπορεί να προκύψουν.

Πριν από την προθέρμανση γίνεται ο εξαερισμός του στροβίλου με άνοιγμα των ατμοφρακτών, ώστε να διοχετεύεται σ' αυτόν ο θερμός αέρας του λέβητα, που παράγεται από το άναμμα των πυρών. Η διοχέτευση του αέρα διακόπτεται, μόλις αρχίσει η ατμοποίηση του λέβητα.

Για την προθέρμανση του στροβίλου πρέπει να ανοίξουμε όλους τους κρουνούς των υγρών του προς το ψυγείο και να λιπάνουμε κατάλληλα τα πέδιλα ολισθήσεως. Βάζουμε σε λειτουργία την αντλία κυκλοφορίας, την αεραντλία και την αντλία λιπάνσεως. Δημιουργούμε με την αεραντλία κενό 15% περίπου και στη συνέχεια αρχίζουμε την προθέρμανση με ατμό.

Ο ατμός αυτός μπορεί να είναι ατμός από ειδική βαλβίδα, και λέγεται **ατμός προθερμάνσεως**, ατμός από το **χειριστήριο ατμοφράκτη** του στροβίλου ή και ατμός, ο οποίος διαβιβάζεται στα κιβώτια στεγανότητας, και λέγεται κοινώς **ατμός των στυπειοθλιπτών**.

Καθ' όλη τη διάρκεια της προθερμάνσεως ελέγχομε και παρακολουθούμε τη θερμοκρασία των διαφόρων μερών του με θερμόμετρα και με το χέρι, καθώς επίσης και την κανονική διαστολή του στροβίλου στα πέδιλα ολισθήσεως.

Περιοδικά στρέφομε το στρόβιλο με τον κρίκο στρέψεως, ώστε το στροφείο να θερμανθεί ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα του. 'Όταν όλοι οι στρόβιλοι της εγκαταστάσεώς μας έχουν θερμανθεί σε ικανοποιητικό βαθμό, αφαιρούμε τον κρίκο της στρέψεως, αυξάνουμε το κενό με τη βοήθεια των εκχυτήρων σε 98% και κάνουμε λίγες κινήσεις. Κατά τις κινήσεις αυτές τα υγρά του στροβίλου πρέπει να παραμένουν ανοικτά, κλείνονται δε μόνον, αφού ο στρόβιλος λειτουργήσει για λίγο και αρχίσει να αναπτύσσει προοδευτικά την ισχύ του.

Ο χρόνος που απαιτείται για προθέρμανση με τη μέθοδο αυτή κυμαίνεται από 2 έως 3 ώρες ανάλογα.

β) Η πιο πάνω μέθοδος προθερμάνσεως πάντως έχει ορισμένους κινδύνους συβαρών ανωμαλιών, όπως είναι π.χ. η στρέβλωση του στροφείου κ.λπ., γι' αυτό, όταν είναι δυνατόν, ακολουθείται η επόμενη μέθοδος της **προθερμάνσεως με σύγχρονη κίνηση του στροβίλου**.

Κατά τη μέθοδο αυτή ακολουθείται πρώτα η ίδια σειρά προεργασίας, δηλαδή μπαίνουν σε λειτουργία η αντλία κυκλοφορίας και η αεραντλία, ανοίγονται τα υγρά του στροβίλου, μπαίνει σε κίνηση η αντλία λιπάνσεως, λιπαίνονται τα πέδιλα και υψώνεται το κενό μέχρι 15%.

Μετά από αυτά μπαίνει σε κίνηση ο στρόβιλος με μικρό αριθμό στροφών (περίπου το $1/10$ του κανονικού αριθμού των στροφών του), κινούμενος με ιδιαίτερο ηλεκτροκινητήρα ή με ατμό. Η κίνηση αυτή διαρκεί από $1/2$ έως 1 ώρα, και σ' αυτό το διάστημα ο στρόβιλος θερμαίνεται ή με ατμό προθερμάνσεως,

όταν περιστρέφεται με ηλεκτροκινητήρα, ή με τον ατμό, που στρέφει το στροφείο στη δεύτερη περίπτωση.

Μετά αποσυνδέεται ο ηλεκτροκινητήρας, υψώνεται το κενό σε 98% περίπου και γίνεται δοκιμή του στροβίλου με πλήρη ατμό και ο στρόβιλος είναι έτοιμος να λειτουργήσει.

Αφού ο στρόβιλος ξεκινήσει και αρχίσει να αναπτύσσει προοδευτικά την ισχύ του, κλείνονται τα υγρά γενικά.

γ) Κατά το διάστημα, που εκτελούνται όλες οι πιο πάνω εργασίες, πρέπει πριν από οποιαδήποτε κίνηση να βεβαιωθούμε ότι δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο στον άξονα του στροβίλου.

67.3 Η αναστροφή του στροβίλου.

Α. Αυτή αφορά βέβαια τους ναυτικούς στροβίλους και συνίσταται σε αλλαγή της φοράς περιστροφής της έλικας κατά αντίστροφη ακριβώς έννοια, δηλαδή από την κίνηση **πρόσων** σε κίνηση ανάποδα και το αντίθετο.

Η αναστροφή της κινήσεως εξετάζεται σε συνδυασμό και με το σύστημα μεταδόσεως της κινήσεως και μειώσεως των στροφών του ελικοφόρου άξονα.

α) Σε στροβίλους με μειωτήρες μέσω οδοντωτών τροχών χρησιμοποιείται ιδιαίτερος μικρός στρόβιλος για την κίνηση ανάποδα.

Συνήθως αποτελείται από ένα τροχό Curtis, που τοποθετείται στον άξονα του στροβίλου Χ.Π. και έχει κινητές πτερυγώσεις, τοποθετημένες κατ' αντίθετη έννοια από τις κινητές πτερυγώσεις του στροβίλου Χ.Π. Έτσι, προκειμένου, να πλεύσει το πλοίο ανάποδα, κλείνομε τον κύριο ατμοφράκτη του πρόσωπο και ανοίγομε τον ατμοφράκτη του ανάποδα διοχετεύοντας με αυτό τον τρόπο τον ατμό στο στρόβιλο του ανάποδα. Τότε το όλο συγκρότημα των στροβίλων της εγκαταστάσεως κινείται παρασυρόμενο από αυτόν κατ' αντίστροφη έννοια και επομένως και η έλικα του πλοίου.

Η ισχύς του ιδιαίτερου αυτού στροβίλου του ανάποδα είναι συνήθως 40% της ισχύος του κύριου συγκροτήματος του πρόσωπο και δεν υπερβαίνει ποτέ το 60% αυτής.

β) Σε στροβίλους με υδραυλική μετάδοση ο ατμοστρόβιλος στρέφει πάντοτε κατά μία φορά περιστροφής, χρησιμοποιείται όμως ιδιαίτερος ελαιοτροχός για την κίνηση του ανάποδα, ενσωματωμένος μέσα στο κύριο συγκρότημα αντλίας - ελαιοστροβίλου της μεταδόσεως της κινήσεως. Έτσι κατά την

κίνηση ανάποδα αποδίδεται η πλήρης ισχύς του στροβίλου.

γ) Σε στροβίλους με ηλεκτρική μετάδοση πάλι ο ατμοστρόβιλος στρέφει κατά μία φορά, ενώ η αναστροφή της έλικας γίνεται με την αλλαγή της φοράς περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα, που κινεί τον άξονα της περιστροφής της έλικας. Και στο σύστημα αυτό διατίθεται η πλήρης ισχύς του στροβίλου και για την κίνηση ανάποδα.

Β. Μία ειδική περίπτωση αναστρεφομένων στροβίλων αποτελεί η υπό του εργοστασίου Clarke Chapman κατασκευή τροχών δράσεων Curtis που χρησιμοποιούνται σε μικρά βοηθητικά μηχανήματα, τα οποία πρέπει να αναστρέφουν, όπως π.χ. του εργάτη της άγκυρας, των βαρούλκων κ.λπ.

Στους τροχούς αυτούς υπάρχουν κατά την έννοια της ακτίνας δύο σειρές πτερυγώσεων, η κανονική για τη δεξιόστροφη κίνηση του μηχανήματος και η πάνω από αυτή για την αριστερόστροφη, η οποία έχει πτερύγια αντίθετης φοράς και μικρότερου ύψους.

Με ίδιαίτερη διάταξη στεγανότητας οι δύο πτερυγώσεις διαχωρίζονται στεγανά η μία από την άλλη, με τον κατάλληλο δε χειρισμό των εξωτερικών βαλβίδων του χειριστηρίου διαβιβάζεται ατμός στην πτερύγωση της δεξιόστροφης ή αριστερόστροφης κινήσεως και το μηχάνημα περιστρέφεται ανάλογα.

67.4 Τα κατά τη λειτουργία του στροβίλου λαμβανόμενα μέτρα.

Τα σπουδαιότερα από αυτά είναι τα εξής:

α) Παρακολούθηση της καλής λιπάνσεως και έλεγχος θερμοκρασιών των τριβών, έλεγχος των φίλτρων του λαδιού, αντικατάσταση αυτού σε περίπτωση ρυπάνσεως του. Έλεγχος στάθμης λαδιού στις δεξαμενές χρήσεως.

β) Ρύθμιση της κανονικής παροχής ατμού στους στυπειοθλίπτες, για την εξασφάλιση της στεγανότητας. Ιδιαίτερη σημασία έχει η στεγανότητα στους στυπειοθλίπτες του στροβίλου Χ.Π., από τους οποίους μπορεί να προέλθει είσοδος αέρα με αποτέλεσμα την πτώση του κενού του ψυγείου.

γ) Ρύθμιση ανοίγματος του απαραίτητου μόνον αριθμού ακροφυσίων, για την επίτευξη της επιθυμητής ιπποδυνάμεως, εφ' όσον αυτό δεν γίνεται αυτόματα από το ρυθμιστή στροφών.

δ) Φροντίδα, ώστε η ανάπτυξη της ισχύος μέχρι και τη μέγι-

στη να γίνεται προοδευτικά και όχι απότομα.

ε) Διατήρηση του μέγιστου δυνατού κενού κατά τη λειτουργία, δηλαδή 98-99% περίπου.

στ) Προσεκτική έρευνα για ασυνήθιστους θορύβους κατά τη λειτουργία, οι οποίοι πρέπει να εντοπίζονται το γρηγορότερο και να εξακριβώνεται η αιτία, που τους προκαλεί. Στην ανάγκη ακόμη πρέπει και να κρατείται (σταματά) ο στροβίλος για να αποφεύγονται ζημιές μεγάλης εκτάσεως.

ζ) Συνεχής χρησιμοποίηση των εξατμίσεων των βοηθητικών μηχανημάτων, για την επίτευξη οικονομίας σε καύσιμη ύλη.

67.5 Η κράτηση και η απομόνωση του στροβίλου.

Η προσωρινή κράτηση του στροβίλου γίνεται με τη διακοπή του παρεχόμενου ατμού, όταν κλείσομε τον κύριο ατμοφράκτη.

Για την οριστική κράτηση και απομόνωση του στροβίλου πρέπει να ανοιχθούν οι κρουνοί των υγρών και οι κρουνοί αποστραγγίσεως. Διακόπτεται στη συνέχεια η λειτουργία της αντλίας λαδιού λιπάνσεως και απομονώνεται το δίκτυο λαδιού από τη δεξαμενή. Ρίχνομε το κενό σε 15% περίπου και διατηρούμε σε λειτουργία την αεραντλία κα την αντλία κυκλοφορίας για μισή ώρα περίπου για την ψύξη και αποστέγνωση του ψυγείου. Τοποθετείται τέλος ο κρίκος στρέψεως του στροβίλου.

'Ολη η κίνηση της απομονώσεως του στροβίλου συγχρονίζεται και με την κίνηση της απομονώσεως των λεβήτων, όταν πρόκειται να απομονωθεί τελείως η όλη εγκατάσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 68

ΟΙ ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Οι σοβαρότερες βλάβες των στροβίλων παρουσιάζονται αποκλειστικά στο στροφείο (λόγω κυρίως των μικρών διακένων, με τα οποία εργάζεται αυτό, και των μεγάλων κοπώσεων, στις οποίες υπόκειται), είναι δε οι εξής:

α) **Βλάβη της ατράκτου του στροφείου.** Συνισταται σε θραύση του άξονα, που οφείλεται σε κακή ποιότητα υλικού, υπερβολικούς κραδασμούς του στροφείου ή κακή προθέρμανση. Η τελευταία μπορεί να προκαλέσει τη στρέβλωση του άξονα και του στροφείου ή και αυτή ακόμη τη θραύση τους.

β) **Βλάβη των τροχών.** Συνισταται σε παραμόρφωση ή θραύση των τροχών ή των ενδιαμέσων διαφραγμάτων. Ως αίτια θεωρούνται η κακή ποιότητα υλικού, οι υπερβολικοί κραδασμοί και η κακή προθέρμανση.

γ) **Διάβρωση των πτερυγίων.** Οφείλεται σε χημική ενέργεια της υγρασίας, την οποία περιέχει ο ατμός. Αντιμετωπίζεται με τη χρήση υπέρθερμου ατμού υψηλής υπέρθερμάνσεως και με τη χρήση εκλεκτών υλικών για την κατασκευή των πτερυγίων, όπως το μέταλλο Monel και ο **χρωμονικελιούχος χάλυβας**. Η μηχανική εξ άλλου διάβρωση των πτερυγίων οφείλεται στο βομβαρδισμό τους από τα μόρια υγρασίας του ατμού ή ξένα τυχόν σωματίδια. Το φαινόμενο παρατηρείται σε περιπτώσεις που ο λέβητας «δακρύζει» και δημιουργείται κυρίως στα πτερύγια Χ.Π., όπου ο ατμός λόγω της μεγάλης εκτονώσεώς του έχει αυξημένο ποσοστό υγρασίας. Αυτό σύμφωνα με τις προδιαγραφές δεν πρέπει να υπερβαίνει το 12-14% στην εξαγωγή του ατμού από το στρόβιλο Χ.Π.

Πρέπει επομένως να καταβάλλεται κάθε φροντίδα, ώστε να μην δημιουργούνται μεγάλες ή και μικρές έστω προβολές του λέβητα, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν και μεγαλύτερη καταστροφή στο εσωτερικό του στροβίλου. Επίσης να επιθεωρούνται προσεκτικά τα φίλτρα του ατμαγωγού σωλήνα, ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν υπάρχουν ξένα σώματα μέσα σ' αυτό.

δ) **Ελάττωση των διακένων.** Προέρχεται από τη φθορά τριβέων εδράσεως και ισορροπήσεως. Τα ακτινικά διάκενα ελαττώνονται από φθορά των τριβέων εδράσεως, τα δε αξονικά από φθορά των τριβέων ισορροπήσεως. Είναι δυνατόν μάλιστα, όταν η τελευταία υπερβεί τα επιτρεπόμενα όρια, να προκαλέσει την καταστροφή των πτερυγώσεων, εάν έρθουν σε επαφή τα σταθερά και τα κινητά μέρη μεταξύ τους. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται προσεκτική μέτρηση των διακένων και να εκτελούνται οι αναγκαίες ρυθμίσεις ή αναμεταλλώσεις των τριβέων.

ε) **Βλάβη μειωτήρων.** Η σημαντικότερη βλάβη των μειωτήρων συνίσταται σε θραύση των δοντιών των τροχών. Αυτή οφείλεται το πιθανότερο σε κακή κατεργασία τους ή κακή ποιότητα υλικού ή υπερβολική και απότομη φόρτιση.

Η διάβρωση των επιφανειών των δοντιών, που είναι και πιο συνηθισμένη και παρουσιάζει τη μορφή της ευλογιάσεως, οφείλεται σε ανομοιογένεια του υλικού και την καταλαβαίνομε κατά τη λειτουργία με την επίδραση του λιπαντικού λαδιού.

Το λάδι αυτό πρέπει να είναι καλής ποιότητας στροβιλέλαιο απαλλαγμένο από οξέα, ακαθαρσίες και νερό, τα οποία επαυξάνουν οπωσδήποτε την παραπάνω ανωμαλία της διαβρώσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 69

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΚΕΝΩΝ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

α) Η μέτρηση των διακένων αποτελεί την πιο κύρια ίσως εργασία παρακολουθήσεως και ελέγχου ενός στροβίλου και πρέπει να γίνεται κατά κανονικά διαστήματα, όπως προβλέπεται από τους κατασκευαστές και τους Τεχνικούς Κανονισμούς.

Επειδή τα ακτινικά και τα αξονικά διάκενα είναι πολύ μικρά, επιβάλλεται ο συχνός έλεγχος και η μέτρησή τους. Έτσι θα εξασφαλίζεται ότι κατά τη λειτουργία του στροβίλου δεν θα υπάρχει κίνδυνος να έρθουν σε επαφή τα κινητά και τα ακίνητα μέρη, πράγμα το οποίο θα είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή τους.

Για να ελέγχομε εύκολα την κατάσταση των διακένων καταγράφονται στο μητρώο του στροβίλου (ειδικό βιβλίο καταγραφής διαφόρων σημαντικών δεδομένων) οι αρχικές μετρήσεις. Με αυτές συγκρίνονται οι μετέπειτα μετρήσεις, ώστε από τη σύγκριση να προκύπτει η αντίστοιχη φθορά του τριβέα και επομένως τα αντίστοιχα διάκενα. Υπάρχουν όρια ασφαλείας σε κάθε στρόβιλο, κάτω από τα οποία δεν επιτρέπεται να κατέλουν τα διάκενά του.

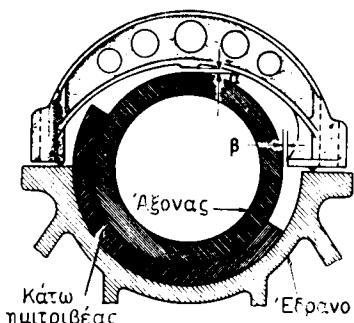
β) Η μέτρηση της θέσεως του στροφείου κατά την **κατακόρυφη** έννοια γίνεται με ειδική συσκευή, τη **γέφυρα** (σχ. 69α), η οποία τοποθετείται σε ορισμένη θέση του τριβέα, αφού πρώτα αφαιρεθεί το άνω μισό του.

Μετριέται τότε η απόσταση (α) με ένα λεπιδομετρητή (φίλερ). Επίσης η απόσταση (β) της επιφάνειας του κουμπιού (κομβίου) του άξονα από τα αντίστοιχα δόντια της γέφυρας.

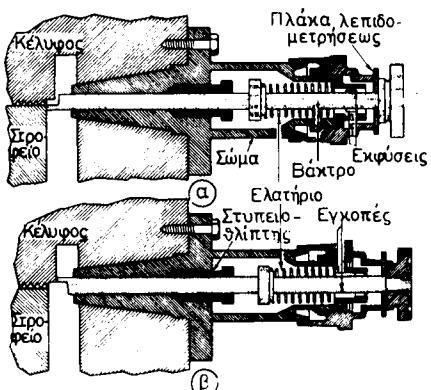
Συγκρίνοντας τις παραπάνω μετρήσεις με τις αρχικές του κατασκευαστή ή της τελευταίας γενικής επισκευής του στροβίλου, βρίσκομε τη λόγω φθοράς του τριβέα υποχώρηση του στροφείου. Εάν αυτή είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη, τότε αναμεταλλώνομε τον τριβέα με λευκό μέταλλο.

Ανάλογη είναι και η μέτρηση με **πείρο**.

Σ' αυτήν χρησιμοποιείται κατακόρυφος πείρος που εξωτερικά



Σχ. 69α.



Σχ. 69β.

έχει κατεργασμένο περιαυχένιο (πατούρα). Ο πείρος με το άκρο του στηρίζεται επάνω στην άνω επιφάνεια του κουμπιού. Το διάκενο τότε μετριέται μεταξύ του περιαυχενίου και της αντίστοιχης κατεργασμένης επιφάνειας του τριβέα και δίνει την κατακόρυφη θέση του κουμπιού. Η θέση αυτή συγκρίνεται προς την αρχική μέτρηση κατασκευής ή πης τελευταίας γενικής επισκευής του στροβίλου. Η μέτρηση με πείρο είναι πιο εύκολη και γίνεται χωρίς να αφαιρεθεί το άνω μισό του τριβέα. Θεωρείται όμως πιο πρόχειρη από τη μέτρηση με γέφυρα και είναι λιγότερο ακριβής από αυτήν.

γ) Η μέτρηση της αξονικής θέσεως του στροφείου γίνεται συνήθως με τη μέθοδο, που παριστάνει το σχήμα 69β και έχει ως σκοπό τον προσδιορισμό της σχετικής θέσεως κελύφους - στροφείου.

Τα όργανα που χρησιμοποιούμε καλούνται **μικρόμετρα αξονικής θέσεως** του στροφείου και αποτελούνται από το βάκτρο, το σώμα, το μικρομετρικό δείκτη, την πλάκα λεπιδομετρήσεως και το ελατήριο (σχ. 69β).

Το βάκτρο καταλήγει σε οδοντωτό άκρο. Έτσι καθίσταται δυνατή η βαθυμέτρηση της ακραίας επιφάνειας του στροφείου με απλή στροφή του βάκτρου σε δύο θέσεις (α) και (β). Με κατάλληλο χειρισμό του περικοχλίου, το οποίο φέρει το μικρομετρικό δείκτη, διαβάζομε πάνω σ' αυτό τις δύο ενδείξεις και έχομε το μέτρο της αξονικής θέσεως του στροφείου. Τη μέτρηση αυτή εκτελούμε φέρνοντας το στροφείο τελείως μπροστά και τελείως πίσω με κατάλληλο σύστημα έλξεως, το οποίο προσαρμόζομε στο πρόσθιο άκρο του στροβίλου.

Εάν από τη μέτρηση προκύψουν μικρά αξονικά διάκενα, επιβάλλεται η ρύθμιση του τριβέα ισορροπήσεως με προσθήκες. Οι προσθήκες τοποθετούνται πίσω από τα στεφάνια, που συγκρατούν τα πλινθία του (βλ. σχ. 55.5ε). Εάν όμως αυτό δεν αρκεί, κάνομε και αναμετάλλωση των πλινθίων.

δ) Αυτές οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται και σε ψυχρή και σε θερμή κατάσταση του στροβίλου και απαραίτητα δεν πρέπει να συγχέονται τα αποτελέσματα μεταξύ τους.

ε) Κατά την εσωτερική επιθεώρηση του στοβίλου, οπότε αφαιρείται το άνω ημικέλυφος και ανυψώνεται το στροφείο, γίνεται και πλήρης μέτρηση των ακτινικών διακένων των πτερυγίων με μολύβδινες ταινίες (μολύβδια), που τοποθετούνται μεταξύ στροφείου και των δύο ημικελύφων. Μετά την τοποθέτηση των ταινιών ξανατοποθετούμε το άνω ημικέλυφος στη θέση του και συσφίγγομε. Ήτσι οι μολύβδινες ταινίες συμπιέζονται και μας δίνουν, όταν μετρήσομε το πάχος τους με παχύμετρο, τα ακτινικά διάκενα των πτερυγώσεων.

Συχνά σε ψυχρά κλίματα αντί για μολύβδινες ταινίες χρησιμοποιούμε στερεή παραφίνη.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών εσωτερικής επιθεωρήσεως του στροβίλου μετράμε και τα αξονικά διάκενα με λεπιδομετρητή (φίλερ), μετακινώντας το στροφείο τελείως πίσω με το ειδικό σύστημα ἐλξεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 70

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Ο όρος συντήρηση περιλαμβάνει την εκτέλεση ορισμένων απαραιτήτων εργασιών ελέγχων και επιθεωρήσεων του στροβίλου, οι οποίες έχουν σκοπό τη διατήρησή του σε κατάσταση ασφαλούς και αποδοτικής λειτουργίας.

Για τη μεθοδική εκτέλεση των εργασιών αυτών έχουν καθορισθεί τα χρονικά όρια, μέσα στα οποία πρέπει να εκτελούνται.

Τα χρονικά όμως αυτά όρια είναι ενδεικτικά μόνο και είναι δυνατόν να μεταβάλλονται ανάλογα με τη διαγωγή του υλικού κατά τη λειτουργία και με τις γενικές συνθήκες χρησιμοποιήσεως και εκμεταλλεύσεως του στροβίλου. Σε περιπτώσεις όμως **αμφιβολίων** ή έκτακτης ανωμαλίας η επιθεώρηση πρέπει να είναι άμεση.

Οι πιο κάτω οδηγίες δίνονται σε γενικές γραμμές και αποτελούν έναν καλόν οδηγό για την ικανοποιητική συντήρηση του στροβίλου. Γενικά όμως, οι οδηγίες του κατασκευαστή πρέπει να ακολουθούνται με σχολαστική ακρίβεια από τον υπεύθυνο μηχανικό και το υπόλοιπο προσωπικό της εγκαταστάσεως.

Οι οδηγίες για τις εργασίες κατατάσσονται σύμφωνα με τα κανονικά χρονικά διαστήματα, που πρέπει να εκτελούνται οι εργασίες. 'Ολες οι πιο κάτω εργασίες εκτελούνται με την προϋπόθεση ότι ο στρόβιλος δεν βρίσκεται σε λειτουργία.

α) **Καθημερινά.** Στρέψη του στροβίλου για 15 λεπτά με τον ηλεκτροκίνητο ή χειροκίνητο κρίκο στρέψεως.

Κατά τη στρέψη αυτή τίθεται σε λειτουργία η αντλία λιπάνσεως και ο φυγοκεντρικός διαχωριστής λαδιού.

β) **Εβδομαδιαία.** Λίπανση αρθρώσεων διακοπτών και συσκευών. Έλεγχος και χειρισμός των διαφόρων χειριστηρίων επιστομίων και διακοπτών.

γ) **Ανά τρίμηνο.** Επιθεώρηση φίλτρων ατμαγωγών σωλήνων. Επιθεώρηση κοχλιών συνδέσεων του κελύφους. Επιθεώρηση των πτερυγώσεων του στροβίλου και ιδιαίτερα των τελευταίων σειρών του. Εκεί, λόγω του μεγάλου ποσοστού υγρασίας του

ατμού και του μεγάλου ύψους των πτερυγίων, υπάρχει πιθανότητα διαβρώσεων και χαλαρώσεων. Η επιθεώρηση γίνεται από τις ειδικές θυρίδες του κελύφους. Επιθεώρηση των κυρίων τριβέων και μέτρηση διακένων.

δ) ***Anά εξάμηνο.*** Επιθεώρηση των ακραίων συσκευών στεγανότητας λαβυρίνθων και ανθρακοπαρεμβυσμάτων. Επιθεώρηση των οδοντώσεων των μειωτήρων μέσω των ειδικών θυρίδων, οι οποίες υπάρχουν στο κιβώτιο των μειωτήρων.

ε) ***Επησίως.*** 'Ελεγχος της καλής καταστάσεως των προστομίων λιπάνσεως και των οδοντωτών τροχών των μειωτήρων. Επιθεώρηση των πεδίλων ολισθήσεως. Εκτέλεση δοκιμής της κανονικής λειτουργίας των αυτομάτων διακοπτών υπερταχύνσεως των μηχανημάτων. Η δοκιμή αυτή εκτελείται όταν η εγκατάσταση βρίσκεται υπ' ατμόν, οπότε υπερταχύνεται χωρίς φορτίο το μηχάνημα και ελέγχεται η κανονική επέμβαση του αυτόματου υπερταχύνσεως.

στ) ***Anά διετία.*** Ανύψωση άνω ημικελύφους του κιβωτίου των μειωτήρων. Γενική επιθεώρηση αυτών. 'Ελεγχος για τυχόν ύπαρξη ευλογιάσεων ή γενικά άλλων φθορών επάνω στα δόντια των τροχών. Εξάρμοση και επιθεώρηση του ελαστικού συνδέσμου και διαπίστωση της καλής λιπάνσεώς του.

ζ) ***Anά τετραετία.*** Ανύψωση του άνω ημικελύφους του στροβίλου και του στροφείου του. Γενική επιθεώρηση του εσωτερικού του στροβίλου. Απ' ευθείας μέτρηση των ακτινικών και αξονικών διακένων των πτερυγώσεων.

Είναι φανερό ότι όταν εκτελούμε τις εργασίες που προβλέπονται για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, πρέπει ταυτόχρονα να εκτελούμε και όλες τις εργασίες που προβλέπονται πριν.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ (ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 71

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΗ ΟΥΣΙΑ - ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

71.1 Γενικά.

Όπως ήδη γνωρίζομε, Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως (εμβολοφόροι) είναι οι θερμικές εκείνες μηχανές, στις οποίες τόσο η καύση, όσο και η παραγωγή του έργου πραγματοποιούνται μέσα στον κινητήριο κύλινδρό τους. Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως επομένως, οι οποίες συντομότερα ονομάζονται Μ.Ε.Κ., διαφέρουν από τις ατμομηχανές στο ότι στις τελευταίες η μεν καύση γίνεται μέσα στο λέβητα, ενώ η παραγωγή του έργου μέσα στη μηχανή.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως ονομάζονται και **κινητήρες** εσωτερικής καύσεως, ή, επειδή η θερμότητα παράγεται μέσα στον κύλινδρό τους, και **ενδοθερμικοί κινητήρες**.

Για να καταλάβομε την περιγραφή και τη λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσεως, πρέπει να έχομε καλά υπόψη μας όσα έχουν αναφερθεί στο 1ο Μέρος του βιβλίου αυτού, σχετικά με τα αέρια, και τις αλλαγές καταστάσεώς τους, καθώς και τους κύκλους και την απόδοση αυτών.

71.2 Η εργαζόμενη ουσία και τα καύσιμα των Μ.Ε.Κ.

a) Η εργαζόμενη ουσία.

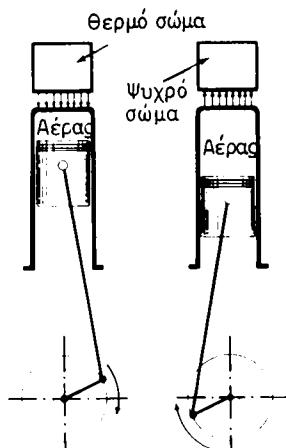
Κατά τη λειτουργία των θερμικών μηχανών χρησιμοποιείται, όπως είναι γνωστό (παράγρ. 1.2) ένα σώμα, το οποίο υποβάλλεται σε προκαθορισμένες αλλαγές της καταστάσεώς του, όσες είναι αναγκαίες από το θερμικό κύκλο της αντίστοιχης θερμικής μηχανής. Το σώμα αυτό εργάζεται μέσα στη μηχανή, γι' αυτό

και το ονομάζομε **εργαζόμενη ουσία**. Στις Μ.Ε.Κ. χρησιμοποιείται ως εργαζόμενη ουσία ο **ατμοσφαιρικός αέρας**.

Για να καταλάβομε πώς ενεργεί ο αέρας ως εργαζόμενη ουσία, ας υποθέσουμε ότι σε μία δεδομένη στιγμή της λειτουργίας της μηχανής ο αέρας αυτός θερμαίνεται από ένα θερμό σώμα και στη συνέχεια ότι σε μία άλλη δεδομένη πάλι στιγμή ψύχεται από ένα ψυχρό σώμα (σχ. 71.2).

Έστω τώρα ότι τοποθετείται διαδοχικά επάνω στο πώμα του κυλίνδρου άλλοτε μεν το θερμό, άλλοτε δε το ψυχρό σώμα. Έτσι άλλοτε μεν χορηγείται θερμότητα στον αέρα, άλλοτε δε αφαιρείται. Στην πρώτη περίπτωση αυξάνεται η θερμοκρασία και η πίεση του αέρα, ο οποίος ωθεί το έμβολο προς τα κάτω, ώστε να αποδώσει μηχανικό έργο. Στη δεύτερη ελαττώνεται η θερμοκρασία και η πίεση του αέρα, ο οποίος έτσι επιτρέπει στο έμβολο να επανέλθει στην αρχική του θέση.

Στην πραγματικότητα δεν χρησιμοποιείται θερμό σώμα, αλλά το **καύσιμο**. Αυτό σε μία ορισμένη φάση της λειτουργίας της μηχανής εισάγεται κατάλληλα στον κύλινδρο, όπου επιτυγχάνεται η καύση του, με την οποία και δημιουργούνται τα καυσαέρια. Λόγω της καύσεως τα καυσαέρια αποκτούν υψηλή θερμοκρασία και πίεση με τις οποίες και πραγματοποιούν το μηχανικό έργο επάνω στο έμβολο. Σε άλλη πάλι ορισμένη φάση λειτουργίας της μηχανής επιτρέπεται η έξοδος των θερμών καυσα-



Σχ. 71.2.

ερίων προς την ατμόσφαιρα, τα οποία και απάγουν έτσι ποσό θερμότητας προς το περιβάλλον.

β) Καύσιμα των Μ.Ε.Κ.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως χρησιμοποιούν κυρίως υγρά και κατά δεύτερο λόγο **αέρια καύσιμα**.

Τα κυριότερα υγρά καύσιμα είναι τα **ελαφρά πετρέλαια** ή **πετρέλαια Ντήζελ**, για τους κινητήρες Diesel, και οι βενζίνες για τους κινητήρες Otto.

Οι μεγάλοι κινητήρες Diesel χρησιμοποιούν τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο βαρύτερα καύσιμα, δηλαδή τα βαριά πετρέλαια Ντήζελ, που είναι μίγματα πετρελαίου λεβήτων (Mazout) και ελαφρού πετρελαίου. Τα πετρέλαια αυτά πριν από τη χρησιμοποίησή τους προθερμαίνονται και καθαρίζονται με φυγοκέντρηση, ώστε να γίνουν λεπτόρρευστα και να μπορούν να διασκορπισθούν σε ικανοποιητικό βαθμό από τον καυστήρα μέσα στον κύλινδρο. Σπανιότερα και για ειδικές χρήσεις χρησιμοποιούνται και άλλα καύσιμα, που δεν προέρχονται από το πετρέλαιο, όπως π.χ. οινόπνευμα.

Λίγο χρησιμοποιούνται και τα αέρια καύσιμα, όπως π.χ. το **αέριο των υψηλαρίων**, το **αέριο των αεριογόνων**, το **φωταέριο**, το **φυσικό αέριο** κ.λπ., ιδίως εκεί, όπου αυτά παράγονται σε μεγάλες ποσότητες. Τα αέρια καύσιμα χρησιμοποιούνται σε κινητήρες Otto.

71.3 Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των Μ.Ε.Κ.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

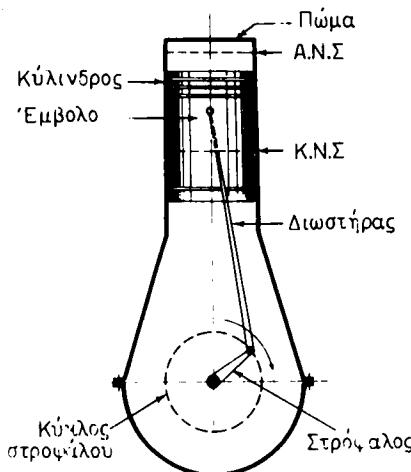
α) Σε **εμβολοφόρους** Μ.Ε.Κ. ή κινητήρες εσωτερικής καύσεως, και

β) σε **στροβίλους** εσωτερικής καύσεως ή **αεριοστροβίλους**.

Σ' αυτό το μέρος του βιβλίου θα ασχοληθούμε μόνο με τις εμβολοφόρους Μ.Ε.Κ., ενώ τους αεριοστροβίλους θα τους εξετάσουμε στο 6ο Μέρος.

71.4 Ο τρόπος λειτουργίας των Μ.Ε.Κ. Οι διάφορες φάσεις.

Η πιο απλή εμβολοφόρος Μ.Ε.Κ. αποτελείται από κύλινδρο μέσα στον οποίο παλινδρομεί ένα έμβολο. Στον κύλινδρο αυτό το ένα άκρο κλείνεται με πώμα, ενώ το άλλο είναι ανοικτό.



Σχ. 71.4.

Έτσι επιτρέπεται η ελεύθερη κίνηση του διωστήρα, ο οποίος συνδέεται στο ένα άκρο του με το έμβολο και στο άλλο με το στρόφαλο του άξονα (σχ. 71.4).

Όταν το έμβολο κινείται προς τα πάνω, ο αέρας που περιέχεται στον κύλινδρο, συμπιέζεται και αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Όταν το έμβολο φθάνει στο Α.Ν.Σ., εισάγεται το καύσιμο, το οποίο και αναφλέγεται. Από την ανάφλεξη αυτή δημιουργούνται τα καυσαέρια, τα οποία, όσο συμπληρώνεται η καύση του καυσίμου, αποκτούν μεγάλη πίεση και θερμοκρασία.

Τα καυσαέρια λόγω της μεγάλης πιέσεως τους ωθούν το έμβολο προς τα κάτω και ταυτόχρονα εκτονώνονται, επειδή αυξάνεται ο όγκος τους. Τέλος εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα, όταν το έμβολο έχει συμπληρώσει την προς τα κάτω διαδρομή του και βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ.

Στη συνέχεια εισάγεται νέος αέρας στον κύλινδρο για να καεί το νέο καύσιμο, που θα εισαχθεί και ακολούθων ξανά οι φάσεις που περιγράψαμε.

Η λειτουργία επομένως της μηχανής περιλαμβάνει τις εξής φάσεις: α) Καύση του καυσίμου, κατά την οποία παράγονται τα καυσαέρια, β) εκτόνωση των καυσαερίων, γ) εξαγωγή των καυσαερίων, δ) εισαγωγή ή αναρρόφηση του αέρα και ε) συμπίεση του αέρα.

Οι πιο πάνω φάσεις στο σύνολό τους και κατά τη διαδοχική

σειρά που αναφέρθηκαν προηγουμένως, αποτελούν ένα πλήρη **κύκλο λειτουργίας** του κινητήρα.

Ο κύκλος λειτουργίας του κινητήρα μπορεί να πραγματοποιείται ή σε δύο πλήρεις στροφές της μηχανής, δηλαδή σε **τέσσερις** απλές διαδρομές του εμβόλου ή σε μια πλήρη στροφή, δηλαδή σε δύο απλές διαδρομές του εμβόλου. Με αυτή την έννοια κάθε **απλή διαδρομή** του εμβόλου ονομάζεται και **χρόνος λειτουργίας** της μηχανής. Γι' αυτό η μηχανή που εκτελεί έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας της σε δύο στροφές, δηλαδή σε τέσσερις χρόνους, λέγεται **τετράχρονη μηχανή** ή **τετράχρονος κινητήρας**, ενώ εκείνη που συμπληρώνει τον πλήρη κύκλο λειτουργίας της σε μία στροφή, δηλαδή σε δύο χρόνους, λέγεται **δίχρονη μηχανή ή δίχρονος κινητήρας**.

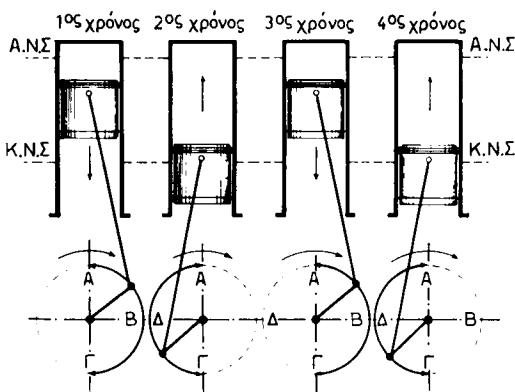
71.5 Οι 4 χρόνοι του τετράχρονου κινητήρα.

Στο σχήμα 71.5α εικονίζονται οι 4 χρόνοι ενός τετράχρονου κινητήρα.

Στον πρώτο χρόνο το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ στο Κ.Ν.Σ., ενώ ο στρόφαλος εκτελεί μισή στροφή διαγράφοντας το τόξο (ΑΒΓ).

Στο δεύτερο χρόνο το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. στο Α.Ν.Σ., ενώ ο στρόφαλος εκτελεί μισή στροφή, διαγράφοντας το τόξο (ΓΔΑ).

Στον τρίτο χρόνο το έμβολο κατέρχεται πάλι από το Α.Ν.Σ.



Σχ. 71.5α.

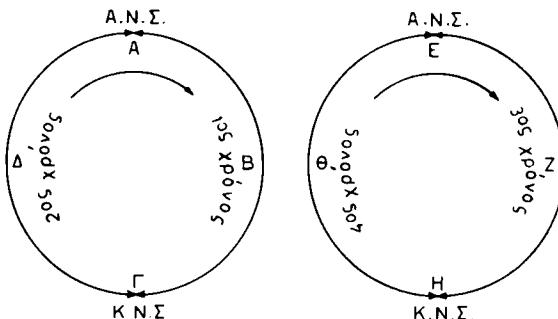
Σχηματική παράσταση των 4 χρόνων του τετράχρονου κινητήρα.

στο Κ.Ν.Σ. ο δε στρόφαλος εκτελεί πάλι μισή στροφή, διαγράφοντας τόξο (ΑΒΓ).

Στον τέταρτο χρόνο τέλος το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. στο Α.Ν.Σ. και ο στρόφαλος εκτελεί πάλι άλλη μισή στροφή διαγράφοντας το τόξο (ΓΔΑ).

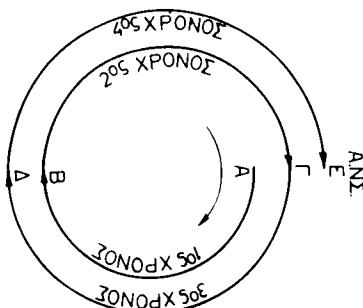
Από τα πιο πάνω συμπεραίνομε ότι ένας χρόνος του κινητήρα είναι μία διαδρομή του εμβόλου από το Α.Ν.Σ. στο Κ.Ν.Σ. ή από το Κ.Ν.Σ προς το Α.Ν.Σ. και αντιστοιχεί σε μισή στροφή του στροφάλου. Συμπεραίνομε επίσης ότι σε τετράχρονη μηχανή οι 4 χρόνοι αντιστοιχούν σε 2 πλήρεις στροφές του στροφάλου.

Στο σχήμα 71.5β παριστάνονται με δύο πλήρεις κύκλους του στροφάλου οι 4 χρόνοι, ενώ στο σχήμα 71.5γ παριστάνο-



Σχ. 71.5β.

Γραφική παράσταση των 4 χρόνων του τετράχρονου κινητήρα για δύο στροφές (κύκλων) του στροφάλου.



Σχ. 71.5γ.

Γραφική παράσταση των 4 χρόνων του τετράχρονου κινητήρα σε μια σπειροειδή γραμμή 720° .

νται με μία συνεχή σπειροειδή γραμμή, που αντιστοιχεί σε $360^\circ + 360^\circ = 720^\circ$, δηλαδή σε δύο πλήρεις περιστροφές του στροφάλου.

Επάνω στους κύκλους αυτούς ή τη σπειροειδή γραμμή μπορούμε να παραστήσουμε με τη βοήθεια κατάλληλα τοποθετημένων σημείων, που αντιστοιχούν στις ανάλογες γωνίες στροφάλου, τις διάφορες φάσεις λειτουργίας της μηχανής. Χρησιμοποιούμε δηλαδή τον ίδιο τρόπο, που έχουμε ήδη χρησιμοποιήσει στην ανάλογη περίπτωση για τις παλινδρομικές ατμομηχανές και να έχουμε έτσι το λεγόμενο **κυκλικό ή σπειροειδές διαγράμμα** ρυθμίσεως της μηχανής μας.

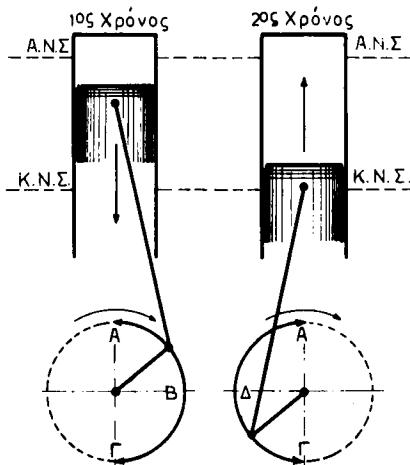
71.6 Οι 2 χρόνοι του δίχρονου κινητήρα.

Στο σχήμα 71.6α εικονίζονται οι 2 χρόνοι δίχρονου κινητήρα.

Στον πρώτο χρόνο το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. στο Κ.Ν.Σ. και ο στρόφαλος διαγράφει μισή στροφή, δηλαδή το τόξο (ΑΒΓ).

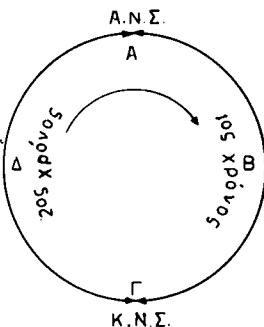
Στο δεύτερο χρόνο το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. στο Α.Ν.Σ. και ο στρόφαλος διαγράφει μισή στροφή, δηλαδή το τόξο (ΓΔΑ).

Έτσι στη δίχρονη μηχανή οι δύο χρόνοι αντιστοιχούν σε μία πλήρη στροφή του στροφάλου.



Σχ. 71.6α.

Σχηματική παράσταση των 2 χρόνων του δίχρονου κινητήρα.



Σχ. 71.6β.

Γραφική παράσταση των 2 χρόνων του δίχρονου κινητήρα σε μια στροφή (κύκλου) στροφάλου.

Στο σχήμα 71.6β παριστάνονται και οι δύο χρόνοι του δίχρονου κινητήρα επάνω σε ένα κύκλο. Στον κύκλο αυτό μπορούμε να παραστήσουμε με σημεία στις ανάλογες γωνίες στροφάλου τις διάφορες φάσεις λειτουργίας της μηχανής και να έχομε έτσι το λεγόμενο **κυκλικό διάγραμμα** της ρυθμίσεως της.

Οι κύκλοι λειτουργίας της μηχανής προφανώς επαναλαμβάνονται συνεχώς, όσο η μηχανή βρίσκεται σε κίνηση.

71.7 Τρόπος εναύσεως του καυσίμου. Βασική διάκριση των Μ.Ε.Κ.

Μεγάλη σημασία στη λειτουργία των Μ.Ε.Κ. έχει ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η **έναυση** ή **ανάφλεξη** και στη συνέχεια η **καύση** του καυσίμου, το οποίο είναι ή αέριο ή υγρό.

Ας σημειώσουμε ότι το υγρό καύσιμο ή αεριοποιείται και αναμιγνύεται με καθαρό αέρα, πριν εισέλθει στον κύλινδρο, ή εισάγεται σ' αυτόν υπό πίεση και διασκορπίζεται σε σταγονίδια.

Η έναυση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο πραγματοποιείται με τους εξής δύο βασικούς τρόπους:

α) **Με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μέσου**, όπως π.χ. ενός ηλεκτρικού σπινθήρα, ο οποίος δημιουργεί την πρώτη ανάφλεξη. Αυτή μεταδίδεται κατόπιν σε όλο το αεριούχο μίγμα, που βρίσκεται μέσα στο θάλαμο καύσεως, ώστε να πραγματοποιηθεί έτσι η τέλεια καύση του καυσίμου.

β) **Αυτόματα**, δηλαδή με αυτανάφλεξη του καυσίμου, χωρίς τη βοήθεια σπινθήρα. Αυτό γίνεται ως εξής: Το καύσιμο ψεκάζεται σε κύλινδρο γεμάτο με αέρα, ο οποίος έχει συμπιεσθεί

προηγουμένως και βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία, ικανή να προκαλέσει την αυτανάφλεξη του καυσίμου. Και στην περίπτωση αυτή η πρώτη έναυση του καυσίμου μεταδίδεται προσδευτικά σε όλη την ποσότητα του καυσίμου, μέχρι την τέλεια καύση αυτού.

Η ανάφλεξη με σπινθήρα εφαρμόζεται στα αέρια καύσιμα και τις βενζίνες, πραγματοποιείται πολύ γρήγορα, μοιάζει με έκρηξη και γι' αυτό χαρακτηρίζεται ως **έκρηξη**. Κατ' αυτήν η πλήρης καύση του καυσίμου πραγματοποιείται μέσα σε ελάχιστο χρόνο, ώστε θεωρητικά τουλάχιστον να έχει ολοκληρωθεί, προτού το έμβολο προφθάσει να μετακινηθεί, γι' αυτό χαρακτηρίζεται σαν μία αλλαγή καταστάσεως υπό **σταθερό όγκο**.

Η έναυση του καυσίμου με αυτανάφλεξη εφαρμόζεται στα υγρά καύσιμα των πετρελαιομηχανών ή μηχανών Diesel και πραγματοποιείται ομαλότερα και προσδευτικά, όσο χρόνο διαρκεί η έγχυση του καυσίμου, ενώ ταυτόχρονα το έμβολο μετακινείται, ώστε να μην είναι δυνατόν να αναπτυχθεί μεγάλη πίεση μέσα στον κύλινδρο. Αυτή χαρακτηρίζεται απλά ως **καύση** ή ως μία αλλαγή καταστάσεως υπό **σταθερή πίεση**.

Από τον τρόπο της αναφλέξεως και καύσεως του καυσίμου οι M.E.K. διακρίνονται σε: α) **Μηχανές έκρηξεως ή σταθερού όγκου**, όπως είναι οι **αεριομηχανές** και **βενζινομηχανές**, οι οποίες ονομάζονται και μηχανές Otto, επειδή λειτουργούν με βάση τον κύκλο του Otto, ή **κύκλο σταθερού όγκου** και β) **μηχανές καύσεως ή σταθερής πίεσεως**, όπως είναι οι πετρελαιομηχανές, οι οποίες ονομάζονται και μηχανές Diesel, επειδή λειτουργούν με βάση τον κύκλο του Diesel ή **κύκλο σταθερής πίεσεως**.

Ο Nikolaus August Otto κατασκεύασε την πρώτη M.E.K. της α' κατηγορίας για βιομηχανικούς σκοπούς το 1876 και ο Rudolf Diesel πέτυχε πρώτος την καύση πετρελαίου στις M.E.K. και έθεσε σε λειτουργία την πρώτη πετρελαιομηχανή το 1893.

Ας σημειώσουμε ότι σε βενζινομηχανές αεροπλάνων και τα τελευταία χρόνια σε βενζινομηχανές αυτοκινήτων ορισμένων κατασκευαστών, εφαρμόζεται και η μέθοδος της εγχύσεως της βενζίνης από εγχυτήρα με δύο τρόπους: α) Σε συνδυασμό εξαεριωτή και εγχυτήρα, οπότε η βενζίνη εγχέεται στον οχετό εισαγωγής του κυλίνδρου από τον **εγχυτήρα με χαρηλή πίεση** (την οποία παρέχει η αντλία βενζίνης), αναμιγνύεται με τον αέρα και ως μίγμα πια εισέρχεται στον κύλινδρο και β) χωρίς εξαεριωτή, δηλαδή με **μηχανική έγχυση** μόνο, οπότε η βενζίνη

εγχέεται από τον εγχυτήρα με **υψηλή πίεση** (την οποία δημιουργεί η αντλία μηχανικής εγχύσεως) πριν ή μετά τη βαλβίδα αναρροφήσεως του κυλίνδρου (δηλαδή ή στον οχετό εισαγωγής ή κατ' ευθείαν μέσα στον κύλινδρο) και αναμιγνύεται με τον αέρα, για να σχηματίσει με αυτόν το καύσιμο ύγμα. Και στις περιπτώσεις αυτές όμως η ανάφλεξη του μίγματος γίνεται πάλι με τη βοήθεια του σπινθήρα, τον οποίο δίνει την κατάλληλη στιγμή ο σπινθηριστής.

Επίσης πρέπει να τονίσουμε ότι στις σύγχρονες μηχανές Diesel, οι οποίες είναι και ταχύστροφες, η καύση πραγματοποιείται πολύ γρήγορα, ώστε να μοιάζει αισθητά με την έκρηξη. Γι' αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται ειδικότερα και ως **πετρελαιομηχανές μικτού κύκλου** Otto - Diesel.

Τέλος οι λεγόμενες μηχανές Semi - Diesel εργάζονται επίσης ως μηχανές **εκρήξεως - καύσεως** κατά το μικτό κύκλο Otto - Diesel, αλλά όμως υπό χαμηλή συμπίεση αέρα. Η ανάφλεξη του καυσίμου σ' αυτές πραγματοποιείται με ιδιαίτερο εξωτερικό εξάρτημα, που ονομάζεται **πυροκεφαλή ή πυρόσφαιρα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 72

Η ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ

72.1 Η κατάταξη των Μ.Ε.Κ.

Οι εμβολοφόροι μηχανές εσωτερικής καύσεως κατατάσσονται σύμφωνα με τα διάφορα χαρακτηριστικά τους ως εξής:

α) Ανάλογα με τον **τρόπο εναύσεως** του καυσίμου τους, ο οποίος είναι συναφής και με τον τρόπο σχηματισμού του μίγματος αέρα - καυσίμου και τη διαμόρφωση όλου του θερμικού κύκλου της μηχανής, διακρίνονται σε:

- Μηχανές **εκρίζεως** (βενζινομηχανές - αεριομηχανές) ή μηχανές Otto.
- Μηχανές **καύσεως** (πετρελαιομηχανές) ή μηχανές Diesel.
- Μηχανές **μικτού κύκλου** Otto - Diesel.

β) Ανάλογα με τον αριθμό των **απλών διαδρομών** του εμβόλου, που πραγματοποιούνται μεταξύ δύο διαδοχικών αναφλέξεων μέσα στον ίδιο κύλινδρο, δηλαδή κατά τη διάρκεια ενός πλήρους θερμικού κύκλου της μηχανής, διακρίνονται σε:

- **Τετράχρονες.**
- **Δίχρονες.**

γ) Ανάλογα με το χώρο, μέσα στον οποίο γίνεται η καύση σε σχέση με τις δύο όψεις του εμβόλου, δηλαδή εάν αυτή πραγματοποιείται στη μια μόνο όψη του ή και στις δύο, χαρακτηρίζονται ως:

Απλής ενέργειας.
Διπλής ενέργειας (οι οποίες σήμερα πια έχουν σχεδόν καταργηθεί).

δ) Ανάλογα με την ταχύτητα **περιστροφής** τους διακρίνονται σε:

- **Ολιγόστροφες** ή βραδύστροφες ή χαμηλής ταχύτητας.
- **Μέσου αριθμού στροφών** ή μέσης ταχύτητας.
- **Πολύστροφες** ή ταχύστροφες ή υψηλής ταχύτητας.
- **Πολύ ταχύστροφες** ή πολύ υψηλής ταχύτητας.

Αυτός ο χαρακτηρισμός των Μ.Ε.Κ. γίνεται με βάση την **ειδική ταχύτητα περιστροφής** της μηχανής, που υπολογίζεται με αρκετή προσέγγιση από τον αριθμό στροφών της μηχανής και της διαδρομής του εμβόλου από τον πιο κάτω τύπο:

$$n_s = \frac{n^2 \cdot S}{15.000}$$

όπου η ο αριθμός στροφών της μηχανής ανά λεπτό και S η διαδρομή του εμβόλου σε μέτρα.

Ανάλογα με την τιμή, την οποία παίρνει η ειδική ταχύτητα περιστροφής, μία μηχανή κατατάσσεται ως εξής:

Για τιμή του n_s μεταξύ 1-3 ως ολιγόστροφη.

Για τιμή του n_s μεταξύ 3-9 ως μέσου αριθμού στροφών.

Για τιμή του n_s μεταξύ 9-27 ως πολύστροφη.

Για τιμή του n_s μεταξύ 27-81 ως πολύ ταχύστροφη.

'Ετσι, εάν μία μηχανή έχει $n=600$ και $S=0,6$ θα είναι:

$$n_s = \frac{600^2 \times 0,6}{15.000} = 14,4,$$

άρα αυτή χαρακτηρίζεται ως μηχανή μέσης ταχύτητας.
ε) Ανάλογα με τον **αριθμό των κυλίνδρων** τους σε:

- **Μονοκύλινδρες.**

- **Πολυκύλινδρες.**

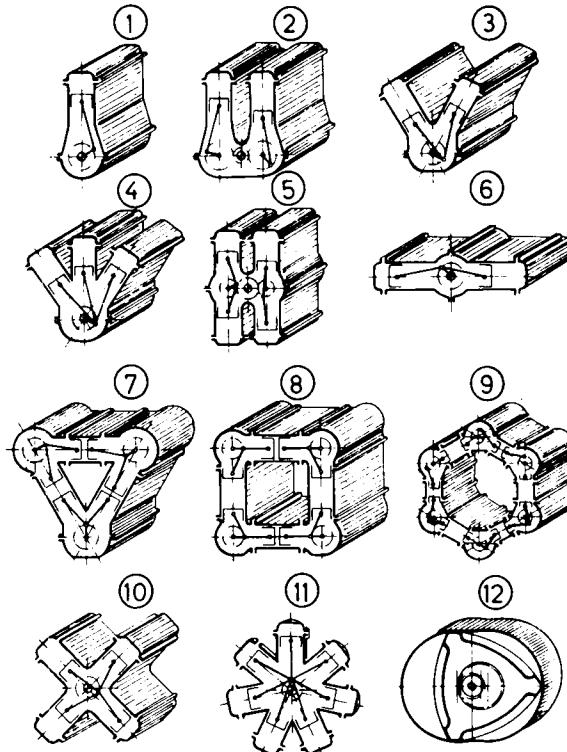
στ) Ανάλογα με τη **διάταξη των κυλίνδρων** τους σε:

- **Κατακόρυφες**, δηλαδή με άξονες κυλίνδρων κατακόρυφους.
- **Οριζόντιες**, με άξονες οριζόντιους.
- Τύπου «V» ή «W», με άξονες κυλίνδρων σχηματίζοντας τα γράμματα «V» ή «W».
- **Σταυροειδείς**, με άξονες κυλίνδρων που τέμνονται νοητά κατά σταυροειδή έννοια μεταξύ τους.
- **Αστεροειδείς**, με κυλίνδρους τοποθετημένους περιφερειακά και τους άξονές τους ακτινικά.
- Τύπου **πολυγωνικού**, με άξονες κυλίνδρων σχηματίζοντας τρίγωνο, τετράγωνο ή εξάγωνο (όπως π.χ. οι μηχανές τύπου Deltic Napier).
- **Διπλών εμβόλων**, δηλαδή με αντίθετα κινούμενα έμβολα μέσα στον ίδιο κύλινδρο (όπως οι τύπου Junker's - Doxford κ.λπ.).

- **Περιστρεφόμενων εμβόλων**, δηλαδή με έμβολα λοβοειδή που εκτελούν περιστροφική κίνηση αντί παλινδρομική κίνηση (όπως ο κινητήρας τύπου Wankel).

Στο σχήμα 72.1 εικονίζονται οι περισσότεροι από τους τύπους, οι οποίοι και χρησιμοποιούνται πάρα πολύ.

- ζ) Ανάλογα με τον τρόπο **ψύξεως** των κυλίνδρων τους σε:
- **Αερόψυκτες**, οι οποίες ψύχονται αυτόμata από τον αέρα κατά την κίνησή τους.
 - **Υδρόψυκτες**, οι οποίες ψύχονται με κυκλοφορία νερού ψύξεως στο σώμα τους.



Σχ. 72.1.

1) Κατακόρυφη μηχανή. 2) Δίδυμη κατακόρυφη. 3) Με κυλίνδρους «V». 4) Με κυλίνδρους «W». 5) Δίδυμη κατακόρυφη με διπλά έμβολα. 6) Οριζόντια με διπλά έμβολα. 7) Μηχανή τύπου «Δ». 8) Με τετραγωνική περιμετρική διάταξη κυλίνδρων και αντίθετα κινούμενα έμβολα. 9) Με εξαγωγική περιμετρική διάταξη κυλίνδρων και αντίθετα κινούμενα έμβολα. 10) Αστεροειδής τετράκτινη. 11) Αστεροειδής εξάκτινη. 12) Περιστρεφόμενων εμβόλων τύπου Wankel.

η) Ανάλογα με τον τρόπο συνδέσεως του εμβόλου τους με το διωστήρα σε:

- Μηχανές χωρίς **βάκτρο και ζύγωμα.**
- Μηχανές με **βάκτρο και ζύγωμα.**

θ) Ανάλογα με τον τρόπο εισαγωγής και του βάρους του καυσιγόνου αέρα, που εισάγεται στον κύλινδρο, διαιρούνται σε:
α) μηχανές **χωρίς υπερτροφοδότηση** και β) μηχανές **με υπερτροφοδότηση.**

Σε μηχανές χωρίς υπερτροφοδότηση ο αέρας εισέρχεται ḡ μέσω του κενού, που δημιουργεί το έμβολο κατά τη φάση της αναρροφήσεως, στους τετράχρονους κινητήρες, ḡ με τη βοήθεια της αντλίας σαρώσεως, στους δίχρονους. Και στις δύο περιπτώσεις η πίεση στην αρχή της συμπιεσεως είναι περίπου η ατμοσφαιρική, το δε βάρος του αέρα προκαθορισμένο από αυτήν και από τον όγκο του κυλίνδρου. 'Ετσι η ποσότητα του καυσίμου, που μπορεί να καεί μέσα στον κύλινδρο, είναι επίσης ορισμένη και επομένως και η ιπποδύναμη της μηχανής.

Αντίθετα σε μηχανές με υπερτροφοδότηση ο αέρας εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο με πίεση ουσιαστικά μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική ($1,7 \text{ kg/cm}^2$ περίπου), με τη βοήθεια της αντλίας υπερτροφοδοτήσεως. 'Ετσι το βάρος του εισαγόμενου αέρα στον κύλινδρο είναι ανάλογα μεγαλύτερο, η ποσότητα του καυσίμου, η οποία μπορεί να καεί μέσα στον κύλινδρο, μεγαλύτερη επομένως και η ιπποδύναμη της μηχανής αισθητά αυξημένη σε σύγκριση με την ιπποδύναμη της μηχανής χωρίς υπερτροφοδότηση.

Αυτό, όπως καταλαβαίνομε, αποτελεί ένα σοβαρό πλεονέκτημα των μηχανών με υπερτροφοδότηση, δεδομένου ότι υποβιβάζει το κόστος της αρχικής εγκαταστάσεως της μηχανής, καθώς επίσης και το συνολικό βάρος της, πράγμα το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία για τις μηχανές πλοίων, αεροπλάνων κ.λπ.

ι) Ανάλογα με τον τρόπο εγκαταστάσεώς τους σε:

- Μηχανές **μόνιμες** ή **σταθερές**, όπως οι μηχανές των βιομηχανικών εγκαταστάσεων ξηράς, οι οποίες είναι μόνιμα εγκατεστημένες μέσα σ' αυτές.
- Μηχανές **κινητές**, οι οποίες μετακινούνται μαζί με το συγκρότημα, το οποίο κινούν, και στο οποίο είναι εγκατεστημένες, όπως π.χ. οι μηχανές πλοίων, αεροπλάνων, σιδηροδρόμων, αυτοκινήτων, οδοστρωτήρων κ.λπ.
- Μηχανές **φορητές**, οι οποίες είναι εγκατεστημένες επάνω σε φορείο που μπορεί να μετακινείται με τη βοήθεια τρο-

χών ή και των χεριών ακόμη, εάν είναι ανάγκη, όπως π.χ. οι μηχανές των φορητών αντλιών απαντλήσεως νερού, των φορητών αντλιών καταθλίψεως, των φορητών αεροσυμπιεστών.

ια) Επίσης τις μηχανές εκρήξεως Otto, ανάλογα με τη μέθοδο εισαγωγής της βενζίνης στον κύλινδρο και σχηματισμού του αεριούχου μίγματος, τις διακρίνομε σε:

- **Μηχανές με εξαεριωτή ή αναμίκτη** (καρμπυρατέρ). Σ' αυτές η βενζίνη αναρροφάται με τη δύναμη του ρεύματος του αέρα που εισέρχεται στον κύλινδρο και διέρχεται από το διαχυτήρα (ζικλέρ) του αναμίκτη. Μέσα σ' αυτόν προπαρασκευάζεται το αεριούχο μίγμα αέρα - βενζίνης, το οποίο, αφού μπει στον κύλινδρο, συμπιέζεται από το έμβολο, και αναφλέγεται με τη βοήθεια του ηλεκτρικού σπινθήρα. Οι μηχανές αυτού του είδους είναι οι συνηθισμένες βενζινομηχανές όλων σχεδόν των τύπων και χρησιμοποιούνται περισσότερο απ' όλες.
- **Μηχανές μὲ αντλία βενζίνης, αναμίκτη και εγχυτήρα.** Σ' αυτές η βενζίνη καταθλίβεται με χαμηλή πίεση από την αντλία βενζίνης μέσω του εγχυτήρα στον οχετό αναρροφήσεως του κυλίνδρου και αναμιγνύεται με τον αέρα, ο οποίος διέρχεται από τον εξαεριωτή. Έτσι σχηματίζεται το αεριούχο μίγμα, το οποίο στη συνέχεια εισάγεται στον κύλινδρο, όπου συμπιέζεται και αναφλέγεται με τη βοήθεια του σπινθήρα.
- **Μηχανές με αντλία μηχανικής εγχύσεως και εγχυτήρα.** Σ' αυτές δεν χρησιμοποιείται αναμίκτης, αλλά η βενζίνη καταθλίβεται τη δεδομένη στιγμή με υψηλή πίεση από αντλία μηχανικής εγχύσεως και με τη βοήθεια ενός εγχυτήρα (μπεκ) μέσα στον οχετό εισαγωγής του αέρα και μπροστά από τη βαλβίδα αναρροφήσεως ή μέσα στον κύλινδρο. Και στις δύο περιπτώσεις διασκορπίζεται από τον εγχυτήρα στον αέρα και σχηματίζεται το αεριούχο μίγμα, το οποίο στη συνέχεια συμπιέζεται και αναφλέγεται με τη βοήθεια του ηλεκτρικού σπινθήρα.

ιβ) Επίσης τις μηχανές καύσεως Diesel ανάλογα με τον τρόπο, με τον οποίο εισάγεται και αναφλέγεται το καύσιμο στο χώρο καύσεως του κυλίνδρου, τις χαρακτηρίζομε ως:

- **Μηχανές *Semí - Diesel*.** Σ' αυτές η αρχική ανάφλεξη του πετρελαίου δεν γίνεται αυτόματα, αλλά εξασφαλίζεται χάρη στην υψηλή θερμοκρασία, που αποκτά κατά τη

λειτουργία της μηχανής ένα μεταλλικό μέρος του χώρου καύσεως, το ονομαζόμενο **πυρόσφαιρα** ή **πυροκεφαλή**. Κατά την αρχική εκκίνηση η πυρόσφαιρα προθερμαίνεται, ώστε να αποκτήσει υψηλή θερμοκρασία και να συντελέσει στην ανάφλεξη του καυσίμου. Η πυρόσφαιρα δεν ψύχεται και αυτό γίνεται σκόπιμα, ώστε κατά τη λειτουργία της μηχανής να υποβοιθά στην ανάφλεξη και καύση του πετρελαίου, επειδή η συμπίεση του αέρα στις μηχανές αυτές δεν είναι πολύ υψηλή και επομένως η θερμοκρασία του δεν επαρκεί για την αυτανάφλεξη του καυσίμου.

- **Μηχανές Diesel.** Σ' αυτές η εισαγωγή του πετρελαίου στον κύλινδρο γίνεται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος λέγεται αέρας **εμφυσήσεως** και ο οποίος διασκορπίζει το πετρέλαιο σε λεπτότατα σταγονίδια. Το πετρέλαιο που εισέρχεται με αυτόν τον τρόπο στο χώρο της καύσεως συναντάει περιβάλλον υψηλής θερμοκρασίας λόγω της συμπίεσεως του αέρα του κυλίνδρου και αυταναφλέγεται. Οι μηχανές αυτού του τύπου έχουν σχεδόν καταργηθεί.
- **Μηχανές Super - Diesel.** Σ' αυτές το πετρέλαιο εισάγεται στον κύλινδρο με πολύ υψηλή πίεση και ψεκάζεται σε λεπτότατα σταγονίδια χωρίς τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, αλλά με τη βοήθεια υψηλής πίεσεως, που δημιουργεί η αντλία **μηχανικής εγχύσεως**. Στο χώρο της καύσεως έρχεται σε επαφή με τον αέρα, ο οποίος λόγω της συμπίεσεως του έχει αποκτήσει υψηλή θερμοκρασία και αυταναφλέγεται.

Οι μηχανές Super - Diesel κατασκευάζονται σε μεγάλη κλίμακα. Επειδή οι μηχανές Semi - Diesel χρησιμοποιούνται σπάνια, οι δε Diesel έχουν σχεδόν καταργηθεί, όταν χρησιμοποιούμε τον όρο μηχανή Diesel εννοούμε πια αποκλειστικά τις μηχανές με **μηχανική έγχυση του καυσίμου**.

72.2 Οι χρήσεις των Μ.Ε.Κ.

Οι Μ.Ε.Κ. ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται πάρα πολύ για την κίνηση **ηλεκτρογενητριών, πλοίων, αυτοκινήτων, σπρωκτώμαν, αεροπλάνων, αντλιών αεροσυμπιεστών** κ.λπ.

Οι Μ.Ε.Κ. έχουν πολλούς τύπους. Υπάρχουν π.χ. μονοκύλινδρες με ισχύ μικρότερη από έναν ίππο, αλλά και πολυκύλινδρες

με ισχύ πολλών χιλιάδων ίππων (μέχρι 30.000 PS).

Σήμερα κατασκευάζονται μεγάλες δίχρονες μηχανές Ντήζελ απλής ενέργειας για πρωστήριες εγκαταστάσεις πλοίων με ισχύ 2.500 PS ανά κύλινδρο.

72.3 Σύγκριση των Μ.Ε.Κ. με τις ατμομηχανές.

Οι Μ.Ε.Κ. στην κατασκευή και τη λειτουργία τους, αλλά και στα χαρακτηριστικά τους, μοιάζουν πολύ με τις παλινδρομικές ατμομηχανές, παρουσιάζουν όμως και ουσιώδεις διαφορές.

'Ετσι π.χ. ο μηχανισμός κινήσεως, δηλαδή το σύστημα «κύλινδρος - έμβολο - ζύγωμα - διωστήρας - στρόφαλος - άξονας» είναι σε γενικές γραμμές όμοιο, με τη διαφορά ότι οι μεν ατμομηχανές είναι πάντοτε διπλής ενέργειας και συνεπώς είναι μηχανές με ζύγωμα, ενώ οι Μ.Ε.Κ. σχεδόν πάντοτε είναι απλής ενέργειας και γι' αυτό άλλοτε μεν είναι με ζύγωμα, άλλοτε δε χωρίς ζύγωμα.

'Ετσι μηχανές δίχρονες Diesel μεγάλων διαστάσεων με διάμετρο κυλίνδρου πάνω από 500 mm κατασκευάζονται με ζύγωμα, ενώ μηχανές μικροτέρων διαστάσεων κατασκευάζονται χωρίς ζύγωμα με απ' ευθείας σύνδεση του εμβόλου με το διωστήρα.

Παλαιότερα οι μεγάλες μηχανές Diesel κατασκευάζονταν διπλής ενέργειας, ενώ σήμερα έχουν σχεδόν καταργηθεί.

Οι Μ.Ε.Κ. κατασκευάζονται όπως και οι ατμομηχανές μονοκύλινδρες ή πολυκύλινδρες. 'Όμως κάθε κύλινδρος μιας Μ.Ε.Κ. είναι εντελώς όμοιος στις διαστάσεις και τα άλλα του χαρακτηριστικά με τους άλλους κυλίνδρους αυτής, γιατί σ' αυτές δεν γίνεται διαδοχική εκτόνωση. Στις ατμομηχανές οι κύλινδροι κατά κανόνα έχουν διαφορετικές διαστάσεις, λόγω της πολλαπλής διαδοχικής εκτονώσεως του ατμού, μέσα σ' αυτές.

Άλλα είναι προφανές ότι και στις πολυκύλινδρες Μ.Ε.Κ., όπως και στις πολυκύλινδρες ατμομηχανές, υπάρχει πάντοτε ένας κοινός άξονας με πολλούς στροφάλους, στους οποίους αρθρώνονται οι διωστήρες των διαφόρων κυλίνδρων. Οι στρόφαλοι αυτοί και στην περίπτωση των Μ.Ε.Κ. τοποθετούνται με διάφορες γωνίες μεταξύ τους, ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων της μηχανής.

Η λειτουργία κάθε κυλίνδρου σε μία Μ.Ε.Κ. είναι εντελώς ανεξάρτητη από τη λειτουργία των άλλων, το έργο δε όλων των κυλίνδρων συγκεντρώνεται τελικά στον κοινό άξονα της

μηχανής. Από αυτό συμπεραίνομε ότι κατ' αρχήν και χωρίς σοβαρή ανωμαλία είναι δυνατόν μία Μ.Ε.Κ. να εργάζεται με ένα ή και δύο κυλίνδρους λιγότερο, οι οποίοι και απομονώνονται εύκολα. Αυτό όμως για να γίνει στην πολυκύλινδρη ατμομηχανή, όπου ο ατμός από τον ένα κύλινδρο μεταβαίνει για να εργασθεί στον επόμενο, απαιτεί ειδικούς χειρισμούς και πολύ χρόνο.

Η βασική τέλος διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών μηχανών είναι ότι στις μεν ατμομηχανές η καύση του καυσίμου και η παραγωγή ατμού γίνεται στο λέβητα, η δε παραγωγή του έργου γίνεται μέσα στους κυλίνδρους, ενώ στις Μ.Ε.Κ. μέσα στους κυλίνδρους γίνονται και τα δύο. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε η Μ.Ε.Κ. έχει καλύτερο βαθμό αποδόσεως από την ατμομηχανή, δηλαδή είναι περισσότερο οικονομική μηχανή.

72.4 Βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία για τη μελέτη της λειτουργίας των διαφόρων Μ.Ε.Κ.

Τα απαραίτητα στοιχεία, που υποδεικνύουν τη σειρά μελέτης των Μ.Ε.Κ., είναι βασικά ο **θερμικός κύκλος** τους, το **είδος του καυσίμου** και οι **χρόνοι της μηχανής**. Κυρίως πρέπει να γνωρίζομε ότι:

α) Στις βενζινομηχανές, που ακολουθούν τον κύκλο του Otto, το αεριούχο μίγμα από βενζίνη και αέρα σε αναλογία περίπου 1:15 συμπιέζεται από το έμβολο σε 7-12 kg/cm², και σε μία στιγμή περί το A.N.S. δίνεται μέσα στον κύλινδρο ο ηλεκτρικός σπινθήρας. Πραγματοποιείται τότε η ανάφλεξη του μίγματος, η καύση του καυσίμου και η παραγωγή των καυσαερίων με υψηλή πίεση και θερμοκρασία, τα οποία και ωθούν το έμβολο αποδίδοντας έτσι το κινητήριο έργο τους. Η βασική αυτή λειτουργία αφορά και τις αεριομηχανές.

β) Στις πετρελαιομηχανές εξ άλλου, οι οποίες ακολουθούν τον κύκλο του Diesel, η εισαγωγή του πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο γίνεται από τον εγχυτήρα (μπεκ), ο οποίος το διασκορπίζει στο χώρο της καύσεως του κυλίνδρου, τη στιγμή κατά την οποία ο ατμοσφαιρικός αέρας, βρισκόμενος στον κύλινδρο, έχει συμπιεσθεί από το έμβολο σε 35 και πλέον ατμόσφαιρες και έχει έτσι αποκτήσει θερμοκρασία 550°-600° C.

'Όταν το πετρέλαιο βρεθεί σ' αυτή τη θερμοκρασία, αυταναφλέγεται με αποτέλεσμα την προοδευτική καύση του. Από αυτήν παράγονται τα καυσαέρια κάτω από την ίδια περίπου

πίεση των 35 At, αλλά με πολύ υψηλή θερμοκρασία, τα οποία στη συνέχεια αποδίδουν το έργο τους στο έμβολο.

γ) Στις μηχανές μικτού κυκλώματος Otto - Diesel, η καύση του πετρελαίου γίνεται πιο γρήγορα από ό,τι στις μηχανές Diesel. Έτσι κατά ένα μέρος μοιάζει με έκρηξη, η οποία έχει σαν συνέπεια την ύψωση της πιέσεως στο θάλαμο καύσεως μέχρι και 70 At. Κατά το υπόλοιπο μέρος μοιάζει με τη συνηθισμένη καύση των πετρελαιομηχανών. Για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά η λειτουργία είναι όπως και στις δύο προηγούμενες.

δ) Στις μηχανές Semi - Diesel η ανάφλεξη του πετρελαίου πραγματοποιείται με τη βοήθεια της θερμής πυροκεφαλής (παράγρ. 71.7), γιατί αυτές οι μηχανές αναρροφούν καθαρό αέρα και τον συμπιέζουν σε χαμηλή πίεση περίπου 18-20 At, η οποία δεν δημιουργεί θερμοκρασία ικανή να προκαλέσει την αυτανάφλεξη του πετρελαίου. Η υπόλοιπη λειτουργία τους είναι όμοια με τη λειτουργία των προηγουμένων τύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 73

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΒΕΝΖΙΝΟΜΗΧΑΝΩΝ

73.1 Περιγραφή της μονοκύλινδρης βενζινομηχανής.

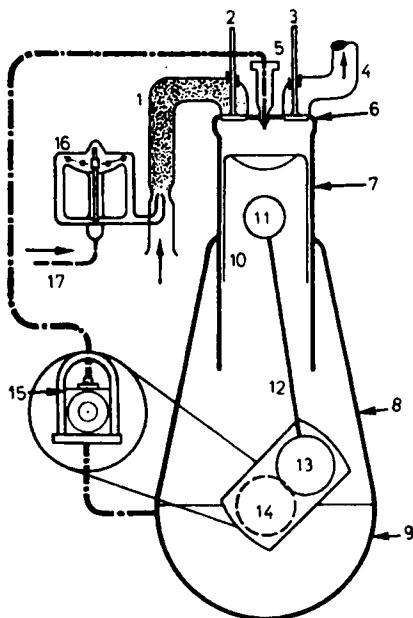
Η πιο απλή μορφή βενζινομηχανής αποτελείται από κύλινδρο απλής ενέργειας ανοικτό προς το κάτω μέρος του, μέσω του οποίου και συγκοινωνεί με το λεγόμενο **στροφαλοθάλαμο** (κάρτερ) του κινητήρα.

Το σχήμα 73.1α παριστάνει τετράχρονη βενζινομηχανή.

Μέσα στον κύλινδρο της (7) παλινδρομεί το έμβολο (10) από το A.N.S. προς το K.N.S. και αντίστροφα.

Το έμβολο συνδέεται μέσω πείρου (11) με το διωστήρα (12), ο οποίος συνδέεται με το στρόφαλο (13) και έτσι η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα (14), από τον οποίο και παραλαμβάνομε το κινητήριο έργο.

Στις γενικές γραμμές μία τετράχρονη και μία δίχρονη μηχανή δεν διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους παρά μόνο ως προς τον αριθμό των χρόνων, τη διάταξη και τα όργανα εισαγωγής του μίγματος αέρα - καυσίμου και εξαγωγής των καυσαερίων. Στην τετράχρονη μηχανή η εισαγωγή του μίγματος μέσα στον κύλινδρο και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται μέσω βαλβίδων, οι οποίες υπάρχουν στο πώμα της μηχανής και ελέγχουν τη συγκοινωνία του θαλάμου καύσεως του κυλίνδρου με τον οχετό εισαγωγής και τον οχετό εξαγωγής αντίστοιχα. Στη δίχρονη μηχανή η εισαγωγή και η εξαγωγή πραγματοποιούνται από πλευρικές θυρίδες, που υπάρχουν στο σώμα του κυλίνδρου. Συγκεκριμένα στην περίπτωση των διχρόνων μηχανών το μίγμα αέρα καυσίμου εισέρχεται μέσα από οχετό εφοδιασμένο με ανεπίστροφη βαλβίδα (κλαπέ) πρώτα στο στροφαλοθάλαμο της μηχανής, ο οποίος σχηματίζεται από το σκελετό και τη βάση της μηχανής. Από εκεί, μέσα από ένα πλευρικό οχετό, τον **οχετό σαρώσεως ή αποπλύσεως**, εισέρχεται στον κύλινδρο, που



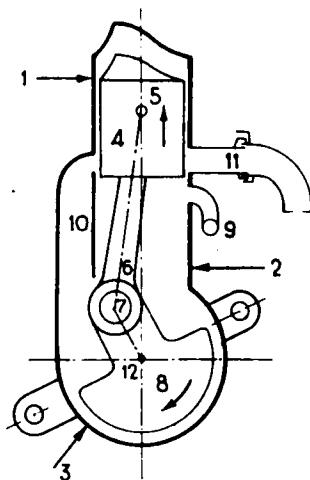
Σχ. 73.1α.

- 1) Ο σωλήνας εισαγωγής του μίγματος αέρα - καυσίμου. 2) Η βαλβίδα εισαγωγής. 3) Η βαλβίδα εξαγωγής. 4) Ο σωλήνας απαγωγής ή εξαγωγής των καυσαερίων. 5) Ο σπινθηριστής (μπουζί). 6) Το πώμα της μηχανής. 7) Ο κύλινδρος. 8) Ο σκελετός της μηχανής. 9) Η βάση της μηχανής, η οποία χρησιμεύει και ως ελαιολεκάνη. 10) Το έμβολο. 11) Ο πείρος του εμβόλου. 12) Ο διωστήρας. 13) Ο στρόφαλος. 14) Ο στροφαλοφόρος άξονας. 15) Η μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό). 16) Ο αναμίκτης ή εξαεριωτής (καρμπυρατέρ). 17) Ο σωλήνας ταροχής της βενζίνης προς τον αναμίκτη.

διέρχεται από τις πλευρικές του **θυρίδες εισαγωγής**. Τα καυσαέρια πάλι εξέρχονται από τις πλευρικές **θυρίδες εξαγωγής** και καταλήγουν στον οχετό, ο οποίος οδηγεί προς την ατμόσφαιρα. Μια δίχρονη βενζινομηχανή εικονίζεται στο σχήμα 73.1β.

Η βενζινομηχανή, για να λειτουργήσει ικανοποιητικά, έχει ανάγκη από ορισμένα βοηθητικά εξαρτήματα, μηχανήματα και συσκευές, που είναι οι εξής:

α) Ο **εκκεντροφόρος** ή **κνωδακοφόρος άξονας**, ο οποίος κινείται μέσω οδοντωτών τροχών από το στροφαλοφόρο άξονα. Επάνω σ' αυτὸν βρίσκονται τα **έκκεντρα** ή **κνώδακες**, οι οποίοι με την περιστροφή του περιστρέφονται και αυτοὶ,



Σχ. 73.1β.

1) Ο κύλινδρος με το πώμα. 2) Ο σκέλετός. 3) Η βάση και η ελαιολεκάνη. 4) Το έμβολο. 5) Ο πείρος του εμβόλου. 6) Ο διωστήρας. 7) Ο στρόφαλος. 8) Τα αντίβαρα του στροφάλου. 9) Ο οχετός εισαγωγής του μίγματος μέσα στο στροφαλοθάλαμο. 10) Ο οχετός σαρώσεως ή αποπλύσεως. 11) Ο οχετός εξαγωγής των καυσαερίων. 12) Ο στροφαλοφόρος άξονας.

ανυψώνουν τα **ωστήρια** των βαλβίδων και τις αναγκάζουν να ανοίξουν την καθορισμένη στιγμή.

β) Ο **αναμίκτης ή καρμπυρατέρ** και όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα, όπως **φίλτρο αέρα, σωλήνες βενζίνης** κ.λπ., που συνδέονται με αυτόν. Ο αναμίκτης προπαρασκευάζει το μίγμα αέρα - καυσίμου σε σωστή αναλογία, πριν αυτό εισέλθει στον κύλινδρο.

γ) Το **σύστημα αναφλέξεως**, δηλαδή όλα εκείνα τα εξαρτήματα, που χρησιμεύουν για να δίνουν την κατάλληλη στιγμή το **σπνθήρα** στο **σπνθηριστή** για την ανάφλεξη του μίγματος. Αυτά είναι το **μανιαστό** ή οι **ηλεκτρικοί συσσωρευτές**, ο **παλαιπλαστιστής**, ο **διανομέας**, ο **σπνθηριστής**, τα διάφορα **ηλεκτρικά καλώδια**, τα διάφορα **όργανα ενδείξεως** κ.λπ.

δ) Η **δεξαμενή βενζίνης**.

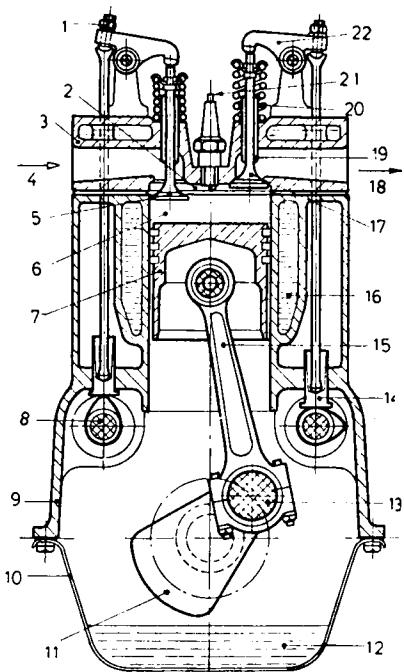
ε) Η **αντλία παροχής βενζίνης**, η οποία μεταφέρει τη βενζίνη στον αναμίκτη.

στ) Η **αντλία λιπαντικού**, η οποία καταθλίβει λιπαντικό λάδι στους τριβείς εδράνων και τις άλλες αρθρώσεις της μηχανής για τη λίπανσή τους.

ζ) Το **ψυγείο** ή τα ψυγεία της μηχανής για την ψύξη του λαδιού λιπάνσεως και του νερού ψύξεως αυτής.

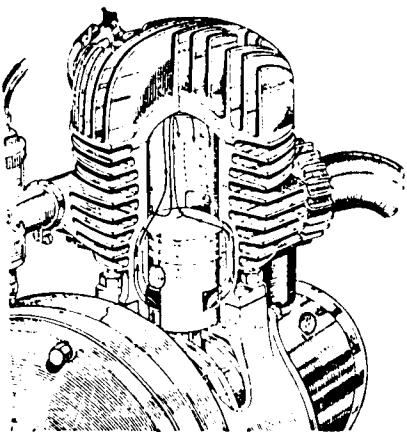
η) Η **αντλία κυκλοφορίας** του νερού ψύξεως της μηχανής.

Το σχήμα 73.1γ παρέχει γενική εικόνα μιας τετράχρονης βενζινομηχανής, όπου διακρίνονται τα περισσότερα από τα μέρη και τα εξαρτήματα, που αναφέραμε προηγουμένως.



Σχ. 73.1γ.

- 1) Ο ρυθμιστικός κοχλίας ελευθεριών των βαλβίδων. 2) Ο θάλαμος καύσεως. 3) Το πώμα της μηχανής. 4) Η εισαγωγή του μίγματος από τον εξαεριωτή στον κύλινδρο. 5) Η βαλβίδα εισαγωγής. 6) Ο κύλινδρος. 7) Το έμβολο με τα ελατήριά του. 8) Ο εκκεντροφόρος άξονας για την κίνηση των βαλβίδων. 9) Η βάση της μηχανής. 10) Η ελαιολεκάνη. 11) Το αντίβαρο του στροφάλου. 12) Το λάδι λιπάνσεως. 13) Ο στροφαλοφόρος άξονας. 14) Το ωστήριο της βαλβίδας. 15) Ο διωστήρας. 16) Το νερό ψύξεως σε κυκλοφορία γύρω από τον κύλινδρο. 17) Η βαλβίδα εξαγωγής. 18) Η εξαγωγή των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα. 19) Ο οδηγός της βαλβίδας. 20) Το ελατήριο επαναφοράς της βαλβίδας. 21) Ο σπινθηρίστης. 22) Ο αγκωνωτός μοχλός κινήσεως της βαλβίδας.



Σχ. 73.1δ.

Το σχήμα 73.1δ παριστάνει μονοκύλινδρη δίχρονη βενζινομηχανή από αυτές που χρησιμοποιούνται πολύ για την κίνηση μοτοσυκλετών.

Διακρίνομε σ' αυτό τον πτερυγωτό αερόψυκτο κύλινδρο και το έμβολό του, τις θυρίδες εισαγωγής του μίγματος και την πορεία του μέσα στον κύλινδρο. Επίσης τη θυρίδα εξαγωγής των καυσαερίων, που οδηγεί προς τον οχετό εξαγωγής. Επάνω στον κύλινδρο τέλος διακρίνεται ο σπινθηριστής για την ανάφλεξη του μίγματος.

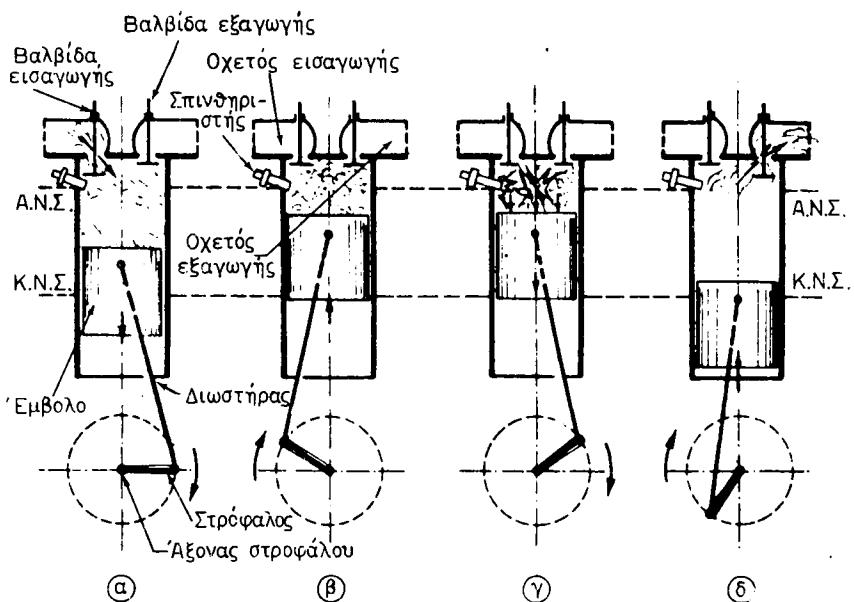
73.2 Η Θεωρητική Λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής.

Για να γίνει αντιληπτή η λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής, θα μελετήσομε τι ακριβώς συμβαίνει μέσα στον κύλινδρό της σε ένα έκαστο από τους 4 χρόνους ή διαδρομές του εμβόλου της.

Παράλληλα θα μελετήσομε την κίνηση του εμβόλου και του στροφάλου της με τη βοήθεια του σχήματος 73.2.

Πρώτος χρόνος - Αναρρόφηση ή εισαγωγή.

Στη θέση (a) του σχήματος η βαλβίδα εισαγωγής του μίγματος είναι ανοικτή, η δε βαλβίδα των καυσαερίων κλειστή. Το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. και, όπως και σε μία αντλία, δημιουργεί μέσα στον κύλινδρο κενό, εξ αιτίας



Σχ. 73.2.

του οποίου το μίγμα αέρα καισίμου εισέρχεται στο χώρο του κυλίνδρου και καταλαμβάνει το δημιουργούμενο όγκο. Ήτσι πραγματοποιείται η φάση της αναρροφήσεως ή εισαγωγής υπό θερμοκρασία 15° - 20° C περίπου και πίεση περίπου ατμοσφαιρική.

Δεύτερος χρόνος - Συμπίεση.

Στη θέση (β) του σχήματος το έμβολο ανέρχεται από το K.N.S. προς το A.N.S. και οι δύο βαλβίδες είναι κλειστές. Κατά την άνοδό του αυτή το έμβολο συμπιέζει το μίγμα καισίμου αέρα και πραγματοποιεί έτσι τη φάση της συμπίεσεως. Κατά το τέλος αυτής, δηλαδή όταν το έμβολο έχει φθάσει περίπου στο A.N.S., το μίγμα θα έχει αποκτήσει πίεση 8-15 ατμοσφαιρών, ανάλογα με τον τύπο της μηχανής.

Τρίτος χρόνος - Καύση (ή έκρηξη) και εκτόνωση.

Στη θέση (γ) το έμβολο κινείται από το A.N.S., ενώ οι βαλβίδες του πώματος εξακολουθούν να είναι κλειστές. Τη στιγμή, κατά την οποία το έμβολο βρίσκεται στο A.N.S. και το μίγμα έχει συμπιεσθεί, δίνεται ο ηλεκτρικός σπινθήρας από το σπιν-

θηριστή μέσα στο θάλαμο καύσεως του κυλίνδρου. Το μίγμα καιγεται τότε πολύ γρήγορα, δηλαδή σε ελάχιστο χρόνο, ώστε η καύση του να μοιάζει με έκρηξη. Από αυτήν την καύση αναπτύσσονται τα καυσαέρια. Κατά την καύση αναπτύσσεται θερμοκρασία 1.500° - 2.500° C περίπου και πίεση $25-50$ kg/cm². Η πίεση των καυσαερίων στη συνέχεια ωθεί το έμβολο με δύναμη προς τα κάτω και παράγει με αυτόν τον τρόπο το κινητήριο έργο. Όπως τώρα το έμβολο κατέρχεται, η πίεση των καυσαερίων ελαττώνεται βαθμηδόν και φθάνει περίπου στα $2-2,5$ kg/cm², όταν το έμβολο βρεθεί στο K.N.S.

'Ετοι πραγματοποιείται ο τρίτος χρόνος, ο οποίος περιέχει τις φάσεις καύσεως και εκτονώσεως.

Ο τρίτος αυτός χρόνος της μηχανής είναι ο μόνος **κινητήριος** από τους τέσσερις, γιατί μόνο κατά τη διάρκεια αυτού η μηχανή αποδίδει έργο. Οι υπόλοιποι τρεις είναι βοηθητικοί και απορροφούν έργο, από αυτό που δίνει ο κινητήριος χρόνος. Είναι όμως και αυτοί απαραίτητοι για την πραγματοποίηση της λειτουργίας της μηχανής.

Τέταρτος χρόνος - Εξαγωγή.

Στη Θέση (δ) το έμβολο ανέρχεται από το K.N.S. προς το A.N.S. Η βαλβίδα της εισαγωγής παραμένει κλειστή, ενώ ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής. Τα καυσαέρια, τα οποία στο τέλος του τρίτου χρόνου έχουν, όπως είπαμε, πίεση $2-2,5$ kg/cm² και θερμοκρασία 400° - 500° C, εξέρχονται εξ αιτίας της πιέσεως τους και της ωθήσεως, που ασκεί επάνω τους το ανερχόμενο έμβολο, προς την ατμόσφαιρα.

'Όταν το έμβολο φθάσει στο A.N.S., τελειώνει ο τέταρτος χρόνος, που περιλαμβάνει τη φάση της εξαγωγής, και κλείνει το κύκλωμα λειτουργίας της μηχανής, οπότε αρχίζουν από την αρχή οι ίδιες φάσεις, για να συνεχισθεί η λειτουργία της μηχανής.

Στο κάτω μέρος του σχήματος εικονίζονται οι κινήσεις του στροφάλου, οι οποίες αντιστοιχούν στις κινήσεις του εμβόλου, που περιγράψαμε προηγουμένως.

Από την όλη περιγραφή της λειτουργίας της τετράχρονης μηχανής συμπεραίνομε ότι στο όλο κύκλωμα λειτουργίας της έχουμε τέσσερις διαδρομές του εμβόλου, δηλαδή δύο προς τα κάτω και δύο προς τα πάνω. Από αυτές **μόνο ο τρίτος χρόνος ή η τρίτη διαδρομή είναι αφέλιμη**, γιατί μόνο κατά τη διάρκεια αυτού παράγεται έργο, ενώ οι υπόλοιποι είναι βοηθητικοί.

73.3 Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης βενζινομηχανής.

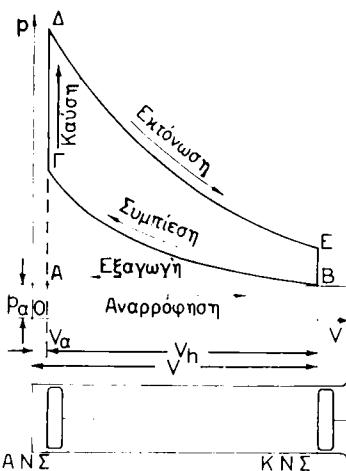
Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής είναι δυνατόν να παρασταθεί γραφικά σε διάγραμμα p - V , δηλαδή σε άξονες πιέσεως - όγκου (σχ. 73.3).

'Ετσι, εάν τοποθετήσουμε τον κύλινδρο με τον άξονά του παράλληλο προς τον άξονα των όγκων και σε κάθε θέση του εμβόλου μετρήσουμε αντίστοιχα όγκο και πίεση, θα προσδιορίσουμε στο διάγραμμα p - V μία σειρά από σημεία. Με τα σημεία αυτά, αν τα ενώσουμε διαδοχικά μεταξύ τους, θα κατασκευάσουμε μία κλειστή γραμμή, η οποία θα παριστάνει γραφικά τη θεωρητική λειτουργία της μηχανής μας.

Με αυτόν τον τρόπο στο σχήμα 73.3 και αρχίζοντας με το έμβολο στο Α.Ν.Σ. θα έχουμε:

1ος χρόνος - Αναρρόφηση.

'Όταν αρχίζει η αναρρόφηση από το σημείο Α, όπου το έμβολο βρίσκεται στο Α.Ν.Σ., ο όγκος των αερίων από την προηγούμενη εξαγωγή είναι ίσος με V_a , όσος δηλαδή ο όγκος του θαλάμου συμπίεσεως. Το έμβολο κινείται προς το Κ.Ν.Σ. και μίγμα αέρα - ατμών βενζίνης εισέρχεται στον κύλινδρο από την ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής με τη σταθερή πίεση της ατμόσφαιρας και με θερμοκρασία 20° C περίπου. 'Ετσι η ευθεία (AB) παριστάνει την υπό **σταθερή πίεση εισαγωγή** του μίγματος



Σχ. 73.3.

στον κύλινδρο κατά τη διάρκεια του 1ου χρόνου, κατά τον οποίο το έμβολο από το Α.Ν.Σ. πηγαίνει στο Κ.Ν.Σ.

Η ευθεία (ΑΒ) ονομάζεται και **ατμοσφαιρική γραμμή** και είναι, όπως γνωρίζομε από τη Θερμοδυναμική, παράλληλη προς τον άξονα των όγκων.

2ος χρόνος - Συμπίεση.

Από το Κ.Ν.Σ. (σημείο Β) το έμβολο αναστρέφει πορεία προς το Α.Ν.Σ. και κλείνει η βαλβίδα της εισαγωγής. 'Ετσι και οι δύο βαλβίδες, εισαγωγής και εξαγωγής, είναι κλειστές και το μίγμα καυσίμου αέρα αρχίζει να συμπιέζεται κατά το νόμο της αδιαβατικής συμπιέσεως, οπότε ο μεν όγκος του ελαττώνεται βαθμηδόν, ενώ αυξάνουν αντίστοιχα η πίεση και η θερμοκρασία του. 'Ετσι έχομε τη γραμμή (ΒΓ), η οποία παριστάνει την **αδιαβατική συμπίεση** του μίγματος από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ. (σημείο Γ).

Στο τέλος της συμπιέσεως η πίεση φθάνει περίπου 7-12 (σε ορισμένες δε βενζινομηχανές, όταν χρησιμοποιείται βενζίνη υψηλού αριθμού οκτανίων, φθάνει και 12-15 kg/cm² ή και περισσότερο ακόμη), η δε θερμοκρασία του στους 200°-300°C. Μεγαλύτερη συμπίεση αποφεύγεται, γιατί μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη θερμοκρασία, οπότε θα υπάρξει κίνδυνος να δημιουργηθούν συνθήκες, οι οποίες να προκαλέσουν **πρώτη ανάφλεξη** του μίγματος ή **κρουστική καύση**, η οποία πάλι μπορεί να προκαλέσει ελάττωση της αποδόσεως, αλλά και ζημιές μηχανικής φύσεως στη μηχανή.

3ος χρόνος - Καύση (ή έκρηξη) και εκτόνωση.

'Οταν το έμβολο φθάσει στο σημείο (Γ), δηλαδή στο Α.Ν.Σ., δίνεται ο σπινθήρας από το σπινθηριστή, οπότε το μίγμα αναφλέγεται και η πίεση και η θερμοκρασία των καυσαερίων, που αναπτύσσονται από την καύση, ανέρχονται απότομα. Αυτό γίνεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, δηλαδή σε ελάχιστο χρόνο, και χωρίς επομένως το έμβολο να προφθάσει να κινηθεί προς το Κ.Ν.Σ. (δηλ. χωρίς να μεταβληθεί σχεδόν καθόλου ο όγκος των αερίων). 'Ετσι η **καύση** αυτή πραγματοποιείται υπό **σταθερό όγκο**, η δε γραμμή που την παριστάνει, δηλαδή η ευθεία (ΓΔ), είναι κάθετη στον άξονα των όγκων. Στο τέλος της καύσεως η πίεση φθάνει στα 25-50 kg/cm² περίπου, η δε θερμοκρασία από 1.500°-2.500° C αντίστοιχα.

Από το σημείο (Δ) αρχίζει η εκτόνωση των αερίων και η παραγωγή του έργου. Το έμβολο κινείται προς το Κ.Ν.Σ., ο

όγκος των αερίων αυξάνει, ενώ αντίστοιχα ελαττώνεται η πίεση και η θερμοκρασία τους. Η μεταβολή αυτή παριστάνεται με τη γραμμή (ΔE), η οποία είναι μία αδιαβατική εκτόνωση. Στο τέλος της εκτονώσεως τα καυσαέρια έχουν πίεση $2,5 \text{ kg/cm}^2$ και θερμοκρασία 400° C περίπου.

4ος χρόνος - Εξαγωγή.

Από το σημείο (E), όπου το έμβολο βρίσκεται στο Κ.Ν.Σ., θα αρχίσει αυτό να κινείται προς το A.N.S. Η βαλβίδα της εξαγωγής έχει ανοίξει και ο κύλινδρος συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα, οπότε στο εσωτερικό του κυλίνδρου και προτού το έμβολο κινηθεί προς το A.N.S. η πίεση και η θερμοκρασία θα εξισωθούν με τις ατμοσφαιρικές. 'Ετσι θα έχομε κατ' αρχήν τη γραμμή (EB), κάθετη στον άξονα των όγκων, η οποία παριστάνει την υπό **σταθερό όγκο εξαγωγής**.

Στη συνέχεια το έμβολο κινείται προς το A.N.S. και, επειδή η βαλβίδα της εξαγωγής είναι ανοικτή, η πίεση μέσα στον κύλινδρο σ' όλη τη διαδρομή του εμβόλου από το Κ.Ν.Σ. μέχρι το A.N.S. θα είναι ίση με την ατμοσφαιρική. 'Ετσι θα έχομε τη γραμμή (BA), η οποία παριστάνει την υπό **σταθερή πίεση εξαγωγής** των καυσαέριων στην ατμόσφαιρα.

Από το σημείο (A) αρχίζει πάλι η ίδια λειτουργία της μηχανής, η οποία, όπως και στην αρχή αναφέραμε, είναι η **θεωρητική λειτουργία**. Το διάγραμμα A B Γ Δ Ε B A, που προκύπτει, ονομάζεται **θεωρητικό διάγραμμα** της λειτουργίας της μηχανής.

Αυτό αποτελείται, με βάση τα παραπάνω, από τις εξής αλλαγές για κάθε χρόνο λειτουργίας:

1ος χρόνος: (AB) **αναρρόφηση** του μίγματος υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση.

2ος χρόνος: (BΓ) αδιαβατική **συμπίεση**.

3ος χρόνος: (ΓΔ) **καύση** του μίγματος υπό σταθερό όγκο και (ΔE) αδιαβατική **εκτόνωση** των αερίων.

4ος χρόνος: (EB) **εξαγωγή** υπό σταθερό όγκο και (BA) **εξαγωγή** υπό σταθερή πίεση των καυσαέριων στην ατμόσφαιρα.

Στο διάγραμμα σημειώνομε τα παρακάτω στοιχεία:

V_a τον **όγκο του θαλάμου καύσεως**.

V_h τον υπό του εμβόλου δημιουργούμενο **όγκο** κατά τη διαδρομή του.

Η **τον ολικό όγκο** του κυλίνδρου ο οποίος είναι άθροισμα των δυο προηγουμένων, δηλαδή $V = V_a + V_h$.

Από αυτά προκύπτει ο **βαθμός συμπέσεως** της μηχανής (ϵ), ίσος προς:

$$\epsilon = \frac{V}{V_a} \quad \text{ή} \quad \epsilon = \frac{V_a + V_h}{V_a} \quad \text{ή}$$

$$\epsilon = 1 + \frac{V_h}{V_a} .$$

Αυτός αποτελεί σημαντικό στοιχείο για το χαρακτηρισμό των ικανοτήτων της μηχανής, την ποιότητα της βενζίνης, που είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσει η μηχανή και την απόδοσή της.

Το εμβαδόν του κλειστού αυτού διαγράμματος ΒΓΔΕΒ, σύμφωνα με τη Θερμοδυναμική, μας δίνει το έργο που παράγεται στον κύλινδρο κατά τους 4 χρόνους της λειτουργίας, δηλαδή σε δυο στροφές της μηχανής. Επειδή η λειτουργία που περιγράψαμε είναι θεωρητική λειτουργία, γι' αυτό και το έργο αυτό ονομάζεται **Θεωρητικό έργο**. Από αυτό, όπως γνωρίζομε και από το αντίστοιχο Κεφάλαιο των ατμομηχανών, μπορούμε να υπολογίσουμε τη θεωρητική ισχύ ή **Θεωρητική πποδύναμη** της μηχανής.

73.4 Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής και η ρύθμισή της. Γραφική παράσταση αυτής στο σπειροειδές διάγραμμα.

Στη θεωρητική λειτουργία προϋποθέτομε ότι το άνοιγμα ή το κλείσιμο των βαλβίδων και η σπινθηροδότηση γίνονται όταν το έμβολο βρίσκεται στα νεκρά σημεία των διαδρομών του.

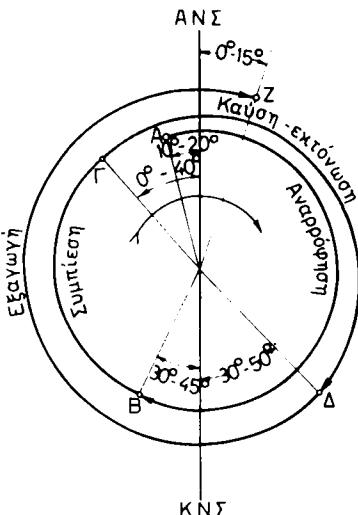
Στην πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει ακριβώς αυτό, γιατί για να επιτύχουμε όσο το δυνατόν καλύτερη λειτουργία, πρέπει να ρυθμίσουμε το άνοιγμα ή το κλείσιμο των βαλβίδων και τη σπινθηροδότηση πριν ή μετά τα νεκρά σημεία ανάλογα.

Ο καλύτερος τρόπος για να παραστήσουμε γραφικά τη στιγμή, κατά την οποία πραγματοποιούνται τα διάφορα ανοίγματα ή κλεισίματα των βαλβίδων και η σπινθηροδότηση, είναι να χρησιμοποιήσουμε χαρακτηριστικά σημεία, τα οποία τοποθετούμε επάνω στο κυκλικό ή το σπειροειδές διάγραμμα (παράγρ. 71.5).

Στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε το σπειροειδές διάγραμμα του σχήματος 73.4, που παριστάνει δυο πλήρεις στροφές του στροφάλου.

'Ετσι θα έχουμε ότι:

To άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο (A), δηλαδή όταν ο στρόφαλος βρίσκεται $10^\circ - 20^\circ$ πριν



Σχ. 73.4.

από το Α.Ν.Σ. Αυτό γίνεται με σκοπό να ανοίξει βαθμηδόν η βαλβίδα της εισαγωγής και να εισαχθεί το νέο μίγμα, πριν τελειώσει η εξαγωγή των καυσαερίων από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας. Ήτοι επιτυγχάνεται ένας σύντομος **καθαρισμός** του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, τα οποία εν τω μεταξύ εξέρχονται από τη βαλβίδα της εισαγωγής, η οποία εξακολουθεί να παραμένει ανοικτή μέχρι και 15° μερικές φορές μετά το Α.Ν.Σ.

Το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο (Β), δηλαδή 30° - 45° μετά το Κ.Ν.Σ., ώστε ο κύλινδρος να γεμίσει τελείως με μίγμα αέρα- βενζίνης. Αυτό γίνεται γιατί, ενώ σε όλη τη διαδρομή του εμβόλου η ταχύτητα εισόδου του μίγματος είναι μικρότερη από την ταχύτητα του εμβόλου, προς το τέλος της διαδρομής η ταχύτητα του εμβόλου ελαττώνεται και μηδενίζεται στο Κ.Ν.Σ., ενώ το μίγμα εξακολουθεί να εισέρχεται με ορμή. Ήτοι με την καθυστέρηση στο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής λίγο μετά το Κ.Ν.Σ. εξασφαλίζομε το ολοκληρωτικό γέμισμα του κυλίνδρου με αεριούχο μίγμα. Από το σημείο Β αρχίζει η συμπίεση.

Η **σπινθηροδότηση** και η έναυση ή ανάφλεξη του καυσίμου γίνεται στο σημείο (Γ), δηλαδή από 0° - 40° πριν από το Α.Ν.Σ., έτοι ώστε το μίγμα να έχει καεί σχεδόν τελείως, όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ., τα δε καυσαέρια να έχουν τότε .

τη μεγαλύτερή τους εκτονωτική δύναμη και να ωθήσουν το έμβολο όσο το δυνατόν ισχυρότερα προς τα κάτω, κατά τη διάρκεια της εκτονώσεως που ακολουθεί.

Το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο (A), δηλαδή από 30° - 50° πριν από το Κ.Ν.Σ., έτσι ώστε να καυσαέρια να αρχίσουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα νωρίτερα, με σκοπό να ελαττωθεί έγκαιρα η αντίθλιψη επάνω στο έμβολο, όταν αυτό θα αρχίσει να ανέρχεται προς το Α.Ν.Σ.

Το **κλείσιμο της εξαγωγής** πραγματοποιείται στο σημείο (Z), δηλαδή 0° - 15° μετά το Α.Ν.Σ. Αυτό γίνεται, για να δοθεί περισσότερος χρόνος εξόδου στα καυσαέρια και να καθαρισθεί ο κύλινδρος τελείως από αυτά, όσο χρόνο άλλωστε θα έχει αρχίσει να εισέρχεται στον κύλινδρο το νέο μίγμα.

Από την ανάλυση αυτή της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης μηχανής συμπεραίνομε ότι έχομε:

- α) **Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής.**
- β) **Αργοπορία στο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής.**
- γ) **Προπορεία στη σπινθηροδότηση,** η οποία λέγεται **προανάφλεξη** (αβάνς).
- δ) **Προπορεία στο άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής.**
- ε) **Αργοπορία στο κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής.**

Στη συνέχεια από το σπειροειδές διάγραμμα συμπεραίνομε και τη διάρκεια κάθε φάσεως λειτουργίας με τα αντίστοιχα τόξα ως εξής:

Τόξο (AB) **αναρρόφηση** ή εισαγωγή του μίγματος.

Τόξο (ΒΓ) **συμπίεση** του μίγματος.

Τόξο (ΓΔ) **καύση** του μίγματος και εκτόνωση των καυσαερίων.

Τόξο (ΔΕ) **εξαγωγή** των καυσαερίων.

Είναι φανερό ότι τα προηγούμενα χαρακτηριστικά σημεία θα μπορούσαμε να τα σημειώσουμε πάνω σε δυο χωριστούς κύκλους και να είχαμε έτσι το κυκλικό διάγραμμα. Η μέθοδος του σπειροειδούς διαγράμματος όμως είναι καλύτερη για την τετράχρονη μηχανή.

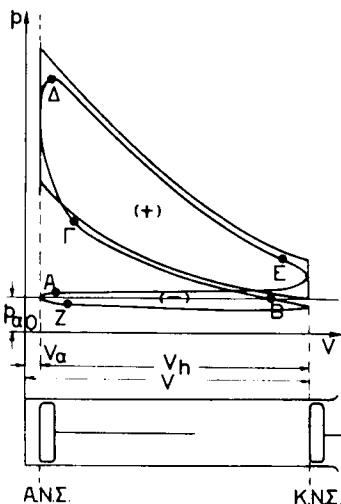
Με βάση τώρα τα στοιχεία, τα οποία μας δίνει το κυκλικό ή το σπειροειδές διάγραμμα, μπορούμε να ρυθμίσουμε ανάλογα τα ανοίγματα και τα κλεισήματα των βαλβίδων και τη σπινθηροδότηση, ώστε η μηχανή μας να εργάζεται κανονικά και με τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση.

73.5 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης βενζινομηχανής.

Με τη μέθοδο της χαράξεως του θεωρητικού διαγράμματος χαράσσομε και το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας σε άξονες p - V (σχ. 73.5). Το διάγραμμα αυτό δείχνει τι συμβαίνει πραγματικά μέσα στον κύλινδρο για κάθε θέση του εμβόλου.

Στο σύστημα των δυο αξόνων πιέσεως και όγκου χαράσσομε πρώτα την ατμοσφαιρική γραμμή και την κάθετη γραμμή του θαλάμου συμπιέσεως ή διακένου. Χαράσσομε, επίσης πρώτα το θεωρητικό διάγραμμα, ώστε να το έχομε ως βάση για τη σύγκριση και στη συνέχεια τοποθετούμε διαδοχικά κάθε μια από τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής ως εξής:

α) Η εισαγωγή αρχίζει από 10° - 20° πριν από το Α.Ν.Σ., δηλαδή από το σημείο (A). Από το σημείο (A) και αφού το έμβολο ξεπεράσει το Α.Ν.Σ. και προχωρήσει προς το Κ.Ν.Σ. εξ αιτίας του κενού που δημιουργεί, η πίεση πέφτει αρχικά μέχρι την ατμοσφαιρική και στη συνέχεια διατηρείται χαμηλότερη από αυτή λόγω της ταχύτητας κινήσεως του εμβόλου, η οποία είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα εισόδου του μίγματος. Προς το Κ.Ν.Σ. η πίεση ανέρχεται λόγω της επιβραδύνσεως του εμβόλου και της κεκτημένης πια ορμής εισόδου του μίγματος, εξισώνεται δε με την ατμοσφαιρική, όταν κλείσει η βαλβίδα της εισα-



Σχ. 73.5.

γωγής, δηλαδή στο σημείο (B), το οποίο βρίσκεται 30° - 50° μετά το K.N.S. 'Ετσι στο διάγραμμα p-V η φάση της εισαγωγής έχει τη διάρκεια A-A.N.S.-K.N.S.-B.

β) Η **συμπίεση** αρχίζει στο σημείο (B) και όχι στο K.N.S. και γι' αυτό είναι χαμηλότερη από τη θεωρητική συμπίεση. Παριστάνεται από τη γραμμή (ΒΓ), η οποία δεν είναι αδιαβατική, όπως η θεωρητική συμπίεση, αλλά μια **πολυτροπική** αλλαγή καταστάσεως. Γενικά πρέπει να παρατηρήσουμε εδώ ότι η συμπίεση και η εκτόνωση στις εμβολοφόρους M.E.K. ποτέ δεν είναι αδιαβατικές, όπως τις θεωρούμε, αλλά πολυτροπικές. Αυτό γιατί η θερμότητα μεταδίδεται από την εργαζόμενη ουσία, μέσω του τοιχώματος των κυλίνδρων προς το νερό της ψύξεως κατά το τέλος της συμπιέσεως, κατά την καύση και την αρχή της εκτονώσεως. 'Ομως, όταν τα τοιχώματα είναι θερμότερα από το περιεχόμενό του κυλίνδρου, η θερμότητα μεταδίδεται από αυτά προς την εργαζόμενη ουσία, όπως συμβαίνει κατά το τέλος της εκτονώσεως και την αρχή της συμπιέσεως αντίστοιχα.

γ) **Η καύση και η εκτόνωση.** Η καύση παριστάνεται από τη γραμμή (ΓΔ). Στο σημείο (Γ), το οποίο βρίσκεται 0° - 40° πριν από το A.N.S., δίνεται ο σπινθήρας και η πίεση ανυψώνεται απότομα, το έμβολο διέρχεται από το A.N.S. και στο σημείο (Δ) τελειώνει η καύση του μίγματος. Το σημείο (Δ) προφανώς βρίσκεται χαμηλότερα από το αντίστοιχο θεωρητικό, γιατί πρώτον μεν η καύση αρχίζει και αυτή χαμηλότερα από την αντίστοιχη θεωρητική, δεύτερον δε γιατί κατά τη διάρκειά της ένα μέρος της θερμότητας μεταδίδεται από το θάλαμο καύσεως προς το νερό ψύξεως της μηχανής. 'Ετσι από το σημείο (Δ) αρχίζει η πολυτροπική εκτόνωση, χαμηλότερη και αυτή από τη θεωρητική, και τελειώνει στο σημείο (Ε), όπου 30° - 50° πριν από το K.N.S., ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής.

'Ετσι στο διάγραμμα p-V η καύση παριστάνεται από τη γραμμή Γ-A.N.S.-Δ και η εκτόνωση από τη γραμμή (ΔΕ).

δ) Η **εξαγωγή** αρχίζει στο σημείο (Ε), όπου η πίεση πέφτει βαθμηδόν μέχρι το K.N.S. 'Οταν το έμβολο στη συνέχεια κινείται προς το A.N.S., τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική η οποία ελαττώνεται συνεχώς, μέχρις ότου το έμβολο ξεπεράσει το A.N.S. και φθάσει στο σημείο Z, 5° - 15° μετά το A.N.S., όπου κλείνει η βαλβίδα της εξαγωγής.

'Ετσι η εξαγωγή παριστάνεται από τη γραμμή E-K.N.S.-A.N.S.-Z.

Συνοψίζοντας έχουμε τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της 4χρονης βενζινομηχανής ως εξής:

A-A.N.Σ.-K.N.Σ.-B = **αναρρόφηση.**

BΓ = **συμπίεση.**

ΓΔ = **καύση** και ΔΕ = **εκτόνωση.**

E-K.N.Σ-A.N.Σ.-Z = **εξαγωγή.**

Και στο διάγραμμα αυτό έχουμε τα ίδια στοιχεία:

V_a = όγκος θαλάμου καύσεως.

V_h = δημιουργούμενος όγκος υπό του εμβόλου.

V = ολικός όγκος του κυλίνδρου.

Από αυτά προκύπτει ότι $V = V_a + V_h$, επίσης δε βαθμός συμπιέσεως (ϵ) ίσο προς:

$$\epsilon = 1 + \frac{V_h}{V_a},$$

ο οποίος κυμαίνεται από 7 έως 10 περίπου.

Τέλος παρατηρούμε ότι το διάγραμμα αποτελείται από δυο εμβαδά, το μεγάλο επάνω και το μικρό κάτω. Το επάνω μας δίνει το θετικό έργο της μηχανής, δηλαδή αυτό που μας παρέχει η μηχανή, ενώ το κάτω το αρνητικό, αυτό δηλαδή που απορροφάει η μηχανή από τους άλλους κυλίνδρους ή από το σφόνδυλο, για να πραγματοποιήσει τη λειτουργία της. Έτσι η διαφορά των δυο εμβαδών μας δίνει το πραγματικό ωφέλιμο έργο που αποδίδει η μηχανή σε έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας της, δηλαδή στους τέσσερις χρόνους ή διαδρομές του εμβόλου της (σε δυο πλήρεις στροφές της).

73.6 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης βενζινομηχανής.

'Οπως στις ατμομηχανές, έτσι και στις M.E.K. χρησιμοποιείται ένα ειδικό όργανο, ο **δυναμοδείκτης**, το οποίο χαράσσει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής το πραγματικό της διάγραμμα. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται **δυναμοδεικτικό**.

Η διαφορά αυτού από το πραγματικό είναι ότι το μεν πραγματικό είναι εκείνο, που πρέπει να μας δώσει ο δυναμοδείκτης αν η μηχανής μας είναι απόλυτα ρυθμισμένη και εργάζεται κάτω από ιδανικές συνθήκες, ενώ το δυναμοδεικτικό παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής για τη στιγμή ακριβώς εκείνη που το χαράσσει ο δυναμοδείκτης. Με αυτό επομένως μπορούμε να εξακριβώσουμε την πραγματική κατάσταση λει-

τουργίας της μηχανής μας και να διαγνώσομε τυχόν ανωμαλίες λειτουργίας ή και σφάλματα στη ρύθμισή της.

Μπορούμε ακόμη να μετρήσομε το εμβαδόν του διαγράμματος και από αυτό να υπολογίσομε το δυναμοδεικτικό ή ενδεικτικό έργο της μηχανής και από αυτό το έργο (αν το διαιρέσομε με τον όγκο του εμβολισμού V_h) να έχομε τη μέση ενδεικτική πίεση p_i , με την οποία υπολογίζομε την ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής μας.

73.7 Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής.

Στη δίχρονη βενζινομηχανή ο κύκλος λειτουργίας πραγματοποιείται, σε δυο χρόνους (δυο απλές διαδρομές του εμβόλου), δηλαδή σε μια πλήρη στροφή της μηχανής.

Η λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής περιλαμβάνει βασικά δυο φάσεις, τη συμπίεση του μίγματος και την καύση - εκτόνωση των αερίων της καύσεως.

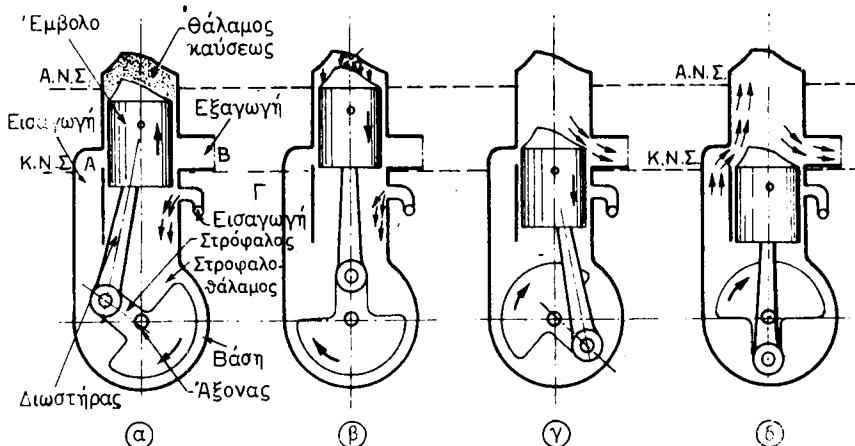
Τόσο η εισαγωγή του μίγματος, η οποία συντελεί ταυτόχρονα και στην απόλυτη ή σάρωση του κυλίνδρου, όσο και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται πολύ γρήγορα και αρχίζουν σχεδόν ταυτόχρονα, όταν το έμβολο πλησιάζει το K.N.S., οπότε και αποκαλύπτει τις θυρίδες σαρώσεως και εξαγωγής, που βρίσκονται στην επιφάνεια του κυλίνδρου και πολύ κοντά στο K.N.S. Οι δύο φάσεις τελειώνουν, αφού το έμβολο ξεπεράσει το K.N.S. και αρχίσει να κλείνει τις θυρίδες αυτές λίγο μετά από το K.N.S., δηλαδή κατά την έναρξη σχεδόν της προς το A.N.S. διαδρομής του.

Με τη βοήθεια των τεσσάρων θέσεων (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 73.7 θα μελετήσομε τους δυο χρόνους λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.

Πρώτος χρόνος: Στη θέση (α) το έμβολο ανέρχεται από το K.N.S. προς το A.N.S. και συμπίεζει το αεριούχο μίγμα μέσα στο θάλαμο καύσεως, αφού οι θυρίδες (Α) της εισαγωγής και (Β) της εξαγωγής, που βρίσκονται στην επιφάνεια του κυλίνδρου και κοντά στο K.N.S., είναι κλειστές, γιατί καλύπτονται από το ίδιο το έμβολο.

Όταν το έμβολο φτάσει λίγο πριν από το A.N.S., δίνεται ο σπινθήρας, ο οποίος προκαλεί την έναυση του μίγματος. Από την έναυση δημιουργούνται τα καυσαέρια, τα οποία και θα αθήσουν το έμβολο προς τα κάτω κατά την επόμενη διαδρομή.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου χρόνου και εκτός από τη



Σχ. 73.7.

συμπίεση του μίγματος, το έμβολο καθώς ανέρχεται δημιουργεί κάτω από την κάτω όψη του ένα κενό μέσα στο στροφαλοθάλαμο. Ήτοι, όταν θα αποκαλύψει τη θυρίδα (Γ), η οποία συγκοινωνεί μέσω ενός οχετού με τον αναμίκτη, το αεριούχο μίγμα θα μπει με ορμή μέσα στο στροφαλοθάλαμο και θα γεμίσει ολόκληρο τον όγκο που δημιουργήθηκε από το έμβολο κατά την άνοδό του. Το μίγμα αυτό προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί για τον επόμενο κύκλο λειτουργίας της μηχανής, γιατί ο στροφαλοθάλαμος μέσω οχετού και της θυρίδας (A) συγκοινωνεί με τον κύλινδρο.

Δεύτερος χρόνος: Ο δεύτερος χρόνος αρχίζει από τη στιγμή που το έμβολο βρίσκεται στο A.N.S. και τα καυσαέρια αρχίζουν να το ωθούν προς τα κάτω (θέση β).

Κατά την κάθοδό του και περίπου στα 8/10 της προς τα κάτω διαδρομής, το έμβολο αρχίζει να αποκαλύπτει τη θυρίδα εξαγωγής (B) (θέση γ) και έτσι αρχίζει η εξαγωγή των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

Ταυτόχρονα όμως και όπως κατέρχεται το έμβολο έχει κλείσει τη θυρίδα εισαγωγής (Γ) και έτσι συμπιέζει το μίγμα καυσίμου αέρα, που εισήλθε προηγουμένως μέσα στο στροφαλοθάλαμο, ενώ πάλι έχει αποκαλύψει τη θυρίδα (A), μέσω της οποίας το μίγμα από το στροφαλοθάλαμο θα εισέλθει στον κύλινδρο.

Έτσι το μίγμα συμπιεζόμενο από το έμβολο μέσα στο στροφαλοθάλαμο και βρίσκοντας τη θυρίδα (A) ανοικτή εισέρχεται

μέσα στον κύλινδρο μέσω του πλευρικού οχετού 'και της θυρίδας (Α). Το μίγμα, όταν βρεθεί μέσα στον κύλινδρο (Θέση δ), κατευθύνεται προς τα πάνω εξ αιτίας της ειδικής διαμορφώσεως της κεφαλής του εμβόλου.

Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιούνται σχεδόν ταυτόχρονα και η εισαγωγή του μίγματος και η εξαγωγή των καυσαερίων και η απόπλυση του κυλίνδρου.

Από τη στιγμή που θα φτάσει το έμβολο στο Κ.Ν.Σ. και θα αρχίσει να ανεβαίνει, αρχίζει πάλι η ίδια λειτουργία.

Ως χαρακτηριστικά στοιχεία της λειτουργίας της δίχρονης μηχανής μπορούμε να θεωρήσουμε τα εξής:

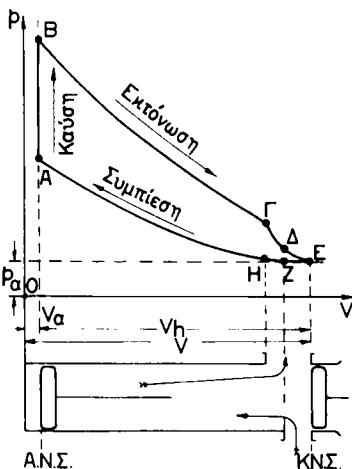
α) Το μίγμα καυσίμου αέρα δεν εισέρχεται κατ' ευθείαν στον κύλινδρο αλλά πρώτα στο στροφαλοθάλαμο, από τον οποίο και οδηγείται με πίεση μέσα στον κύλινδρο την κατάλληλη στιγμή.

β) Τα καυσαέρια εξέρχονται από τον κύλινδρο αρχικά μεν εξ αιτίας της πιέσεως τους, δηλαδή μόλις ανοίξει η θυρίδα (Β) της εξαγωγής, στη συνέχεια δε διώχνονται από το εισερχόμενο αεριούχο μίγμα, το οποίο λόγω της συμπιέσεως του μέσα στο στροφαλοθάλαμο εισέρχεται μέσα στον κύλινδρο με πίεση κατά 20% περίπου μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική και πραγματοποιεί έτσι και την απόπλυση του κυλίνδρου.

73.8 Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.

Στο θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής (σχ. 73.8) παρατηρούμε ότι στο τέλος της συμπιέσεως στο σημείο (Α) γίνεται η σπινθηροδότηση, η οποία προκαλεί την ανάφλεξη του μίγματος και στη συνέχεια την καύση του κάτω από σταθερό όγκο, οπότε η πίεση ανέρχεται απότομα μέχρι την πίεση του σημείου (Β).

Από το σημείο (Β), το οποίο αντιστοιχεί στο Α.Ν.Σ. αρχίζει η αδιαβατική εκτόνωση των αερίων της καύσεως (ΒΓ) μέχρι το σημείο (Γ), όπου το έμβολο αποκαλύπτει τη θυρίδα της εξαγωγής και η πίεση πέφτει απότομα κατά τη γραμμή (ΓΔ), μέχρι το σημείο (Δ). Στο σημείο αυτό (Δ) το κατερχόμενο έμβολο αποκαλύπτει τη θυρίδα εισαγωγής ή σαρώσεως. Τότε ακριβώς εισέρχεται στον κύλινδρο με ορμή το νέο μίγμα από το στροφαλοθάλαμο, επειδή αυτό έχει πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική κατά 20% η οποία είναι μεγαλύτερη και από την πίεση που έχουν τα καυσαέρια στο σημείο (Δ). Με αυτό τον τρόπο το μίγμα αυτό διώχνει τα καυσαέρια από τον κύλινδρο και πραγμα-



Σχ. 73.8.

τοποιεί και την απόπλυσή του, μέχρι το Κ.Ν.Σ. κατά τη γραμμή (ΔE) και κατά τη γραμμή (EZ) από το Κ.Ν.Σ. μέχρι το σημείο (Z), όπου κλείνει η θυρίδα της εισαγωγής και τελειώνει η εκδίωξη των αερίων και η απόπλυση του κυλίνδρου. Η γραμμή (ΔE) παριστάνει την απότομη πτώση της πιέσεως μέχρι την ατμοσφαιρική, δεδομένου ότι η θυρίδα εξαγωγής είναι τελείως ανοικτή και η γραμμή (EZ), για τον ίδιο πάλι λόγο, συμπίπτει με την ατμοσφαιρική γραμμή.

Από το σημείο (Z) και μέχρι το σημείο (H), όπου κλείνει η θυρίδα της εισαγωγής, εξακολουθούν να εξέρχονται τα καυσαέρια κατά τη (ZH), όταν δε έχει κλείσει η θυρίδα της εξαγωγής, στο σημείο (H), ο κύλινδρος θα είναι γεμάτος από καθαρό μίγμα με ατμοσφαιρική πίεση. Η γραμμή (ZH) επομένως παριστάνει το τέλος της εξαγωγής των καυσαερίων υπό ατμοσφαιρική πίεση και θεωρητικά συμπίπτει με την ατμοσφαιρική γραμμή.

Από το σημείο (H) πια αρχίζει η συμπίεση του μίγματος κατά την καμπύλη (HA), δηλαδή μέχρι το Α.Ν.Σ. Η καμπύλη (HA) είναι θεωρητικά αδιαβατική συμπίεση.

Στο σημείο (A) τέλος δίνεται πάλι ο σπινθήρας για να αρχίσει με την ίδια σειρά ο επόμενος κύκλος λειτουργίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το θεωρητικό διάγραμμα ΑΒΓΔΕΖΗΑ της δίχρονης βενζινομηχανής αποτελείται από τα εξής:

1ος χρόνος: ΑΒΓΔΕ.

ΑΒ: **καύση.**

ΒΓ: **επτόνωση** καυσαερίων.

ΓΔ: **εξαγωγή** καυσαερίων.

ΔΕ: **συνέχεια εξαγωγής - απόπλυση ή σάρωση** του κυλίνδρου.

2ος χρόνος: EZHA.

EZ: **συνέχεια εξαγωγής και τέλος της σαρώσεως** του κυλίνδρου.

ZH: **συμπληρωματική εξαγωγή καυσαερίων** και **τέλος της.**

ΗΑ: **συμπίεση** του μίγματος.

Και στο διάγραμμα αυτό τα χαρακτηριστικά δεδομένα είναι όμοια με τα χαρακτηριστικά της τετράχρονης (παράγρ. 73.3), ο δε βαθμός συμπιέσεως (ε) είναι ίσος περίπου προς:

$$\epsilon = 0,8 \left[1 + \frac{V_h}{V_a} \right].$$

Ο παράγοντας 0,8 προκύπτει ακριβώς από το γεγονός ότι η συμπιέση στη δίχρονη μηχανή δεν πραγματοποιείται σε όλη τη διάρκεια του εμβόλου, αλλά, λόγω των θυρίδων, σε ένα τμήμα αυτής μόνο, ίσο προς 0,7 έως 0,8 της διαδρομής, δηλαδή από το σημείο όπου το ανερχόμενο έμβολο έχει κλείσει τις θυρίδες, μέχρι το A.N.Σ.

Τέλος, όπως και στην τετράχρονη μηχανή, το εμβαδόν του θεωρητικού αυτού διαγράμματος μας δίνει το θεωρητικό έργο του κυλίνδρου σε δύο χρόνους (διαδρομές του εμβόλου), δηλαδή σε μια πλήρη στροφή της μηχανής.

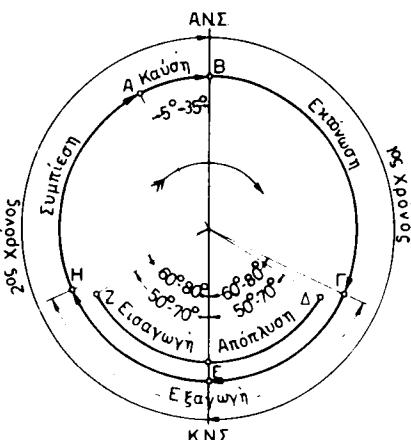
73.9 Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής. Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα.

Πάνω σε ένα κύκλο, ο οποίος παριστάνει τον κύκλο του στροφάλου, σημειώνομε, όπως γνωρίζομε, την αρχή, το τέλος και τη διάρκεια κάθε λειτουργικής φάσεως (σχ. 73.9). 'Ετσι θα έχομε:

Στο σημείο (Α) τη **σπνθηροδότηση** σε 5° έως 35° πριν από το A.N.Σ.

Στο σημείο (Γ), 60° έως 80° πριν από το K.N.Σ. **άνοιγμα της θυρίδας εξαγωγής.**

Στο σημείο (Δ), 50° έως 70° πριν από το K.N.Σ., **άνοιγμα**



Σχ. 73.9.

της Θυρίδας εισαγωγής.

Στο σημείο (Z), 50° ἐως 70° μετά το Κ.Ν.Σ., **κλείσιμο της Θυρίδας εισαγωγής.**

Στο σημείο (H), 60° ἐως 80° μετά το Κ.Ν.Σ., **κλείσιμο της Θυρίδας εξαγωγής.**

Από αυτά προκύπτει η διάρκεια κάθε φάσεως ως εξής:

Τόξο (AB) = **σπινθηροδότης - καύση.**

Τόξο (BG) = **εκτόνωση.**

Τόξο (GH) = **εξαγωγή.**

Τόξο (GD) = **απόπλυση - εισαγωγή.**

Τόξο (HA) = **συμπίεση.**

Οι παραπάνω φάσεις μοιράζονται στους 2 χρόνους λειτουργίας ως εξής:

Πρώτος χρόνος: *Τέλος καύσεως - εκτόνωση - προεξαγωγή και προσάρωση.*

Δεύτερος χρόνος: *Τέλος συμπίεσης - Τέλος εξαγωγής - συμπίεση - καύση.*

Το διάγραμμα της διχρονής μηχανής διαφέρει από το σπειροειδές της τετράχρονης. Το διάγραμμα της τετράχρονης μας οδηγεί στη σωστή ρύθμιση της στιγμής της σπινθηροδοτήσεως και του ανοιγμάτος και του κλεισμάτος των βαλβίδων, τα οποία μπορούμε να επηρεάσουμε. Το διάγραμμα της διχρονής μας επιτρέπει τη ρύθμιση μόνο της στιγμής σπινθηροδοτήσεως (αβάνς), ενώ το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων είναι αμετάβλητα και προκαθορισμένα από κατασκευής της μηχανής και δεν μπορούμε να τα μεταβάλλομε εύκολα.

73.10 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.

Αυτό χαράσσεται επάνω σε άξονα πιέσεως - όγκου p-V (όπως και της τετράχρονης μηχανής) από τη θεωρητική και την πραγματική λειτουργία της δίχρονης και αφού πρώτον χαραχθεί το αντίστοιχο θεωρητικό διάγραμμα για να κάνομε τη σύγκριση.

'Ετσι στο σχήμα 73.10 έχομε τις φάσεις της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης ως εξής:

A-A.N.Σ.-B = **καύση** υπό σταθερό περίπου όγκο.

BΓ = πολυτροπική **εκτόνωση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

ΓΔΕΖΗ = **εξαγωγή**.

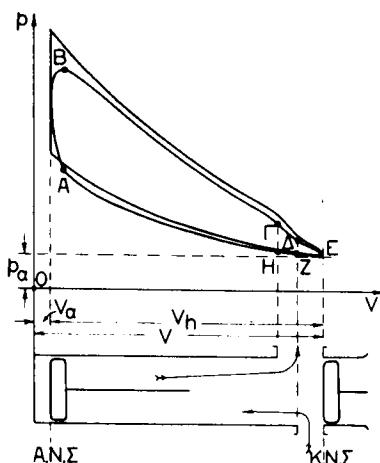
ΔΕΖ = **απόπλυση - εισαγωγή**.

ΗΑ = πολυτροπική **συμπίεση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

Τα χαρακτηριστικά σημεία A, B, Γ, Δ, Ε, Z, Η αντιστοιχούν στα σημεία του κυκλικού διαγράμματος της προηγούμενης παραγράφου.

Και στο διάγραμμα αυτό έχομε τα ίδια χαρακτηριστικά δεδομένα (παράγρ. 73.3) και βαθμό συμπιέσεως (ϵ) ίσο προς:

$$\epsilon = 0,8 \left[1 + \frac{V_h}{V_a} \right],$$



Σχ. 73.10.

ο οποίος κυμαίνεται σε τιμές μεταξύ 6 έως 8,5 περίπου.

Το εμβαδόν του πραγματικού διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ παριστάνει το πραγματικό ωφέλιμο έργο, που αποδίδει η μηχανή σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας της, δηλαδή στους δύο χρόνους ή απλές διαδρομές του εμβόλου της.

73.11 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.

Αυτό σε αντιστοιχία με το διάγραμμα της τετράχρονης είναι το διάγραμμα της στιγμιαίας πραγματικής λειτουργίας της μηχανής, που μας δίνει ο δυναμοδεικτης. Χρησιμεύει (παράγρ. 73.6) για τη σύγκριση της στιγμιαίας λειτουργίας της μηχανής με την ιδανική πραγματική λειτουργία της και για τον υπολογισμό του ενδεικτικού ή δυναμοδεικτικού έργου του κυλίνδρου.

73.12 Σύγκριση τετραχρόνων και διχρόνων βενζινομηχανών.

Οι δύο τύποι των βενζινομηχανών παρουσιάζουν ορισμένες χαρακτηριστικές διαφορές μεταξύ τους και ορισμένα επίσης πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία πρέπει να λαμβάνομε υπόψη μας όταν πρόκειται να γίνει επιλογή του ενός ή του άλλου τύπου ανάλογα με τη συγκεκριμένη περίπτωση κάθε φορά.

Η βασική διαφορά μεταξύ τετραχρόνων και διχρόνων κινητήρων έγκειται στον αριθμό των χρόνων ή απλών διαδρομών, ο οποίος απαιτείται για ένα πλήρες κύκλωμα λειτουργίας.

Στους τετράχρονους είναι αναγκαίες τέσσερις διαδρομές, ενώ στους δίχρονους μόνο δύο. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα των τετραχρόνων, γιατί για τον ίδιο αριθμό στροφών παρέχεται περισσότερος χρόνος, για να πραγματοποιηθεί η καύση, να βγουν τα καυσαέρια και να καθαρισθεί από αυτά ο κύλινδρος καλύτερα. Το αποτέλεσμα είναι ότι από απόψεως λειτουργίας οι τετράχρονοι παρουσιάζουν καλύτερη ποιότητα καύσεως και υψηλότερη απόδοση, δηλαδή μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.

Αυτό συμβαίνει επειδή κατά τη σάρωση του κυλίνδρου της δίχρονης και όταν είναι ταυτόχρονα ανοικτές οι θυρίδες εισαγωγής και εξαγωγής, ένα μέρος των καυσαερίων του προηγούμενου κύκλου παραμένει μέσα στο καύσιμο μίγμα, ενώ ταυτόχρονα ένα μέρος καθαρού μίγματος χάνεται στην ατμόσφαιρα

μαζί με τα καυσαέρια. Επίσης η εκτόνωση των καυσαερίων μέσα στον κύλινδρο είναι πιο απλή από την εκτόνωση, που γίνεται μέσα στην τετράχρονη, λόγω της υπάρξεως των θυρίδων.

Αντίθετα όμως, επειδή στον τετράχρονο κινητήρα η μια καύση πραγματοποιείται σε δύο πλήρεις στροφές, ενώ σε δύο πλήρεις στροφές του δίχρονου πραγματοποιούνται δύο καύσεις, συμπεραίνομε ότι από δύο κινητήρες με ίδιες διαστάσεις και ίδιο αριθμό στροφών ο δίχρονος θα έχει φαινομενικά τουλάχιστον διπλάσια ιπποδύναμη. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτα σωστό, γιατί ο πραγματικός όγκος του εισερχόμενου μίγματος και επομένως και το βάρος του καυσίμου στον κύλινδρο του δίχρονου δεν είναι όσος ο όγκος που εισέρχεται στον τετράχρονο. Αυτό συμβαίνει γιατί στο δίχρονο κινητήρα υπάρχουν οι θυρίδες, ο δε όγκος του μίγματος που εισέρχεται είναι ελαττωμένος και προσδιορίζεται από το σημείο όπου κλείνουν οι θυρίδες εξαγωγής μέχρι το Α.Ν.Σ. του εμβόλου. Στην ουσία αντιστοιχεί στα $\frac{8}{10}$ περίπου εκείνου του όγκου που εισέρχεται στον τετράχρονο κινητήρα. Ήτσι τελικά η δίχρονη μηχανή για τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου (δηλαδή διάμετρο και διαδρομή του εμβόλου) και για τον ίδιο αριθμό στροφών αποδίδει μόνο 1,4 έως 1,5 φορές μεγαλύτερη ιπποδύναμη από αυτή της αντίστοιχης τετράχρονης. Αν μάλιστα ληφθεί υπόψη ότι η καύση της είναι πιο ατελής από την καύση της τετράχρονης συμπεραίνομε ότι κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις η ιπποδύναμή της δεν υπερβαίνει περισσότερο από 40% περίπου την ιπποδύναμη της τετράχρονης.

Από τα παραπάνω βγάζομε το συμπέρασμα επίσης ότι και το **ειδικό βάρος** της δίχρονης μηχανής, δηλαδή το βάρος της για κάθε ιππο ισχύος είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της τετράχρονης. Είναι δηλαδή η δίχρονη ελαφρότερη μηχανή και γι' αυτό φθηνότερη, και έτσι την προτιμούμε για εγκαταστάσεις μικρών πλοιαρίων, βενζινακάτων κ.λπ., όπου θέλομε και ανάλογη οικονομία βάρους.

Αντίθετα στην τετράχρονη η ειδική κατανάλωση καυσίμου, δηλαδή η κατανάλωση καυσίμου ανά ιππο και ώρα, είναι κατά 10 έως 20% μικρότερη από την κατανάλωση της δίχρονης, επειδή στην τετράχρονη γίνεται καλύτερη καύση. Το ίδιο συμβαίνει και με την ειδική κατανάλωση λαδιού λιπάνσεως.

Από κατασκευαστικής πλευράς παρατηρούμε ότι η τετράχρονη έχει περισσότερα κινητά μέρη, όπως βαλβίδες, ωστήρια, εκκεντροφόρο άξονα κ.λπ., τα οποία υπόκεινται βεβαίως σε

φθορά. Αντίθετα όμως στη δίχρονη, δεδομένο ότι το έμβολό της, τα ελατήρια και ο κύλινδρος μαζί με το πώμα υποβάλλονται συχνότερα στις υψηλές θερμοκρασίες της καύσεως, παρουσιάζεται μεγαλύτερη φθορά στα τεμάχια αυτά και είναι ανάγκη η συχνή αντικατάστασή τους.

Από απόψεως ομαλότητας στρέψεως, η δίχρονη έχει κανονικότερο ζεύγος στρέψεως και γι' αυτό παρουσιάζει μικρότερους κραδασμούς και έχει ανάγκη από μικρότερο σφόνδυλο.

Η λειτουργία της δίχρονης τέλος είναι λόγω συχνότερου αριθμού καύσεων περισσότερο θορυβώδης από αυτή της τετράχρονης.

Από όλα αυτά συμπεραίνομε ότι και ο ένας τύπος και ο άλλος παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα και ορισμένα μειονεκτήματα αντίστοιχα. Αν όμως λάβομε ως σοβαρότερο τον παράγοντα της καταναλώσεως σε καύσιμο και λιπαντικό, προκύπτει ότι είναι προτιμότερος ο τετράχρονος κινητήρας παρά ο δίχρονος. Γι' αυτό και οι δίχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μηχανές πολύ μικρών ιπποδυνάμεων, όπως σε μοτοσυκλέτες, μοτοποδήλατα, μικρά αυτοκίνητα, όπου η κατανάλωση δεν αποτελεί τόσο σπουδαίο παράγοντα σε σχέση με την απλότητα και έλαφρότητα που παρουσιάζουν. Αντίθετα, σε μεγαλύτερες μηχανές με υπολογίσιμη ιπποδύναμη και κατανάλωση χρησιμοποιούνται αποκλειστικά οι τετράχρονοι κινητήρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 74

ΚΑΥΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

74.1 Εξαερίωση και καύση της βενζίνης.

Για να πραγματοποιηθεί η τέλεια καύση της βενζίνης μέσα στον κύλινδρο, είναι απαραίτητο να αεριοποιηθεί και να αναμιχθεί ομοιομερώς και με προκαθορισμένη αναλογία με τον καυσιγόνο ατμοσφαιρικό αέρα, ώστε να σχηματισθεί το λεγόμενο αεριούχο μίγμα ή μίγμα βενζίνης - αέρα, το οποίο στη συνηθισμένη του κατά βάρος σύνθεση αποτελείται από 1 μέρος βενζίνης και 15 μέρη αέρα.

Η αναλογία αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής ή σε ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. κατά την εκκίνηση ή επιτάχυνση, οπότε και το μίγμα γίνεται πλουσιότερο σε βενζίνη, ώστε η μηχανή να μπορεί να αποδώσει για λίγο την πρόσθετη ισχύ, που απαιτείται.

Στις συνηθισμένες συνθήκες λειτουργίας της μηχανής το μίγμα δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ πλούσιο ούτε πολύ φτωχό, γιατί τότε θα έχουμε αυξημένη κατανάλωση καυσίμου. Στην περιπτωση πολύ πλούσιου μίγματος λόγω ατελούς καύσεως και στην περίπτωση πολύ φτωχού λόγω μεγάλης περίσσειας αέρα, η οποία απάγει θερμότητα στην ατμόσφαιρα.

Στις περισσότερες βενζινομηχανές την εξαερίωση της βενζίνης και την ανάμιξή της με τον ατμοσφαιρικό αέρα εκτελεί ο **εξαερωτής** ή **αναμίκτης** (καρμπυρατέρ - carburetor).

Με τον αναμίκτη επιτυγχάνεται η σωστή και σταθερή, όσο είναι δυνατόν, αναλογία καυσίμου - αέρα σε όλα τα φορτία, καθώς και η αυτόματη ρύθμιση πλουσιότερου μίγματος κατά την εκκίνηση ή και την επιτάχυνση της μηχανής μέχρι αναλογία 1:13,5 περίπου και φτωχότερου πάλι σε περιπτώσεις επιβραδύνσεως μέχρι αναλογία 1:16,5 αντίστοιχα.

Σε ορισμένους τύπους συγχρόνων μηχανών, όπως οι μηχανές Peugeot, Mercedes - Benz κ.λπ., εφαρμόζεται τελευταία η μέθοδος καύσεως της βενζίνης με έγχυσή της από **εγκυπήρα** και

αντλία μηχανικής εγχύσεως. Στις περιπτώσεις αυτές ο εγχυτής με την πίεση, που δημιουργεί η αντλία μηχανικής εγχύσεως, διασκορπίζει τη βενζίνη σε λεπτότατα σταγονίδια υπό μορφή νέφους ή ομίχλης είτε στον οχετό εισαγωγής του αέρα πριν από τη βαλβίδα εισαγωγής, είτε πάλι μετά από αυτή μέσα στον κύλινδρο, όπου τελικά επιτυγχάνεται η τέλεια ανάμιξη βενζίνης - αέρα και η τέλεια καύση της. Η ρύθμιση της ποσότητας της βενζίνης, η οποία απαιτείται κατά κύκλωμα λειτουργίας στο σύστημα αυτό, γίνεται με την αντλία μηχανικής εγχύσεως.

74.2 Κρουστική καύση, εκρηκτικότητα και βαθμός οκτανίου της βενζίνης.

Η απόδοση μιας βενζινομηχανής αποδεικνύεται ότι είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπιέσεως (ϵ) του αεριούχου μίγματος μέσα στον κύλινδρο, ο οποίος δίνεται από τη σχέση του ολικού όγκου του κυλίνδρου, δια του όγκου του θαλάμου συμπιέσεως (παράγρ. 73.3):

$$\epsilon = \frac{V}{V_a}$$

Από τη σχέση αυτή εξαρτάται η τελική πίεση συμπιέσεως του μίγματος, όταν το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ.

Τη συμπιέση όμως αυτή στους βενζινοκινητήρες Otto αναγκαζόμαστε να την πειριορίζουμε σε χαμηλά όρια εξ αιτίας του φαινομένου της **κρουστικής καύσεως**, που εμφανίζεται στους κινητήρες αυτούς, όταν η πίεση συμπιέσεως υπερβεί μια ορισμένη τιμή, η οποία εξαρτάται από τη διαμόρφωση του κινητήρα και ακόμη περισσότερο από το ίδιο το καύσιμο.

Για να γίνει αντιληπτή η έννοια της κρουστικής καύσεως, ας δούμε πρώτα πώς γίνεται η κανονική καύση μέσα στον κύλινδρο ενός βενζινοκινητήρα.

Παρατηρούμε ότι στο τέλος της συμπιέσεως και κατά τη στιγμή της σπινθηροδοτήσεως αναφλέγονται κατ' αρχήν τα πρώτα μόρια του μίγματος, που περιβάλλουν το σπινθηριστή. Με την καύση αυτών παράγεται θερμότητα υπό υψηλή θερμοκρασία, η οποία προκαλεί την ανάφλεξη των μορίων των επομένων στρωμάτων του μίγματος διαδοχικά. Έτσι, η καύση προχωρεί προς όλες τις κατευθύνσεις με πολύ γοργό ρυθμό από το σπινθηριστή μέχρι τα τοιχώματα του θαλάμου καύσεως.

Το μέτωπο της φλόγας προχωρεί με μια ταχύτητα, η οποία αυξάνει με την ταχύτητα της μηχανής και η οποία μπορεί να φθάσει από 10 έως 20 m/sec. Έτσι, η κανονική καύση, ενώ γίνεται πολύ γρήγορα, ώστε να θεωρείται ως έκρηξη, δεν παίρνει ποτέ τη μορφή της πραγματικής εκρήξεως.

Όταν όμως η βενζίνη δεν είναι η κατάλληλη για τον κινητήρα, εμφανίζεται η λεγόμενη κρουστική καύση. Ενώ δηλαδή η καύση αρχίζει με το σπινθηριστή και εξαπλώνεται μέχρις ενός σημείου κανονικά, σε μια στιγμή παίρνει τη μορφή της εκρήξεως, δηλαδή της ακαριαίας καύσεως όλου του καυσίμου, το οποίο μέχρι εκείνη τη στιγμή είχε παραμείνει άκαυστο.

Η έκρηξη αυτή συνοδεύεται από κτύπους, οι οποίοι ακούγονται καθαρά έξω από τη μηχανή και μοιάζουν με μεταλλικούς κτύπους, τους οποίους οι οδηγοί χαρακτηριστικά προσδιορίζουν με τη φράση: «κτυπούν τα πειράκια». Τα φαινόμενο αυτό προκαλεί την ελάττωση της αποδόσεως της μηχανής και είναι δυνατόν, αν η μηχανή εξακολουθήσει να εργάζεται κάτω από αυτές τις συνθήκες, να της προκαλέσει σοβαρές ζημιές ή ακόμη και ολοκληρωτική καταστροφή.

Η φυσική ερμηνεία του φαινομένου της κρουστικής καύσεως είναι η εξής: Με την πρώτη ανάφλεξη, που προκαλεί ο σπινθήρας, αναπτύσσεται μία πρώτη πίεση, η οποία και συμπιέζει το υπόλοιπο αεριούχο μίγμα προς τα τοιχώματα του κυλίνδρου. Αυτό τότε αναφλέγεται, εάν η ποιότητα της βενζίνης δεν αντέχει στην υψηλότερη αυτή συμπιεση και την αντίστοιχη θερμοκρασία και δημιουργείται ένα δεύτερο κύμα καύσεως, το μέτωπο του οποίου προχωρεί από τα τοιχώματα του κυλίνδρου προς το κέντρο.

Τα δύο αυτά μέτωπα φλόγας, δηλαδή το ένα από το σπινθηριστή προς τα τοιχώματα και το άλλο από τα τοιχώματα προς το σπινθηριστή, τα οποία προχωρούν με ταχύτητα, συγκρούονται και προκαλούν την ακαριαία έκρηξη του καυσίμου, η οποία γίνεται αντιληπτή με κτύπους.

Συνέπεια του φαινομένου αυτού είναι η υπερθέρμανση της μηχανής, η πτώση της αποδόσεώς της, η υπερκόπωση των εργαζομένων μερών της και η μερική ή ολική καταστροφή της.

Το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Έτσι, π.χ. η αύξηση των στροφών ή του αριθμού των σπινθηριστών ανά κύλινδρο και η αποφυγή πολύ θερμών θέσεων με κακή ψύξη μέσα στο θάλαμο καύσεως ελαττώνει τον κίνδυνο εμφανίσεώς της. Αντίθετα η αύξηση του

φορτίου, η αύξηση της προαναφλέξεως, η ελάττωση των στροφών και κυρίως η αύξηση της συμπιέσεως μπορεί να προκαλέσουν ή να υποβοηθήσουν την εμφάνισή της. Κυρίως όμως οφείλεται σ' αυτό το ίδιο το καύσιμο και συγκεκριμένα στη λεγόμενη **εκρηκτικότητά** του.

Η εκρηκτικότητα μιας βενζίνης είναι ακριβώς η τάση της για πρόωρη αυτανάφλεξη, η οποία και εκδηλώνεται με την κρουστική καύση. Η αντοχή της βενζίνης, δηλαδή η αντίσταση, που παρουσιάζει στη συμπιέση και την κρουστική καύση, λέγεται **αντιεκρηκτικότητα** και προσδιορίζεται με το λεγόμενο **βαθμό οκτανίου**.

Πρέπει να έχομε υπ' όψη μας ότι κάθε κινητήρας είναι κατασκευασμένος για να εργάζεται με βενζίνη μιας ορισμένης αντοχής στην κρουστική καύση, γι' αυτό και οι βενζίνες κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με αυτή της αντοχής τους και υπάρχουν στο εμπόριο με διαφορετικό βαθμό οκτανίου.

Η βαθμολόγηση των διαφόρων βενζινών και ο προσδιορισμός του βαθμού οκτανίου τους γίνεται με σύγκριση προς πρότυπα μίγματα, που αποτελούνται από μία ουσία (υδρογονάνθρακες) πολύ μικρής αντοχής στην κρουστική καύση, η οποία λέγεται στη Χημεία **κανονικό επτάνιο** και άλλη μία πολύ ανθεκτική, η οποία λέγεται **ισοοκτάνιο**.

Η σύγκριση γίνεται με τη βοήθεια ενός ειδικού δοκιμαστικού κινητήρα, ο οποίος λέγεται **μηχανή C.F.R.** και στον οποίο μπορούμε να μεταβάλλομε τη συμπιέση όταν βρίσκεται σε λειτουργία μέχρι να εμφανιστεί η κρουστική καύση. Έτσι λέμε π.χ. ότι μία βενζίνη έχει βαθμό οκτανίου 72% όταν κατά τη δοκιμασία της με τη μηχανή C.F.R. παρουσιάζει την ίδια εκρηκτικότητα με μίγμα κανονικού οκτανίου και ισοοκτανίου, που περιέχει 72% κατ' όγκο ισοοκτάνιο. Αυτό σημαίνει ότι και το πρότυπο αυτό μίγμα και η βενζίνη που βαθμολογούμε εμφανίζουν το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως μέσα στο δοκιμαστικό κινητήρα στον ίδιο ακριβώς βαθμό συμπιέσεως.

Άλλη βενζίνη μπορεί να έχει 87% βαθμό οκτανίου, άλλη 100% και ορισμένες, που χρησιμοποιούνται στην αεροπορία ή στα αυτοκίνητα αγώνων, φθάνουν στους 130%. Οι τελευταίες δηλαδή επιτρέπουν προφανώς πολύ αυξημένη συμπιέση στη μηχανή, με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδόσεως και της ισχύος της.

Από αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι όσο μεγαλύτερο βαθμό οκτανίου έχει μία βενζίνη, τόσο καλύτερης ποιότητας είναι.

Για να αυξήσουμε το βαθμό οκτανίου μιας βενζίνης χρησιμοποιούμε ορισμένες προσθήκες, δηλαδή ουσίες, όπως **τετραϊθυλικό μόλυβδο** ή **αιθυλική αλκοόλη**, τις οποίες αναμιγνύομε μέσα στη βενζίνη σε πολύ μικρές αναλογίες μέχρι 1% το περισσότερο.

Οι κοινές βενζίνες, που είναι συνήθως και αυτές ενισχυμένες με τετρααιθυλικό μόλυβδο, έχουν βαθμό οκτανίου 85% έως 87% και είναι κατάλληλες για κινητήρες αυτοκινήτων με βαθμό συμπιέσεως ίσο προς 7,5 περίπου. Για μεγαλύτερες συμπιέσεις χρησιμοποιείται βενζίνη ανώτερης ποιότητας, δηλαδή η βενζίνη «Super», με βαθμό οκτανίου πάνω από 95%, και είναι κατάλληλη για βαθμούς συμπιέσεως μέχρι και 9 έως 9,5 περίπου.

Για να ολοκληρώσουμε τα περί κρουστικής καύσεως πρέπει να αναφέρομε εδώ και αυτό το φαινόμενο της πυραναφλέξεως και να διευκρινίσουμε ότι αυτό είναι τελείως διαφορετικό από το φαινόμενο της κρουστικής καύσεως και δεν πρέπει να συγχέεται με αυτό.

Προσανάφλεξη καλείται μια τοπική ανάφλεξη καυσίμου, που γίνεται σε ακατάλληλη στιγμή λόγω τοπικής υπερθερμάνσεως των τοιχωμάτων του χώρου καύσεως ή υπολειμμάτων της καύσεως (καρβουνιδίων), που παραμένουν μέσα στο θάλαμο καύσεως και πυρακτώνονται.

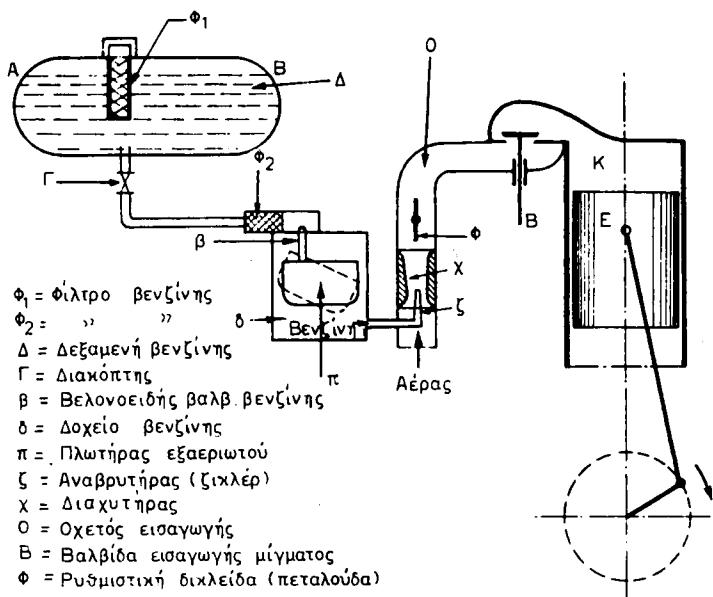
Οι πυραναφλέξεις προκαλούνται συχνά από την κρουστική καύση λόγω υπερθερμάνσεως, ή αντίστροφα πάλι μπορούν αυτές να την προκαλέσουν ή να συντελέσουν αισθητά στην εμφάνισή της.

74.3 Το σύστημα τροφοδοτήσεως σε βενζινομηχανές με εξαεριωτή. Βασικές αρχές της λειτουργίας του εξαεριωτή.

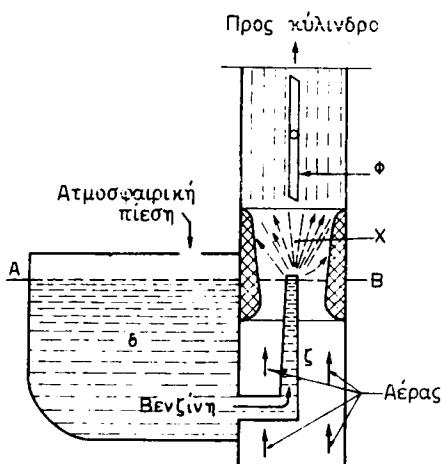
Το σχήμα 74.3α παριστάνει διαγραμματικά την απλή διάταξη του συστήματος τροφοδοτήσεως με μίγμα καυσίμου - αέρα σε βενζινομηχανές, οι οποίες χρησιμοποιούν εξαεριωτή.

Αυτό περιλαμβάνει τη **βενζινοδεξαμενή**, το **διακόπτη**, τα **φίλτρα** για τη διήθηση της βενζίνης, τον **εξαεριωτή** ή **αναρικήτη** (καρμπυρατέρ), τον **κύλινδρο** και το **έμβαλο** του βενζινοκινητήρα και τον **οχετό προσαγωγής** του παρασκευασμένου μίγματος από τον εξαεριωτή προς τη μηχανή.

Το σχήμα 74.3β παριστάνει τον εξαεριωτή στην απλή του μορφή. Αυτός βρίσκεται κατακόρυφα τοποθετημένος μέσα στον οχετό της εισαγωγής του αεριούχου μίγματος στον κύλινδρο.



Σχ. 74.3α.



Σχ. 74.3β.

Αποτελείται από το **δοχείο βενζίνης** (δ), μέσα στο οποίο η στάθμη διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ενός **πλωτήρα**, τον **αναβρυτήρα** (ζ) ή ζικλέρ, το **διαχυτήρα** (Χ) και τη ρυθμιστική δικλείδα (Φ), η οποία ονομάζεται και **αεριοφράκτης** ή κοινώς **πεταλούδα**.

Στοιχειωδώς η διαδικασία τροφοδοτήσεως του κυλίνδρου έχει ως εξής:

Η βενζίνη διηθείται (φιλτράρεται) όταν γεμίζει η δεξαμενή μέσω του φίλτρου (Φ_1). Κατά τη λειτουργία της μηχανής η βενζίνη ρέει, λόγω στάθμης, στο δοχείο (δ) του εξαεριωτή, αφού πρώτα περάσει από το διακόπτη (Γ) και το φίλτρο (Φ_2) (σχ. 74.3α).

Ας υποθέσουμε τώρα ότι το δοχείο (δ) (σχ. 74.3β) είναι γεμάτο με βενζίνη μέχρι τη στάθμη (ΑΒ). Λόγω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων, η βενζίνη ρέει μέσα στον αναβρυτήρα μέχρι την ίδια στάθμη, δηλαδή λίγο χαμηλότερα από το στόμιό του.

Όταν η μηχανή αρχίσει να κινείται, το έμβολο δημιουργεί ένα κενό, το οποίο, δεδομένου ότι η βαλβίδα εισαγωγής (Β) (σχ. 74.3α) είναι ανοικτή, επεκτείνεται και μέσα στον οχετό της αναρροφήσεως, όπου βρίσκεται τοποθετημένος ο εξαεριωτής. Έτσι, ο ατμοσφαιρικός αέρας αρχίζει να εισέρχεται με ταχύτητα στον οχετό της εισαγωγής του αεριούχου μίγματος (σχ. 74.3α και 74.3β), για να καλύψει το κενό που δημιουργείται από το έμβολο. Η ταχύτητα που έχει ο εισερχόμενος αέρας στη θέση του αναβρυτήρα, αυξάνεται και από την ειδική διαμόρφωση του διαχυτήρα, ο οποίος έχει τη μορφή λαιμού ή όπως λέμε, συγκλινοντος - αποκλίνοντος ακροφυσίου. Λόγω λοιπόν αυτής της ταχύτητας, η πίεση επάνω στην επιφάνεια της βενζίνης που βρίσκεται στον αναβρυτήρα, είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση και φτάνει περίπου 560 mm Hg, ενώ η πίεση επάνω στην επιφάνεια της βενζίνης, που βρίσκεται μέσα στο δοχείο (δ) είναι η ατμοσφαιρική, δηλαδή 760 mm Hg.

Η διαφορά των 200 mm Hg περίπου (ή το κενό αυτό των 200 mm Hg), είναι εκείνη που αναγκάζει τη βενζίνη να αεριοποιηθεί και να αναπηδήσει από τον αναβρυτήρα (ζ) μέσα στο χώρο του διαχυτήρα (Χ) και να αναμιχθεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος περιβάλλει τον αναβρυτήρα και ο οποίος οδεύει προς τον κύλινδρο με μεγάλη ταχύτητα. Έτσι, παράγεται το μίγμα καυσίμου - αέρα, το οποίο και γεμίζει πια τον οχετό αναρροφήσεως και κινείται με ορμή από το διαχυτήρα μέχρι το εσω-

τερικό του κυλίνδρου.

Η ρυθμιστική δικλείδα (Φ) του σχήματος 74.3α ανοιγοκλείνει και ρυθμίζει ανάλογα τη διατομή διόδου του μίγματος. Έτσι, επιτυγχάνεται η παροχή της αναγκαίας ποσότητας μίγματος προς τον κύλινδρο ανάλογα κάθε φορά με το φορτίο και την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής. Με άλλα λόγια με αυτή τη δικλείδα επιτυγχάνομε τη ρύθμιση της καύσεως των στροφών και της ιπποδυνάμεως της μηχανής μας.

Είπαμε προηγουμένως ότι η στάθμη (AB) στο δοχείο (δ) διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ενός πλωτήρα. Στο σχήμα 74.3α διακρίνομε τον πλωτήρα (Π), ο οποίος ανεβοκατεβαίνει ανάλογα με τη στιγμή μαζί με τη στάθμη της βενζίνης, περιστρεφόμενος γύρω από ένα σταθερό σημείο. Στο άνω μέρος του, ο πλωτήρας έχει μία βελονοειδή βαλβίδα (β), η οποία επιτρέπει τη ροή της βενζίνης από τη δεξαμενή (Δ) προς το δοχείο (δ) του εξαεριωτή.

Με αυτὸν τὸν τρόπο, ὅταν η στάθμη μέσα στο δοχείο (δ) κατέλθει κάτω από τὴν κανονική, ο πλωτήρας κατέρχεται και ανοίγει τη βελονοειδή βαλβίδα (β), οπότε νέα βενζίνη εισέρχεται μέσα στο δοχείο (δ) του εξαεριωτή. Η στάθμη τότε ανεβαίνει ξανά και παρασύρει τον πλωτήρα προς τὰ ἄνω, ενώ ταυτόχρονα η βελονοειδής βαλβίδα κλείνει και διακόπτει τὴν εισροή της βενζίνης από τη δεξαμενή (Δ) προς το δοχείο (δ). Ὅταν κατέλθει η στάθμη της βενζίνης πάλι, ο πλωτήρας ενεργεῖ ὡπας και προηγουμένως, ὥστε αυτὴ να ανέλθει ξανά και να διατηρείται ἔτσι περίπου σταθερή. Επίσης εξασφαλίζεται και η αναπήδηση σταθερής κάθε φορά ποσότητας βενζίνης ανάλογα με τη στιγμαίᾳ ταχύτητα του αέρα, η οποία εξαρτάται από τὸ ἀνοιγμα του αεριοφράκτη (Φ), το οποίο ρυθμίζεται είτε από τὸ χειριστή της μηχανής είτε από τὸν αυτόματο ρυθμιστή αυτῆς και με βάση πάντοτε τὴν επιθυμητὴν ιπποδύναμη που πρέπει να αναπτύξει η μηχανή κατὰ τὴν στιγμή αυτῆς.

Στὸ παραπάνω σύστημα τροφοδοτήσεως η δεξαμενὴ αποθηκεύσεως της βενζίνης βρίσκεται ψηλότερα από τὴν μηχανή, ὥστε η βενζίνη να ρέει προς τὸν εξαεριωτή λόγω διαφορᾶς στάθμης.

Στὶς περισσότερες ὁμῶς εγκαταστάσεις, ιδίως ὅταν η δεξαμενὴ αποθηκεύσεως βρίσκεται χαμηλότερα από τὴν μηχανή, η διακίνηση της βενζίνης επιτυγχάνεται με τὴν βοήθεια ιδιαίτερης αντλίας, η οποία ονομάζεται **μηχανικὴ αντλία παροχῆς βενζίνης** ἢ καὶ απλὰ **αντλία βενζίνης**.

Σε ἄλλες πάλι περιπτώσεις για τὴν ἀντλησην καὶ διακίνησην

της βενζίνης χρησιμοποιείται το κενό της μηχανής και ανάλογη αντλία, η οποία καλείται **αυτόκενο** (autovac).

Οι δεξαμενές βενζίνης γενικά κατασκευάζονται από λαμαρίνα, η οποία εσωτερικά επικασσιτερώνεται ή επενδύεται με μόλυβδο.

74.4 Η τροφοδότηση του εξαεριωτή με βενζίνη. Δεξαμενή στάθμης - Αντλία βενζίνης - Βενζιναντλία κενού.

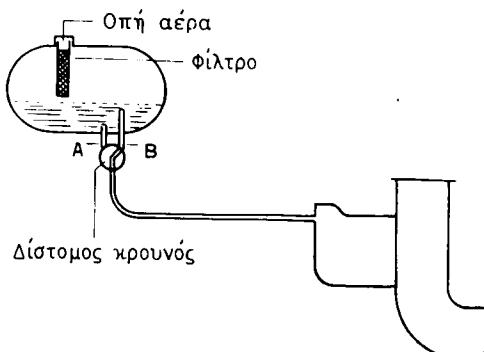
A. Τροφοδότηση από δεξαμενή στάθμης.

Το σχήμα 74.4α παριστάνει τη διάταξη τροφοδοτήσεως του εξαεριωτή με βενζίνη από δεξαμενή που βρίσκεται ψηλότερα από αυτόν.

Διακρίνεται η δεξαμενή βενζίνης, της οποίας το στόμιο είναι εφοδιασμένο με φίλτρο και με πώμα με οπή (τρύπα) συγκοινωνίας προς την ατμόσφαιρα για να εισέρχεται ο αέρας, όταν αδειάζει η δεξαμενή.

Ο δίστομος κρουνός (A-B) ελέγχει τη ροή της βενζίνης από τη δεξαμενή προς τον εξαεριωτή.

'Όσο υπάρχει επάρκεια βενζίνης στη δεξαμενή, ο κρουνός είναι στραμμένος όπως στο σχήμα, και επιτρέπει τη ροή της βενζίνης μέσω της οπής (B). Εάν όμως η παροχή σταματήσει, λόγω πτώσεως της στάθμης μέσα στη δεξαμενή, τότε ο κρουνός στρέφεται προς τα αριστερά, ώστε να επιτρέψει τη ροή της βενζίνης μέσω της οπής (A). Τότε ακριβώς πρέπει να φροντίσουμε να γεμίσουμε τη δεξαμενή με βενζίνη το συντομότερο, για να μην διακοπεί η λειτουργία της μηχανής.

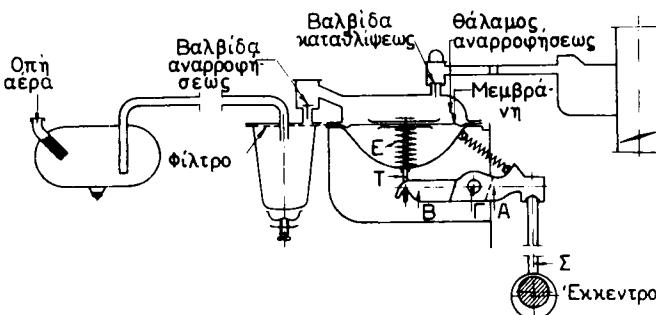


Σχ. 74.4α.

B. Αντλία βενζίνης.

Αυτή χρησιμοποιείται όταν η δεξαμενή της βενζίνης είναι τοποθετημένη χαμηλότερα από τον εξαεριωτή, αλλά και γενικότερα όταν επιθυμούμε να έχουμε εξασφαλισμένη και ελεγχόμενη τη ροή της βενζίνης προς τον εξαεριωτή.

Το σχήμα 74.4β παριστάνει μια αντλία παροχής βενζίνης. Αυτή δεν είναι εμβολοφόρος, η δε λειτουργία της βασίζεται επάνω στη μεμβράνη, η οποία διακρίνεται στο σχήμα.



Σχ. 74.4β

Ένα έκκεντρο προσαρμοσμένο στον εκκεντροφόρο άξονα μετακινεί προς τα άνω το βάκτρο (Σ) και επομένως το μοχλό (Α-Β), ο οποίος περιστρέφεται γύρω από το σημείο (Γ).

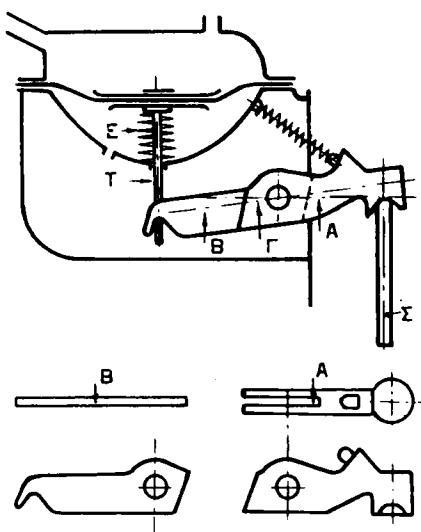
Όταν το τμήμα (Α) ανυψώνεται, το τμήμα (Β) αντίστοιχα κατέρχεται και έλκει τη μεμβράνη προς τα κάτω μέσω της σιδηρένιας ράβδου (Γ) (σχ. 74.4γ).

Μόλις το έκκεντρο ξεπεράσει το σημείο της μεγαλύτερης υψώσεως του (Σ), το ελατήριο (Ε) ωθεί πάλι τη μεμβράνη προς τα άνω και το μοχλό (Α) προς τα κάτω.

Έτσι, όταν η μεμβράνη κατεβαίνει με την επίδραση του εκκέντρου, δημιουργείται πάνω από αυτή μια υποπίεση, ώστε η βενζίνη να ρέει στην αντλία, περνώντας από το φίλτρο και τη βαλβίδα αναρροφήσεως.

Όταν το ελατήριο (Ε) ωθεί τη μεμβράνη προς τα άνω, η βενζίνη καταθλίβεται με πίεση προς τον εξαεριωτή, περνώντας από τη βαλβίδα καταστρίψεως.

Όταν το δοχείο του πλωτήρα του εξαεριωτή είναι γεμάτο μέχρι την κανονική στάθμη, η βελόνα του πλωτήρα κλείνει την εισαγωγή της βενζίνης προς αυτόν. Τότε η μεμβράνη δεν μπορεί να κινηθεί προς τα άνω και το τμήμα του μοχλού (Α) απο-



Σχ. 74.4γ.

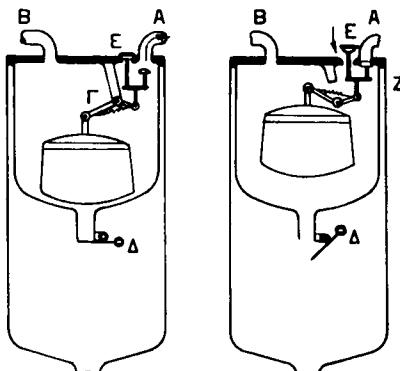
χωρίζεται από το τμήμα (B), το οποίο συγκρατείται ακίνητο από το μικρό βάκτρο (T). Έτσι το τμήμα (A) θα εκτελεί μία παλινδρομική κίνηση χωρίς καμιά επίδραση στη μεμβράνη. Όταν όμως η βελόνα του πλωτήρα θα επιτρέψει πάλι την είσοδο της βενζίνης στο δοχείο του, η μεμβράνη θα μπορέσει να ανυψωθεί ξανά και το τμήμα (A) του μοχλού θα ωθήσει το (B) προς τα κάτω και η αντλία θα αρχίσει πάλι να λειτουργεί.

Γ. Βενζίνωντλία κενού.

Μία αντλία αυτής της κατηγορίας παριστάνεται στο σχήμα 74.4δ. Αποτελείται από μία εσωτερική δεξαμενή, η οποία συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα από το εξαεριστικό (Ζ).

Η δεξαμενή αυτή περιέχει μία εσωτερική δεξαμενή, μέσα στην οποία δημιουργείται το αναγκαίο κενό για την ανύψωση της βενζίνης από την κύρια δεξαμενή.

Η εσωτερική αυτή δεξαμενή εφοδιάζεται με δύο μικρές κινητές βαλβίδες (Α) και (Ε). Η (Α) τη φέρνει σε επικοινωνία με την αναρροφητική σωλήνωση των κυλίνδρων της μηχανής, ενώ η (Ε) ελέγχει την επικοινωνία της δεξαμενής με την ατμόσφαιρα. Όταν η μία από τις δύο αυτές βαλβίδες είναι κλειστή, η άλλη είναι ανοικτή. Αυτό εξασφαλίζεται με την ελατηριωτή άρθρωση (Γ).



Σχ. 74.4δ.

Η εσωτερική δεξαμενή της αντλίας συγκοινωνεί με τον πιθμένα της κύριας δεξαμενής βενζίνης με ένα σωλήνα συνδεδεμένο στο (B) και εφοδιασμένο με ένα φίλτρο.

Η επίπεδη βαλβίδα (Δ) (κλαπέτο) ανοίγει και αδειάζει την εσωτερική δεξαμενή στην εξωτερική, από την οποία τροφοδοτείται ο εξαεριωτής, όταν η εσωτερική συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα. Κλείνει με τη βοήθεια του αντίβαρού της, όταν δεν υπάρχει πάνω από αυτήν στήλη βενζίνης, ώστε στη συνέχεια να αναπτυχθεί κενό μέσα στην εσωτερική δεξαμενή.

Όταν η βενζίνη αδειάζει στην εξωτερική δεξαμενή, ο πλωτήρας κατέρχεται και ο ελατηριωτός αρθρωτός μηχανισμός (Γ) κλείνει τη βαλβίδα (E) και ανοίγει τη βαλβίδα (A). Τότε μέσα στην εσωτερική δεξαμενή δημιουργείται κενό από τον οχετό αναρροφήσεως της μηχανής. Έτσι, η βενζίνη από την κύρια δεξαμενή αναρροφάται και χύνεται μέσα στην εσωτερική δεξαμενή. Όταν πάλι αυτή αρχίσει να γεμίζει με βενζίνη, ο πλωτήρας ανέρχεται και με τη βοήθεια του μηχανισμού (Γ) κλείνει τη βαλβίδα (A) και ανοίγει τη βαλβίδα (E). Έτσι η βενζίνη ανοίγει την επίπεδη βαλβίδα (Δ) και χύνεται μέσα στην εξωτερική δεξαμενή, ο πλωτήρας κατέρχεται, ενεργεί ο μηχανισμός (Γ) και η λειτουργία επαναλαμβάνεται συνεχώς με τον ίδιο τρόπο, όσο η μηχανή βρίσκεται σε κίνηση.

Από την όλη περιγραφή της αντλίας αυτής συμπεραίνομε ότι η βασική δύναμη, με την οποία εργάζεται, είναι το κενό της μηχανής, γι' αυτό και ονομάζεται **βενζίναντλία κενού ή αυτόκεντρο** (autovac).

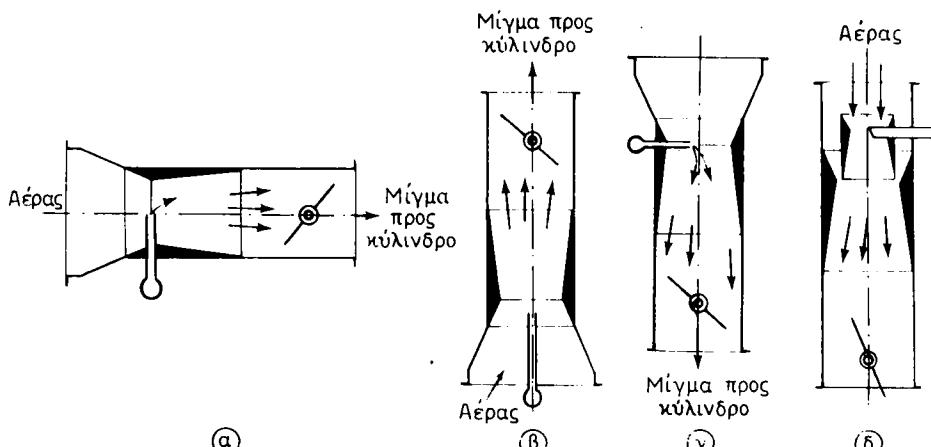
74.5 Οι χαρακτηριστικοί τύποι των εξαεριωτών.

Οι εξαεριωτές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις διάφορες βενζινομηχανές, βασίζονται βέβαια στις ίδιες γενικές αρχές λειτουργίας, όμως κάθε ένας από αυτούς έχει τη δική του κατασκευαστική μορφή ανάλογα με τη μηχανή, στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Κατά κανόνα οι περισσότεροι που κυκλοφορούν στη βιομηχανία έχουν το όνομα του κατασκευαστή τους.

Mia βασική διάκριση γίνεται ανάλογα με τη θέση του διαχυτήρα τους και την πορεία του ρεύματος του αεριούχου μίγματος σε τέσσερις τύπους, οι οποίοι παριστάνονται στο σχήμα 74.5.

Από αυτούς ο πρώτος τύπος (α) λέγεται εξαεριωτής με **οριζόντιο ρεύμα** του αεριούχου μίγματος, ο δεύτερος (β) με **ανοδικό ρεύμα**, ο τρίτος (γ) με **καθοδικό** και ο τέταρτος (δ) με **διπλό** (ή και πολλαπλό) **διαχυτήρα**.

Κάθε τύπος χρησιμοποιείται ανάλογα με τον τύπο και τις ειδικές συνθήκες λειτουργίας των διαφόρων μηχανών. Ειδικότερα ο τύπος με διπλό ή πολλαπλό διαχυτήρα επιτυγχάνει την τελείωτη ανάμιξη του καυσίμου με τον καυσιγόνο αέρα.



Σχ. 74.5.

74.6 Ο σύγχρονος εξαεριωτής.

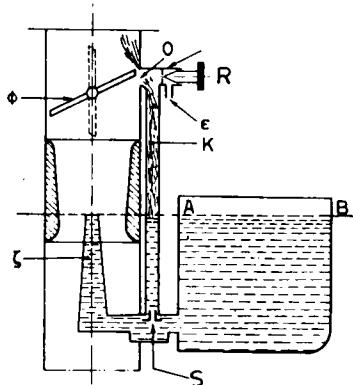
Ο εξαεριωτής που περιγράψαμε προηγουμένως (παράγρ. 74.3), παρέχει την πιο απλή μορφή εξαεριωτή. Με αυτόν όμως

δεν είναι δυνατόν να εξασφαλίσουμε την κανονική τροφοδότηση των μηχανών αυτοκινήτων, βενζινακάτων, γεννητριών κ.λπ. σε περιπτώσεις, όπου επιβάλλεται η γρήγορη μεταβολή του φορτίου και των στροφών τους και επειδή δεν μπορεί να διατηρήσει σταθερή αναλογία μίγματος.

Ο σύγχρονος αναμίκτης ή εξαεριωτής σχεδιάστηκε ακριβώς με την προϋπόθεση να ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις. Γι' αυτό εφοδιάσθηκε με ένα δεύτερο αναβρυτήρα (ζικλέρ), τον **αναβρυτήρα βραδυπορείας** (ζικλέρ του ρελαντί) ή αναβρυτήρα της άφορτης λειτουργίας της μηχανής. Βασικός σκοπός του είναι να παρέχει πρόσθετη ποσότητα βενζίνης για τη λειτουργία της μηχανής, όταν αυτή εργάζεται άφορτη (στο ρελαντί).

Ο εξαεριωτής αυτός παριστάνεται στο σχήμα 74.6α. Διακρίνονται και σ' αυτόν τα βασικά μέρη ενός εξαεριωτή καθώς επίσης και ο βοηθητικός αναβρυτήρας (S), που είναι τοποθετημένος μέσα στον αγωγό, ο οποίος οδηγεί τη βενζίνη από το δοχείο προς τον κύριο αναβρυτήρα. Ο βοηθητικός αναβρυτήρας στέλνει βενζίνη μέσα στον αγωγό (K), ο οποίος καταλήγει ακριβώς μετά το σημείο, όπου κλείνει η ρυθμιστική δικλείδα (Φ) (πεταλούδα). Μέσα στον οχετό (K) η βενζίνη φθάνει μέχρι τη στάθμη (AB).

Όταν ξεκινήσει η μηχανή, ο αεριοφράκτης (Φ) είναι λίγο μόνο ανοικτός, ώστε μέσα στο διαχυτήρα να μην δημιουργείται αρκετό κενό, για να αρχίσει η λειτουργία του κύριου αναβρυτήρα και να απορροφηθεί η βενζίνη. Για να αντιμετωπισθεί η δυσκολία αυτή ακριβώς, τοποθετήθηκε ο βοηθητικός αναβρυτήρας, ώστε η βενζίνη να απορροφάται ευκολότερα από τον



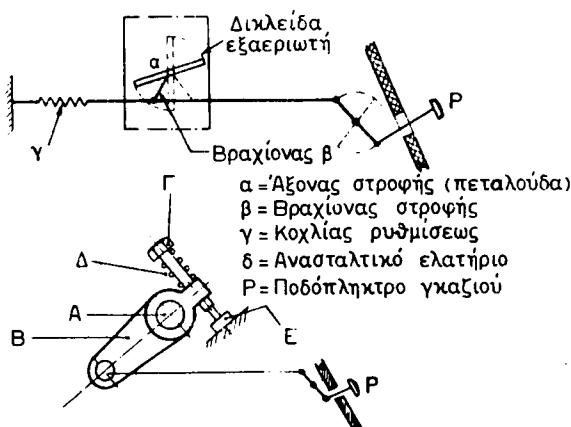
Σχ. 74.6α.

οχετό (Κ) και να ανεβαίνει μέχρι το σημείο (Ο), όπου έπικρατεί ισχυρό κενό, δεδομένου ότι το σημείο αυτό βρίσκεται ακριβώς πίσω από τη δικλείδα (Φ). Η βενζίνη αναμιγνύεται με το λίγο αέρα, ο οποίος διαφεύγει από το περιμετρικό διάκενο της πεταλούδας. Έτσι σχηματίζεται μικρή ποσότητα μίγματος με κανονική ή και πλουσιότερη από την κανονική αναλογία, που είναι ικανό να ξεκινήσει τη μηχανή. Η σύνθεση του μίγματος ρυθμίζεται από το ρυθμιστικό κοχλία (Ρ). [Όταν τον ξεβιδώνομε (αποκοχλιούμε) επιτρέπομε να περάσει περισσότερος αέρας από τη βοηθητική είσοδο (ε), όταν δε το βιδώνομε (κοχλιούμε) συμβαίνει το αντίθετο].

Έτσι, με τον απλό αυτό τρόπο ρυθμίζεται η λειτουργία της μηχανής στο ρελαντί. Η ρύθμιση αυτή πρέπει να γίνεται μόνο όταν η μηχανή είναι ήδη ζεστή.

Το σχήμα 74.6β παριστάνει τη σύνθεση του κουμπιού ή «πεντάλ του γκαζιού» (Ρ) ενός αυτοκινήτου με την «πεταλούδα» του εξαεριωτή μέσω του βραχίονα (β), με τον οποίο επιτυγχάνομε τις μεταβολές της ισχύος της μηχανής. Η δικλείδα (α) κανονικά περιστρέφεται με την ενέργεια του ποδιού του οδηγού επάνω στο κουμπί (Ρ), αλλά το ελατήριο (Υ) την επαναφέρει στην κλειστή θέση, όταν ο οδηγός πάψει να πιέζει το κουμπί, δηλαδή όταν πάψει να «πατάει το γκάζι».

Στο δεύτερο λεπτομερειακό διάγραμμα του σχήματος φαίνεται πώς ακριβώς είναι προσαρμοσμένος ο βραχίονας (Β) με τον άξονα στροφής της δικλείδας (Α).



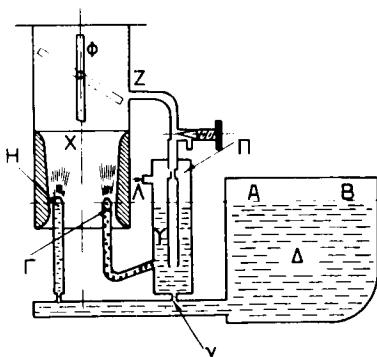
Σχ. 74.6β.

Ο βραχίονας (Β) στο άλλο άκρο του έχει ένα ρυθμιστικό κοχλία (Γ), ο οποίος μπορεί να βιδωθεί (κοχλιωθεί) περισσότερο ή λιγότερο έτσι ώστε να «πατάει» στο σημείο (Ε), προτού κλείσει τελείως η δικλείδα. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να ρυθμίσουμε τη μηχανή να λειτουργεί κανονικά και σε ελάχιστο αριθμό στροφών, ρυθμίζοντας το άνοιγμα της δικλείδας, όταν δεν έχουμε πιέσει καθόλου το κουμπί (Ρ) με το πόδι μας. Είναι φανερό ότι για να σταματήσουμε τη μηχανή, πρέπει απαραίτητα να διακόψουμε τη σπινθηροδότηση προς τους σπινθηριστές με τον ηλεκτρικό διακόπτη.

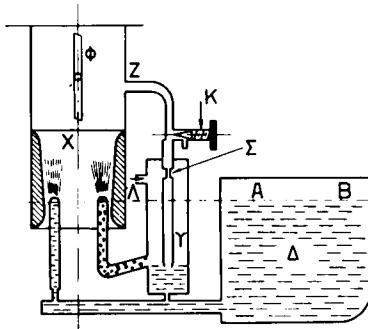
74.7 Ο εξαεριωτής Zenith (Zenith).

Τα σχήματα 74.7α και 74.7β παριστάνουν εξαεριωτή τύπου Zenith, ο οποίος είναι ένας από τους σύγχρονους τύπους και ικανοποιεί τις ανάγκες κανονικής αναλογίας του μίγματος κάτω από συνθήκες σταθερού φορτίου, καθώς επίσης και κάτω από συνθήκες άεργης λειτουργίας της μηχανής (ρελαντί), επιταχύνσεως της κ.λπ. και γενικά μεταβολής της ιπποδυνάμεως.

Ο εξαεριωτής Zenith είναι εφοδιασμένος με δύο κύριους αναβρυτήρες (ζικλέρ): τον κύριο (Η) και το βοηθητικό ή αντισταθμιστικό (Γ). Και οι δύο παρέχουν βενζίνη στον κοινό διαχυτήρα (Χ) και έχουν προορισμό τη δημιουργία σταθερής αναλογίας μίγματος. Η διατομή του κύριου αναβρυτήρα (Η) επαρκεί για να τροφοδοτήσει τον κινητήρα με την απαιτούμενη βενζίνη στην περίπτωση συνηθισμένης λειτουργίας του. Δεν επαρκεί όμως για να καλύψει τις απαιτήσεις του κινητήρα σε περίπτωση υπερταχύνσεως ή αυξήσεως του φορτίου του. Το απαιτούμενο



Σχ. 74.7α.



Σχ. 74.7β.

συμπλήρωμα βενζίνης παρέχεται στην περίπτωση αυτή από το βιοθητικό αναβρυτήρα.

Η όλη λειτουργία του εξαεριωτή Zenith έχει ως εξής:

Όταν η μηχανή εργάζεται άφορτη στο ρελαντί, τροφοδοτείται από τον αναβρυτήρα της άφορτης λειτουργίας (Z), ενώ οι αναβρυτήρες (H) και (Γ) και το φρεάτιο (Y) είναι γεμάτα μέχρι τη στάθμη (AB). [Το δε φρεάτιο (Y) συγκοινωνεί με την ατμόσφαιρα μέσω της οπής Λ].

Εάν ανοίξομε τον αεριοφράκτη (Φ), τότε οι αναβρυτήρες (H) και (Γ) θα χορηγήσουν βενζίνη, με τη διαφορά ότι η βενζίνη στον αναβρυτήρα (H) έρχεται απ' ευθείας από το δοχείο (Δ), ενώ στον αντισταθμιστικό αναβρυτήρα (Γ) έρχεται από το φρεάτιο (Y) σε περιορισμένη ποσότητα. Μόλις επομένως ανοίξομε τη δικλείδα (Φ), ο αντισταθμιστικός αναβρυτήρας θα χορηγήσει τη βενζίνη από το φρεάτιο (Y), μέχρις ότου η στάθμη σ' αυτό κατέβει στο κατώτατο σημείο, όπως παριστάνεται στο σχήμα 74.7β. Έτσι βαδιμηδόν ο αντισταθμιστικός αναβρυτήρας παύει να δίνει βενζίνη, μέχρις ότου το φρεάτιο (Y) αδειάσει, οπότε και αρχίζει να παρέχει αέρα, ο οποίος εισέρχεται από την οπή (Λ), ώστε τελικά το μίγμα να μη γίνεται πολύ πλούσιο.

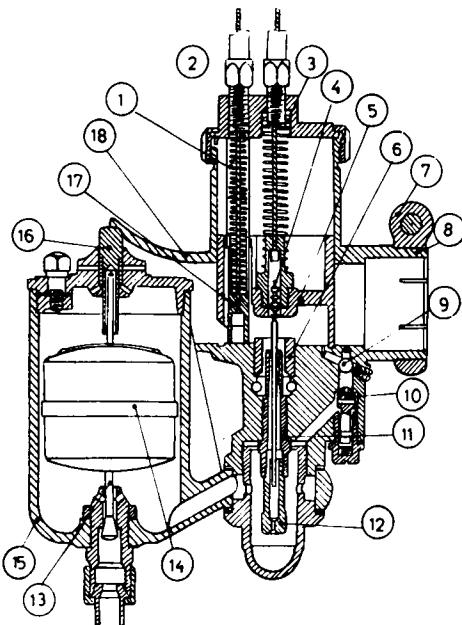
Εάν κλείσομε τώρα την «πεταλούδα» (Φ), τότε η αναρρόφηση του κυλίνδρου γίνεται μικρότερη και η στάθμη στο φρεάτιο (Y) αρχίζει βαθμηδόν να ανέρχεται μέσω της οπής (γ), ώστε να υπάρχει σ' αυτό απόθεμα βενζίνης διαθέσιμο για μία απότομη αύξηση του φορτίου ή της ταχύτητας της μηχανής.

Στα σχήματα 74.7α και 74.7β βλέπομε επίσης ότι ο αναβρυτήρας του ρελαντί (Z) αναρροφά βενζίνη από το βιοθητικό φρεάτιο (Y), η δε ρύθμιση της ποσότητας βενζίνης, την οποία παρέχει κατά τη λειτουργία, δηλαδή η ρύθμιση του ελάχιστου αριθμού στροφών της μηχανής, γίνεται με τη βοήθεια του ρυθμιστικού κοχλία (K).

74.8 Άλλοι τύποι εξαεριωτών.

Εκτός από τον εξαεριωτή Zenith πολλοί άλλοι τύποι κατασκευάσθηκαν και χρησιμοποιούνται χωρίς να διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους στη λειτουργία τους. Κάθε ένας από αυτούς παρουσιάζει μόνο ορισμένες μικροδιαφορές, ανάλογα με τη χρήση και τον προορισμό, που προβλέπεται να εξυπηρετήσει.

Από αυτούς, οι πιο γνωστοί είναι οι εξαεριωτές τύπου Solex, τύπου Stromberg, Weber κ.λπ., καθώς επίσης ο εξαεριωτής Dell'Orto, ο οποίος χρησιμοποιείται πολύ σε μοτοσυκλέτες (σχ.



Σχ. 74.8.

1) Ελατήριο ελέγχου εισόδου αέρα. 2) Κοχλίας ελέγχου εισερχόμενου αέρα. 3) Ελατήριο ελέγχου επιταχύνσεως. 4) Βάκτρο επιταχυντή. 5) Βαλβίδα επιταχυντή με κιβώτιο. 6) Αναμίκτης. 7) Λαιμός προσαρμογής του εξαεριωτή στον κινητήρα. 8) Σύνδεσμος προσαρμογής του εξαεριωτή στον κινητήρα. 9) Παροχή αέρα άφορτης λειτουργίας (ρελαντί). 10) Αναβρυτήρας (ζικλέρ) άφορτης λειτουργίας. 11) Διαχυτήρας μέγιστης παροχής. 12) Αναβρυτήρας μέγιστης παροχής. 13) Βαλβίδα πλωτήρα. 14) Πλωτήρας. 15) Δοχείο βενζίνης. 16) Κομβίο ενεργοποίησεως του πλωτήρα. 17) Βαλβίδα αέρα με κιβώτιο. 18) Σάλπιγγα αναρροφήσεως αέρα.

74.8) και ο εξαεριωτής Bendix - Stromberg.

Από αυτούς, ειδικοί τύποι εξαεριωτών με ορισμένες παραλαγές από τους εξαεριωτές βενζίνης χρησιμοποιούνται για τους κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν με μεθάνιο ή φυσικό αέριο, αέριο υψηλαρίων, υγροποιημένα αέρια, αέριο αεριογόνων κ.λπ., τους οποίους ονομάζομε, **αεριοκινητήρες** ή **αεριομηχανές**.

74.9 Απαιτήσεις εξαεριωτών αεροπλάνων.

Στην αεροπορία ο εξαεριωτής κλασσικού τύπου χρησιμοποιείται πάντοτε σε κινητήρες μικρού κυλινδρισμού, όπως π.χ. σε αεροσκάφη τουρισμού, ψεκασμού κ.λπ., γιατί οι επιδόσεις των

αεροσκαφών αυτών δεν απαιτούν ειδικούς εξαεριωτές με πολλαπλές ικανότητες.

Σε κινητήρες όμως μεγάλων διαστάσεων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για βαρύτερα έργα και σοβαρότερες αποστολές, χρησιμοποιούνται οι εξαεριωτές με εγχυτήρα βενζίνης και η καθαρή μηχανική έγχυση της βενζίνης.

Ένας εξαεριωτής αεροπλάνου πρέπει:

α) Να εξασφαλίζει την ομαλή παροχή του καυσίμου, ανεξάρτητα από τις δυναμικές συνθήκες, στις οποίες το αεροσκάφος υπόκειται κατά την πτήση. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υφίστανται ειδικές διατάξεις για τη διατήρηση σταθερής στάθμης βενζίνης, ακόμη και για την περίπτωση της ανεστραμμένης πτήσεως του αεροσκάφους.

β) Να εξασφαλίζει ανεξάρτητα από τις πιο πάνω δυναμικές συνθήκες την ομοιογένεια του παρεχόμενου μίγματος.

γ) Να εξασφαλίζει τη σταθερή αναλογία του μίγματος με τρόπο αυτόματο ανεξάρτητα από θερμοκρασία και πίεση, οι οποίες επηρεάζονται αισθητά από το υψόμετρο της πτήσεως του αεροσκάφους με τη βοήθεια του καλούμενου **υψομετρικού διορθωτή**.

δ) Να επιτυγχάνει αυτόματο εμπλούτισμό του μίγματος σε περιπτώσεις απαιτήσεων πλήρους ισχύος από τον κινητήρα.

ε) Να περιορίζει αυτόματα σε κινητήρες με συμπιεστή υπερτροφοδοτήσεως την πίεση τροφοδοτήσεως στις περιπτώσεις ελαττωμένης ιπποδυνάμεως του κινητήρα.

στ) Να επιτρέπει την ταχύτατη διακοπή της τροφοδοτήσεως του κινητήρα με χειροκίνητη διάταξη σε περιπτώσεις κινδύνου πυρκαγιάς.

ζ) Να επιτυγχάνει επαρκή θέρμανση του ίδιου του εξαεριωτή και των συνδεομένων με αυτόν αγωγών ειδικά σε αεροσκάφη που πετούν σε μεγάλα ύψη, όπου λόγω και του μεγάλου ποσού θερμότητας, το οποίο απορροφάται κατά την εξάτμιση της βενζίνης, υπάρχει σοβαρός κινδυνός να σχηματισθεί πάγος από την υγρασία της ατμόσφαιρας.

Η θέρμανση αυτή επιτυγχάνεται είτε με προθέρμανση του αέρα με τα θερμά καυσαέρια της εξαγωγής, είτε με θέρμανση των μερών, που κινδυνεύουν από σχηματισμό πάγου, με το θερμό νερό της κυκλοφορίας ή με το θερμό λάδι λιπάνσεως ή με τα θερμά καυσαέρια της εξαγωγής. Τέλος, επιτυγχάνεται με εισαγωγή αντιψυκτικών μιγμάτων (γενικά με βάση την άνυδρο αλκοόλη), τα οποία αναμιγνύομενα με την υγρασία του αέρα

χαμηλώνουν το σημείο πήξεως αυτής.

Για την αντιμετώπιση αυτών των απαιτήσεων, η Τεχνική στράφηκε προς τον τρόπο εγχύσεως βενζίνης υπό πίεση. Δημιουργήθηκαν έτσι δύο Σχολές. Η Γερμανική, επεδίωξε την επίλυση του προβλήματος με ριζικό τρόπο, με μηχανική δηλαδή έγχυση της βενζίνης, όπως περίπου γίνεται στους κινητήρες Diesel. Η άλλη σχολή, η Αγγλοαμερικανική, επεδίωξε την τροποποίηση και την τελειοποίηση του κλασσικού εξαεριωτή και κατέληξε στη διαμόρφωση του εξαεριωτή με εγχυτήρα βενζίνης, στον οποίο η βενζίνη εγχέεται συνεχώς μέσα στον οχετό του αέρα με τη βοήθεια εγχυτήρα υπό πολύ χαμηλή πίεση 1,3 - 1,4 kg/cm², και υπό μορφή οιμήλης. Έτσι επιτυγχάνεται η τέλεια ανάμιξη της με τον καυσιγόνο αέρα και σχηματίζεται το ομοιογενές μίγμα καυσίμου - αέρα, το οποίο θα συμπιεσθεί στη συνέχεια μέσα στον κύλινδρο, για να αναφλεγεί την κατάλληλη στιγμή με τη βοήθεια του σπινθηριστή. Το τελευταίο σύστημα ονομάζεται και σύστημα **συνεχούς εγχύσεως** ή σύστημα εγχύσεως υπό **χαμηλή πίεση**.

Στην περίπτωση κινητήρων με αεριοσυμπιεστή υπερτροφοδοτήσεως η έγχυση της βενζίνης πραγματοποιείται μέσα στον οχετό του αέρα μετά τη δικλείδα και λίγο πριν από τον αεριοσυμπιεστή.

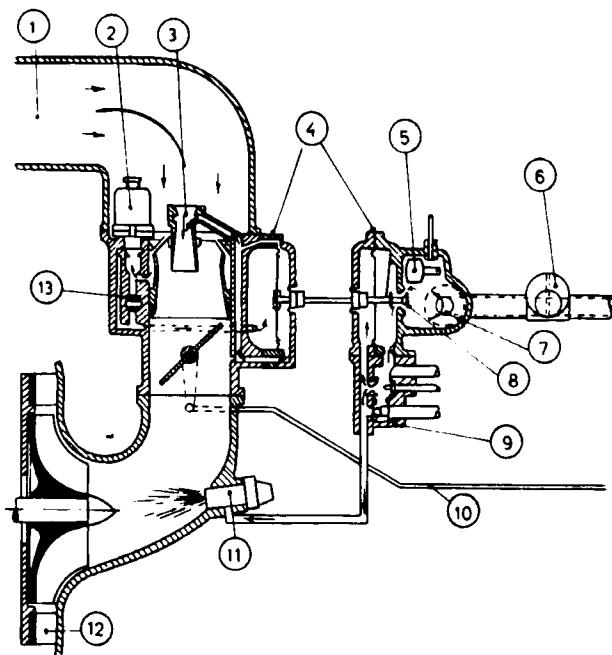
74.10 Εξαεριωτής με εγχυτήρα τύπου Bendix - Stromberg.

Για την εφαρμογή των όσων είπαμε προηγουμένως χρησιμοποιείται πολύ ο εξαεριωτής Bendix - Stromberg (σχ. 74.10).

Η λειτουργία του γίνεται ως εξής:

Κατ' αρχήν το καύσιμο εγχέεται υπό πίεση στην είσοδο του συμπιεστή (12). Η ρύθμιση της ποσότητας του καυσίμου γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια μιας ρυθμιστικής διατάξεως (4) ευαίσθητης στην πίεση του αέρα, που περνά από το διαχυτήρα. Έτσι, η ποσότητα του καυσίμου, που εγχέεται, είναι ανάλογη προς την ποσότητα του αέρα, ο οποίος διέρχεται προς τον κύλινδρο. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από το άνοιγμα διόδου, που αφήνει κάθε φορά η θέση της ρυθμιστικής δικλείδας (πεταλούδας) (10). Η σωστή αναλογία του μίγματος επιτυγχάνεται τελικά μετά από κατάλληλη διόρθωσή της από ειδική γι' αυτό το σκοπό διάταξη, που ελέγχεται από τη βαρομετρική «κάψουλα» (2).

Εκτός από την αυτόματη αυτή ρύθμιση υπάρχουν επίσης και



Σχ. 74.10.

1) Εισαγωγή αέρα. 2) Βαρομετρική «κάψουλα». 3) Ρυθμιστικός διαχυτήρας. 4) Ρυθμιστικό συγκρότημα. 5) Αποχωριστής ατμών βενζίνης. 6) Αντλία καυσίμου. 7) Φίλτρο καυσίμου. 8) Βαλβίδα εισαγωγής της βενζίνης. 9) Κιβώτιο βαλβίδων. 10) Μοχλός χειρισμού της δικλείδας (πεταλούδας). 11) Εγχυτήρας βενζίνης. 12) Συμπιεστής υπερτροφοδοτήσεως. 13) Βαλβίδα απομονώσεως της βαρομετρικής κάψουλας.

ορισμένα χειριστήρια με τα οποία μέσω βαλβίδων (9) είναι δυνατή η μεταβολή της αναλογίας του μίγματος, ώστε να είναι κατάλληλο για τις διάφορες κάθε φορά συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Δηλαδή για την άφορτη λειτουργία του, τη λειτουργία του σε συνηθισμένη πορεία, τις συνθήκες λειτουργίας του σε υπερφόρτωση και τη λειτουργία του σε κίνδυνο.

Ο τύπος αυτός του εξαεριωτή με έγχυση της βενζίνης επιτυγχάνει την ασφαλέστερη λειτουργία για τα αεροσκάφη, γιατί αφ' ενός μεν εμποδίζει το σχηματισμό πάγου στο διαχυτήρα, αφ' ετέρου δε εγγυάται την κανονική παροχή του καυσίμου ακόμη και στις πιο δύσκολες συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα όπως η περίπτωση των ακροβατικών πτήσεων.

Εκτός από αυτά επιτυγχάνει την ακριβή ρύθμιση της σωστής

κάθε φορά αναλογίας του μίγματος. Έτσι βελτιώνει παράλληλα και την ειδική κατανάλωση του καυσίμου και τη μέση πραγματική πίεση σε σύγκριση με το συνηθισμένο κλασσικό τύπο εξαεριωτή.

74.11 Η μηχανική έγχυση της βενζίνης.

Η μηχανική έγχυση, τα πλεονεκτήματα της οποίας είδαμε στην παράγραφο 74.9, εφαρμόζεται τελευταία και σε βενζινοκινητήρες αυτοκινήτων, όπως π.χ. των εργοστασίων Peugeot (Πεζώ), Mercedes - Benz (Μερσεντές Μπενζ) κ.ά.

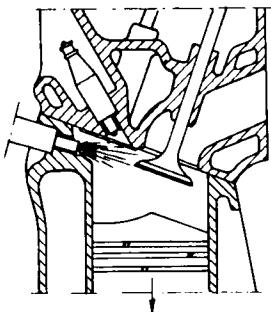
Οι κινητήρες, στους οποίους χρησιμοποιείται η μηχανική έγχυση, είναι συνηθισμένοι κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη με τη βοήθεια σπινθηριστή. Σ' αυτούς το μίγμα καυσίμου - αέρα σχηματίζεται είτε κατ' ευθείαν μέσα στον κύλινδρο, είτε στον αγωγό εισαγωγής του κυλίνδρου πριν από τη βαλβίδα εισαγωγής με τμηματικές κάθε φορά εγχύσεις βενζίνης, τις οποίες παρέχει ο εγχυτήρας.

Οι κινητήρες αυτοί δεν πρέπει να συγχέονται με τους κινητήρες Diesel, παρ' όλο που μοιάζουν πολύ με αυτούς, δεδομένου ότι και η ανάφλεξη και η καύση γίνονται με τρόπο ακριβώς όμοιο όπως στους κινητήρες με εξαεριωτή.

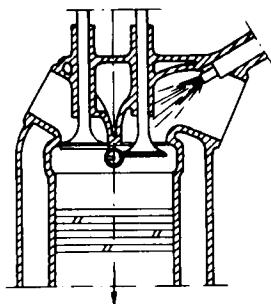
'Ένα πλεονέκτημα των κινητήρων με μηχανική έγχυση βενζίνης είναι ότι, επειδή με τη μέθοδο της εγχύσεως η βενζίνη παραμένει, μέσα στον κύλινδρο, μέχρις ότου αναφλεγεί από το σπινθηριστή λιγότερο χρόνο, κινδυνεύει λιγότερο από την κρουστική καύση και επιτρέπει έτσι μεγαλύτερο βαθμό συμπιέσεως του κυλίνδρου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης ενδεικτικής πιέσεως του κινητήρα, δηλαδή της ενδεικτικής ιπποδυνάμεως του.

Σε **κινητήρες 4 χρόνων** η μηχανική έγχυση πραγματοποιείται κατ' ευθείαν μέσα στον κύλινδρο (σχ. 74.11α) ή μέσα στον αγωγό αναρροφήσεως του κυλίνδρου ακριβώς πριν από τη βαλβίδα αναρροφήσεως (σχ. 74.11β).

Η έγχυση στον αγωγό γίνεται γενικά κατά τη διάρκεια της φάσεως αναρροφήσεως ή και νωρίτερα, εφ' όσον δηλαδή η βαλβίδα αναρροφήσεως είναι ακόμη κλειστή. Όταν πάλι γίνεται κατ' ευθείαν μέσα στον κύλινδρο, μπορεί να πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της συμπιέσεως, οπότε και η εξάτμιση της βενζίνης είναι ευκολότερη. Αυτό πάντως γίνεται απαραίτητα σε κινητήρες εφοδιασμένους με συμπιεστή υπερτροφοδοτήσεως.



Σχ. 74.11α.



Σχ. 74.11β.

Η διάρκεια της εγχύσεως είναι ανάλογη με το φορτίο του κινητήρα, δηλαδή ανάλογη με την ποσότητα του καυσίμου που πρέπει να εισαχθεί στον κύλινδρο ανά κύκλωμα. Συνήθως, για τις συνθήκες πλήρους φορτίου, κυμαίνεται από 20° έως 100° μετά το Α.Ν.Σ. κατά τη φάση της εισαγωγής του αέρα.

Οι συνηθισμένοι τετράχρονοι κινητήρες με μηχανική έγχυση παρουσιάζουν κατά 10 - 15% μικρότερη κατανάλωση καυσίμου σε σύγκριση με τους κινητήρες με εξαεριωτή. Επίσης και ελαφρά αύξηση της ιπποδυνάμεώς τους.

Το σχήμα 74.11γ παριστάνει ένα τυπικό σπειροειδές διάγραμμα ρυθμίσεως ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα με μηχανική έγχυση, όπου είναι:

ΑΒ αναρρόφηση αέρα.

ΗΘ έγχυση βενζίνης κατά τη διάρκεια της αναρροφήσεως.

ΒΓ συμπίεση του μίγματος.

ΓΔ ανάφλεξη - καύση.

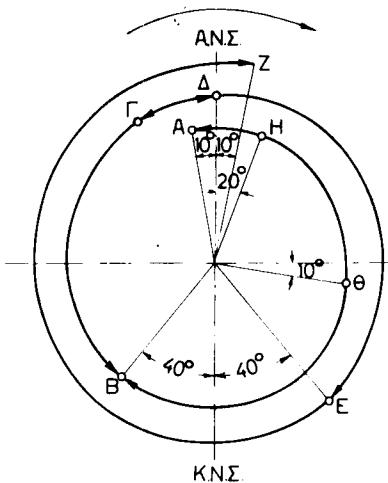
ΔΕ εκτόνωση.

ΕΖ εξαγωγή.

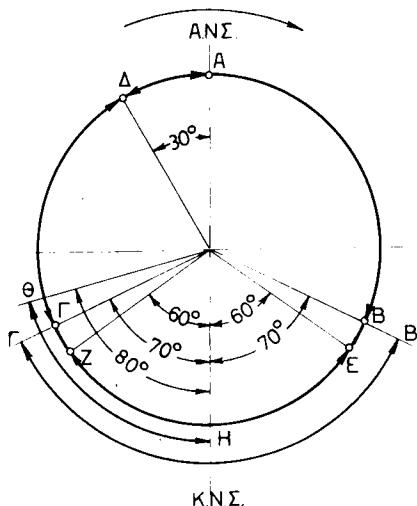
Η πίεση της εγχύσεως κυμαίνεται από 30-50 kg/cm², καμιά φορά δε και σε μεγαλύτερες τιμές.

Σε **κινητήρες 2 χρόνων** η μηχανική έγχυση εφαρμόζεται λιγότερο. Και σ' αυτούς πάντως παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους κινητήρες 2 χρόνων με εξαεριωτή, όπως βασικά μικρότερη κατανάλωση και αυξημένη ιπποδύναμη.

Η πίεση της εγχύσεως είναι και στην περίπτωση των διχρόνων κινητήρων περίπου 30 - 50 kg/cm². Η ευνοϊκότερη στιγμή ενάρξεως της εγχύσεως είναι όταν το έμβολο βρίσκεται περίπου



Σχ. 74.11γ.



Σχ. 74.11δ.

στο Κ.Ν.Σ., οπότε γίνεται και καλή εκμετάλλευση του στροβιλισμού του αέρα κατά τη διάρκεια της σαρώσεως του κυλίνδρου για το σχηματισμό ομοιομερούς μίγματος. Η διάρκεια της εγχύσεως εξαρτάται και εδώ από το φορτίο.

Το σχήμα 74.11δ παριστάνει ένα τυπικό διάγραμμα ρυθμίσεως της λειτουργίας ενός συνηθισμένου δίχρονου κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης, όπου βλέπομε ότι είναι:

ΑΒ **εκτόνωση**.

ΒΓ **εξαγωγή** καυσαερίων.

ΕΖ **εισαγωγή** αέρα ή σάρωση.

ΗΘ **έγχυση** βενζίνης.

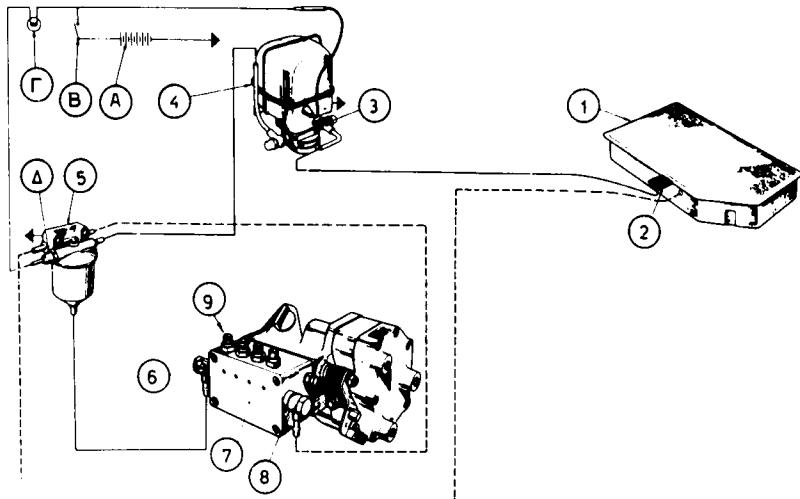
ΓΔ **συμπίεση** του μίγματος.

ΔΑ **ανάφλεξη - καύση**.

74.12 Το δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης – Αντλίες και καυστήρας μηχανικής εγχύσεως.

Το σχήμα 74.12α παριστάνει ένα τυπικό διάγραμμα του δικτύου τροφοδοτήσεως του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης, όπως ακριβώς χρησιμοποιείται σε ορισμένης κατηγορίας

α) Δίκτυο τροφοδοτήσεως.



Σχ. 74.12α.

1) Δοχείο βενζίνης. 2) Φίλτρο αναρροφήσεως βενζίνης. 3) Προ-φίλτρο αντλίας παροχής βενζίνης. 4) Ηλεκτρική αντλία παροχής βενζίνης. 5) Κύριο φίλτρο. 6) Προ-φίλτρο αντλίας μηχανικής εγχύσεως. 7) Σώμα αντλίας. 8) Επιστροφές βενζίνης προς κύριο φίλτρο. 9) Σύνδεσμος σωληνώσεων καταθλίψεως προς καυστήρες. Α) Συσσωρευτές. Β) Ηλεκτρικός διακόπτης. Γ) Ενδεικτική λυχνία βενζίνης σε πίνακα οργάνων. Δ) Πιεζοστατικός διακόπτης βενζίνης ρυθμισμένος σε $0,5 \text{ kg/cm}^2$.

αυτοκίνητα των εργοστασίων Peugeot.

Με τη συνεχή γραμμή στο διάγραμμα αυτό παριστάνεται η κυκλοφορία της παροχής της βενζίνης, και με τη διακεκομμένη η κυκλοφορία των επιστροφών.

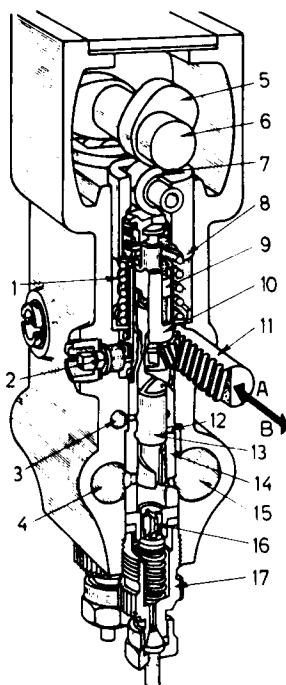
Η λειτουργία του όλου συστήματος έχει ως εξής:

Η ηλεκτρική αντλία παροχής βενζίνης (4) ενεργοποιείται, μόλις κλείσει κύκλωμα ο ηλεκτρικός διακόπτης (Β), αναρροφά τη βενζίνη από το δοχείο (1) μέσω του φίλτρου (2), την καταθλίβει προς το κυρίως φίλτρο (5), στη συνέχεια δε μέσω του φίλτρου (6) προς την αντλία μηχανικής εγχύσεως (7). Η αντλία μηχανικής εγχύσεως καταθλίβει την καθορισμένη ανάλογα με το φορτίο ποσότητα βενζίνης προς κάθε έναν από τους κυλίνδρους μέσω των σωληνίσκων, οι οποίοι προσαρμόζονται στους συνδέσμους (9) και υπό υψηλή πίεση, 30 kg/cm^2 περίπου. Η περίσσεια ποσότητα βενζίνης επιστρέφει από την αντλία μηχανικής εγχύσεως στο κυρίως φίλτρο (5) και από εκεί στο δοχείο βενζίνης (1).

β) Αντλία βενζίνης μηχανικής εγχύσεως.

Έργο της αντλίας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης (σχ. 74.12β) είναι η κατάθλιψη της αναγκαίας ποσότητας καυσίμου τη δεδομένη στιγμή, προς τους κυλίνδρους. Επίσης και η διακοπή αυτής, πράγμα το οποίο εξαρτάται και από το στιγμιαίο φορτίο της μηχανής.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η ταχύτητα περιστροφής (στρ/λεπτό) των αντλιών μηχανικής εγχύσεως, στις τετράχρο-



Σχ. 74.12β.

- 1) Ελατήριο επαναφοράς. 2) Ρύθμιση του στοιχείου της αντλίας. 3) Συλλέκτης διαφυγών βενζίνης. 4) Συλλέκτης επιστροφής βενζίνης. 5) Έκκεντρο. 6) Εκκεντροφόρος άξονας. 7) Τρόχιλος κινήσεως του εμβόλου της αντλίας (ράουλο). 8) Ωστήριο. 9) Πτερύγιο περιστροφής του εμβολίσκου της αντλίας. 10) Χιτώνιο ρυθμίσεως της περιφερειακής θέσεως του εμβολίσκου της αντλίας. 11) Οδοντωτός κανόνας μεταβολής της θέσεως του ρυθμιστικού χιτωνίου. 12) Λαιμός εξαγωγής. 13) Εμβολίσκος της αντλίας. 14) Κύλινδρος της αντλίας. 15) Θάλαμος αναρροφήσεως. 16) Βαλβίδα καταθλίψεως. 17) Σύνδεσμος. A. Κατεύθυνση κινήσεως του οδοντωτού κανόνα για μεγαλύτερη παροχή βενζίνης. B. Κατεύθυνση κινήσεως του οδοντωτού κανόνα για μικρότερη παροχή βενζίνης.

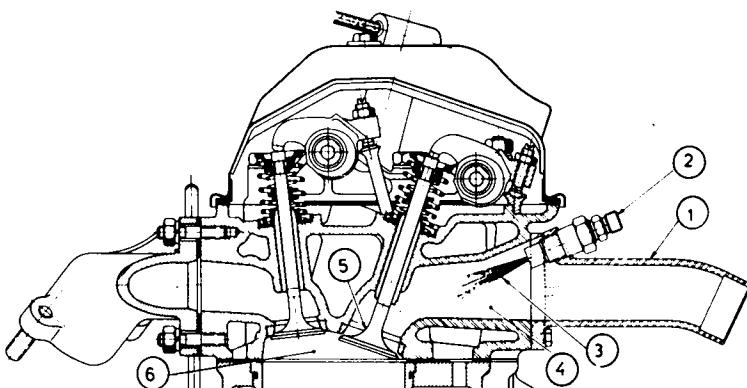
νες μηχανές, όπου έχομε σε κάθε 2 στροφές μία έγχυση, είναι ίση προς το 1/2 του αριθμού στροφών του κινητήρα, ενώ στις δίχρονες, όπου έχομε σε κάθε 1 στροφή και μία έγχυση είναι ίση ακριβώς προς τον αριθμό στροφών του κινητήρα. Το ίδιο άλλωστε συμβαίνει και στις αντλίες μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου στις μηχανές Diesel.

γ) Εγχυτήρας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης.

Η βαλβίδα του εγχυτήρα αυτού ανοίγει με την πίεση που δημιουργεί η αντλία μηχανικής εγχύσεως και επιτρέπει την έγχυση της βενζίνης τη δεδομένη στιγμή. Κλείνει επίσης σε δεδομένη στιγμή, όταν πάψει η πίεση της μηχανικής εγχύσεως από την αντλία με τη βοήθεια του επανατακτικού ελατηρίου της βαλβίδας.

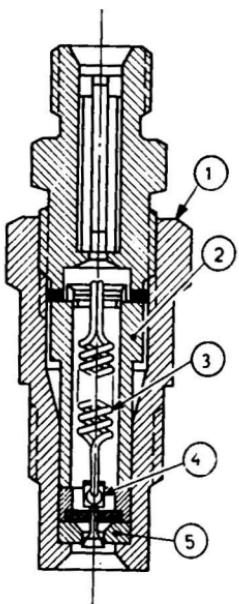
Το σχήμα 74.12γ παριστάνει κυρίως τον κώνο εγχύσεως της βενζίνης από τον εγχυτήρα πριν από τη βαλβίδα σε ένα κινητήρα τύπου Peugeot.

Το σχήμα 74.12δ παριστάνει σε τομή τον καυστήρα ο οποίος χρησιμοποιείται σ' αυτὸν τον κινητήρα, το δε σχήμα 74.12ε τον ίδιον τον καυστήρα λυμένο σε προοπτική απεικόνισης.



Σχ. 74.12γ.

1) Οχετός εισαγωγής αέρα. 2) Εγχυτήρας μηχανικής εγχύσεως. 3) Κώνος εγχύσεως βενζίνης. 4) Θάλαμος αναρροφήσεως. 5) Βαλβίδα εισαγωγής. 6) Θάλαμος καύσεως.

**Σχ. 74.12δ.**

- 1) Περιβλήμα εγχυτήρα. 2) Σώμα εγχυτήρα.
3) Επανατακτικό ελατήριο βαλβίδας. 4) Βαλ-
βίδα. 5) Έδρα βαλβίδας.

**Σχ. 74.12ε.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 75

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΛΕΞΕΩΣ ΣΤΗ BENZINOMΗΧΑΝΗ

75.1 Γενικά.

Η αναγκαία για την ανάφλεξη του μίγματος καυσίμου - αέρα σπινθηροδότηση μέσα στο θάλαμο καύσεως του κυλίνδρου είναι δυνατόν να παραχθεί από τις εξής ηλεκτρικές πηγές:

- α) Από ηλεκτρικές στήλες.
- β) Από συσσωρευτές (μπαταρίες).
- γ) Από δυναμοηλεκτρική μηχανή (δυναμό).
- δ) Από μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό).

Και τα τέσσερα αυτά συστήματα ρευματοδοτήσεως έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Σ' αυτό το Κεφάλαιο θα περιγράψουμε βασικά το σύστημα, με συσσωρευτές που χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα και είναι το πιο συνηθισμένο και παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Επίσης θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές μόνο το σύστημα με μαγνητοηλεκτρική μηχανή.

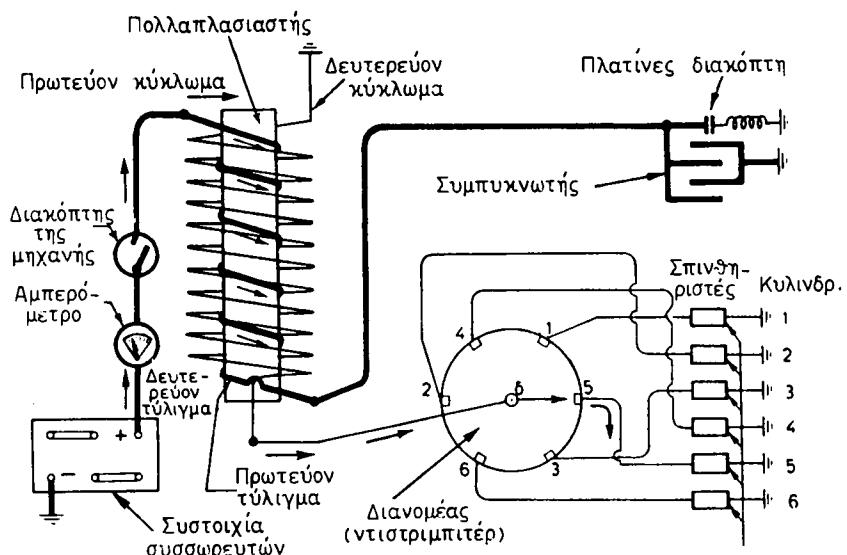
75.2 Σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές.

A. Περιγραφή.

Για να παραχθεί ο σπινθήρας, ο οποίος θα προκαλέσει την ανάφλεξη του μίγματος, απαιτείται ηλεκτρικό ρεύμα υπό υψηλή τάση. Την τάση αυτή δημιουργεί το σύστημα αναφλέξεως και την οδηγεί διαδοχικά μέσα στους κυλίνδρους, στους οποίους προκαλείται ο σπινθήρας.

Το σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές παριστάνεται διαγραμματικά στο σχήμα 75.2α, είναι δε κύκλωμα **ενός αγωγού**, όπως λέμε, γιατί ως δεύτερος αγωγός επιστροφής του ρεύματος χρησιμοποιείται το μεταλλικό σώμα της μηχανής.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα και όργανα:



Σχ. 75.2α.

α) **Συστοιχία των συσσωρευτών** 6 έως 12 Volt, β) **αμπερόμετρο**, γ) **διακόπτη** της μηχανής, δ) **πολλαπλασιαστής**, ε) **διακόπτη με τις πλατίνες**, στ) **διανομέα**, ζ) **σπινθηριστές**.

Τα πιο ενδιαφέροντα από τα εξαρτήματα αυτά είναι τα τέσσερα τελευταία, τα οποία και θα εξετάσουμε λεπτομερώς πιο κάτω.

Ο **πολλαπλασιαστής** αποτελείται από ένα σιδηρένιο πυρήνα, επάνω στον οποίο υπάρχουν δύο τυλίγματα, το **πρωτεύον τύλιγμα**, που αποτελείται από λίγες και χονδρές σπείρες, και το **δευτερεύον**, που αποτελείται από πολλές και λεπτές σπείρες αντίστοιχα.

Από το πρωτεύον τύλιγμα διέρχεται συνεχώς το ρεύμα, που παρέχουν οι συσσωρευτές. Όταν το ρεύμα διακοπεί απότομα μέσα στο δευτερεύον κύκλωμα δημιουργείται ρεύμα με πολύ μεγαλύτερη τάση, το οποίο και δημιουργεί το σπινθήρα αναφλέξεως.

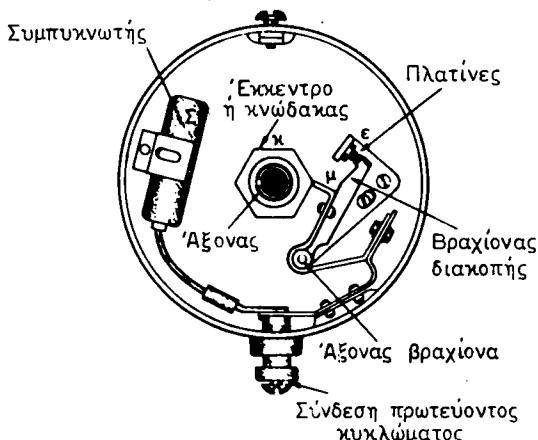
Ο **διακόπτης με τις πλατίνες** (σχ. 75.2β) είναι το όργανο, που διακόπτει την κατάλληλη στιγμή το συνεχές ρεύμα, του πρωτεύοντος κυκλώματος και προκαλεί τη δημιουργία του ρεύματος υψηλής τάσεως για το σπινθήρα. Κατά κανόνα βρίσκεται μέσα στο κιβώτιο του διανομέα.

Ο διανομέας (σχ. 75.2β) είναι το όργανο, που οδηγεί στους σπινθηριστές, που βρίσκονται μέσα στους κυλίνδρους, το ρεύμα της υψηλής τάσεως την κατάλληλη στιγμή κλείνοντας την αντίστοιχη επαφή.

Αποτελείται από έναν άξονα, ο οποίος κινείται από τον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών. Ο άξονας του διανομέα, ο οποίος είναι και ο άξονας του διακόπτη, καταλήγει μέσα στο κιβώτιό του σε ένα πολυγωνικό έκκεντρο (κνώδακα), που έχει τόσες γωνίες, όσοι είναι και οι κύλινδροι της μηχανής (στο σχήμα 75.2β είναι 6).

Όταν το πολυγωνικό αυτό έκκεντρο περιστρέφεται, οι γωνίες του ενέργούν επάνω στο μοχλό (μ), ο οποίος μετακινείται έτσι, ώστε να προκαλεί τον αποχωρισμό των δύο επαφών (ϵ), που είναι κατασκευασμένες από πλατίνα. Με τον αποχωρισμό των επαφών προκαλείται η διακοπή του ρεύματος στο πρωτεύον κύκλωμα του πολλαπλασιαστή, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μέσα στο δευτερεύον κύκλωμα ρεύμα εξ επαγγεγής υψηλής τάσεως μέχρι και 20.000 Volt.

Μέσα στο κιβώτιο του διανομέα υπάρχει επίσης ο **συμπυκνωτής** (Σ). Αυτός έχει προορισμό να εμποδίζει τη δημιουργία σπινθήρων μεταξύ των πλατινών (ϵ) τη στιγμή που απομακρύνεται η μία από την άλλη, και να προλαβαίνει με αυτόν τον τρόπο την καταστροφή της πλατίνας των επαφών. Αυτό είναι απαραίτητο γιατί, όπως γνωρίζομε από τον Ηλεκτρισμό, όταν διακόπτεται



Σχ. 75.2β.

ένα κύκλωμα, υπάρχει πάντοτε η τάση να δημιουργηθεί σπινθήρας στα σημεία της διακοπής. Αν όμως παράλληλα προς το διακόπτη τοποθετηθεί ένας συμπυκνωτής, τότε το ρεύμα των σπινθήρων (επίρρευμα διακοπής) περνάει, χωρίς να προκαλέσει καμιά ζημιά, μέσα από τον πυκνωτή:

Ο διανομέας έχει επίσης ένα περιστρεφόμενο δάκτυλο (δ) (σχ. 75.2α), που περιστρέφεται με τον άξονα αυτού και κλείνει διαδοχικά το κύκλωμα με κάθε ένα από τα καλώδια, τα οποία οδηγούν το ρεύμα προς τους σπινθηριστές των κυλίνδρων.

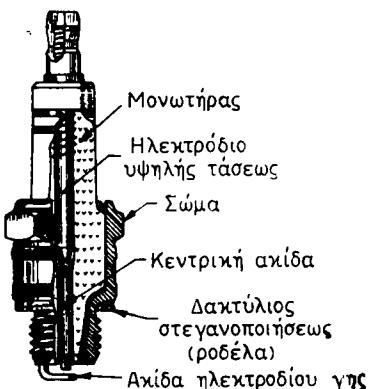
Ο **σπινθηριστής** (μπουζί) (σχ. 75.2γ) είναι το όργανο το οποίο δίνει το σπινθήρα στους κυλίνδρους.

Αποτελείται από ένα κεντρικό ηλεκτρόδιο, που περιβάλλεται από μονωτική πορσελάνη. Η πορσελάνη είναι τοποθετημένη μέσα στο μεταλλικό κέλυφος, που καταλήγει σε σπείρωμα, με το οποίο ο σπινθηριστής βιδώνεται στο πώμα του κυλίνδρου.

Το κέλυφος αυτό στο κατώτερο μέρος του καταλήγει σε ηλεκτρόδιο προσγειώσεως.

Ο σπινθηριστής τροφοδοτείται με ρεύμα από το διανομέα με το κεντρικό ηλεκτρόδιο, αμέσως δε μόλις κλείσει το κύκλωμα στο διανομέα, δημιουργείται ο σπινθήρας στο διάκενο, που υπάρχει μεταξύ του κεντρικού ηλεκτροδίου και του ηλεκτροδίου προσγειώσεως.

Το διάκενο αυτό, που ρυθμίζεται από 0,4 έως 0,8 mm ή 0,015" έως 0,030" το μετράμε, όταν είναι ανάγκη, με λεπιδομετρητή (φίλερ).



Σχ. 75.2γ.

Ένα κύριο χαρακτηριστικό του σπινθηριστή είναι η **Θερμική διαβάθμισή** του. Με τον όρο αυτό εννοούμε τη θερμοκρασία στην οποία διατηρείται ο σπινθηριστής σε ώρα λειτουργίας. Η θερμότητα δηλαδή, η οποία παράγεται κατά τη στιγμή της σπινθηροδοτήσεως, μεταφέρεται προς το σώμα της μηχανής δια μέσου του κεντρικού ηλεκτροδίου και της πορσελάνης του. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δρόμος, που θα διανύσει η θερμότητα, μέχρι να φθάσει στο σώμα της μηχανής, δηλαδή όσο μακρύτερος είναι ο σπινθηριστής, τόσο δυσκολότερα μεταφέρεται η θερμότητα και επομένως τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, στην οποία διατηρείται ο σπινθηριστής. Με αυτή την έννοια διακρίνομε τους σπινθηριστές σε **ψυχρούς** και **θερμούς**. Η κάθε μηχανή χρειάζεται τον κατάλληλο σπινθηριστή. Αν χρησιμοποιήσουμε ψυχρότερο από τον κανονικό, τότε ο σπινθηριστής «λαδώνεται», όπως λέμε, με αποτέλεσμα να μη δίνει κανονικό σπινθήρα και η καύση, και επομένως και η λειτουργία της μηχανής, να μην είναι ομαλή.

Το όλο ηλεκτρικό κύκλωμα τέλος κλείνει με το σώμα τη μηχανής και την αντίστοιχη προσγείωση των συσσωρευτών.

Β. Λειτουργία.

Η λειτουργία του πιο πάνω συστήματος είναι η εξής:

Όταν η μηχανή στρέφει, περιστρέφεται ταυτόχρονα μέσω οδοντωτών τροχών και ο άξονας του διανομέα. Οι κορυφές του πολυγωνικού εκκέντρου (κ) (σχ. 75.2β) απομακρύνουν τις πλατίνες των επαφών (ε) και έτσι διακόπτεται το κύκλωμα στο τύλιγμα του πολλαπλασιαστή. Από τη διακοπή αυτή του πρωτεύοντος ρεύματος δημιουργείται στο δευτερεύον τύλιγμα ρεύμα εξ επαγγής με υψηλή τάση 6.000 έως και 20.000 Volt, σύμφωνα με τους νόμους του Ηλεκτρισμού. Το ρεύμα αυτό, μεταφέρεται στο σπινθηριστή του κυλίνδρου, μέσα στον οποίο πρόκειται να γίνει η ανάφλεξη. Εκεί δημιουργείται ο σπινθήρας, ο οποίος τελικά προκαλεί την ανάφλεξη.

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η ταχύτητα περιστροφής του διανομέα στις τετράχρονες μηχανές, όπου έχομε μία καύση σε κάθε δύο στροφές της μηχανής, είναι το 1/2 της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, ενώ στις δίχρονες, όπου έχομε μία καύση σε κάθε μία στροφή της μηχανής, είναι ίση με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

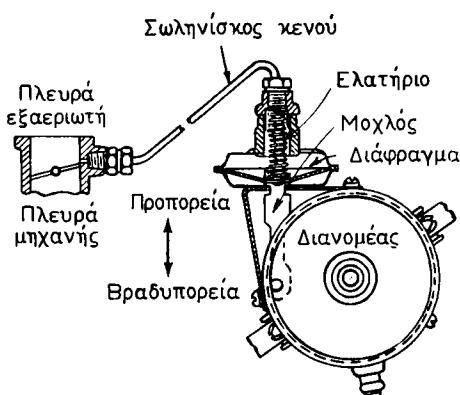
Γ. Η ρύθμιση της προαναφλέξεως.

Όπως γνωρίζομε ήδη, ο σπινθήρας πρέπει να δοθεί, πριν φθάσει το έμβολο στο Α.Ν.Σ., την προπορεία δε αυτή της σπινθηροδοτήσεως ονομάζομε **προανάφλεξη**. Η ακριβής όμως στιγμή, που θα δοθεί ο σπινθήρας, δεν είναι πάντοτε η ίδια. Σε μικρές ταχύτητες της μηχανής δίνεται λίγες μοίρες πριν το Α.Ν.Σ., σε μεγαλύτερες όμως πρέπει να δοθεί πολύ νωρίτερα, ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος για να προφθάσει να καεί τελείως το μίγμα.

Η προανάφλεξη στις βενζινομηχανές μπορεί να φθάσει μέχρι και 40° πριν το Α.Ν.Σ., η μεταβολή της δε κατά τη λειτουργία πραγματοποιείται αυτόματα, ανάλογα με τις στροφές της μηχανής, με ιδιαίτερο μηχανισμό στο διανομέα.

Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ή με τη βοήθεια **φυγοκεντρικού συστήματος** ή με τη βοήθεια του **κενού**, το οποίο σχηματίζεται στην αναρρόφηση και το οποίο μεταβάλλεται με την αλλαγή των στροφών. Σε μικρές μηχανές γίνεται συνδυασμός και των δύο τρόπων αυτόματης ρυθμίσεως της προαναφλέξεως.

Το σχήμα 75.2δ παριστάνει διαγραμματικά το σύστημα μεταβολής της προαναφλέξεως με τη βοήθεια του κενού της μηχανής. Το κενό αυτό επιδρά επάνω σε μία μεμβράνη, η οποία κινεί ανάλογα το μηχανισμό περιστροφής του κιβωτίου του διανομέα και μεταβάλλει έτσι τη σχετική γωνία της σπινθηροδοτήσεως για νωρίτερη ή βραδύτερη προανάφλεξη ανάλογα με την ταχύτητα της μηχανής.



Σχ. 75.2δ.

75.3 Σύστημα αναφλέξεως με μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό).

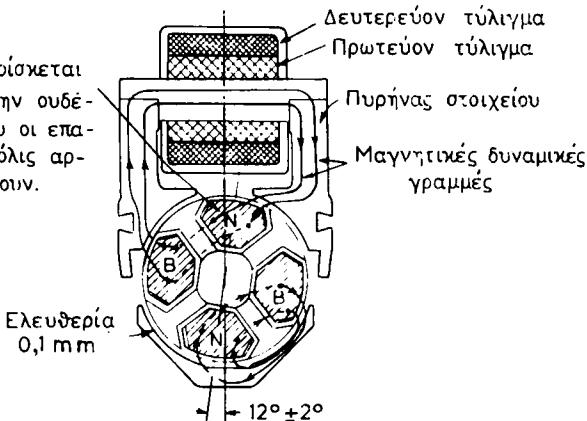
Στο σύστημα αυτό το «μανιατό» (σχ. 75.3) καταργεί τη συστοιχία των συσσωρευτών του προηγούμενου συστήματος και ενσωματώνει στην κατασκευή του τα κυκλώματα χαμηλής και υψηλής τάσεως.

Το «μανιατό» μπορεί να έχει περιστρεφόμενο πυρήνα και σταθερούς μόνιμους μαγνήτες ή αντίστροφα περιστρεφόμενους μαγνήτες και σταθερό πυρήνα, όπως αυτό του σχήματος 75.3.

Η σχετική κίνηση μεταξύ του πρωτεύοντος τυλίγματος και των ηλεκτρομαγνητών παράγει ένα εναλλασσόμενο ρεύμα στο πρωτεύον κύκλωμα, η διακοπή του οποίου δημιουργεί ρεύμα υψηλής τάσεως στο δευτερεύον κύκλωμα, όπως και στο σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές.

Η ταχύτητα περιστροφής του διανομέα του «μανιατό», στην τετράχρονη μηχανή είναι ίση με το $1/2$ της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, και στη δίχρονη είναι ίση ακριβώς με αυτήν.

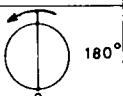
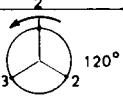
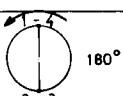
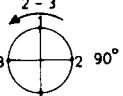
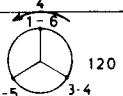
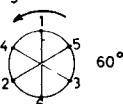
Ο άνω πόλος βρίσκεται $12^\circ \pm 2^\circ$ μετά την ουδέτερη θέση, όπου οι επαφές διακοπής μόλις αρχίζουν να ανοίγουν.



Σχ. 75.3.

75.4 Η σειρά καύσεως στις βενζινομηχανές.

Η σειρά καύσεως, δηλαδή η σειρά, με την οποία προκαλείται ο σπινθήρας στους κυλίνδρους μιας πολυκύλινδρης βενζινομηχανής, εξαρτάται από τον αριθμό των κυλίνδρων και τη γωνία σφρινώσεως των στροφάλων στο στροφαλοφόρο άξονα. Η

Τύπος, μηχανής	Σφήνωση στροφάλων	Σειρά καύσεως
Δικύλινδρη	 180°	1 - 2
Τρικύλινδρη	 120°	1 - 3 - 2
Τετρακύλινδρη	 180°	1 - 3 - 4 - 2
Τετρακύλινδρη	 90°	1 - 2 - 4 - 3
Εξακύλινδρη	 120	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Εξακύλινδρη	 60°	1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6

Σχ. 75.4.

γωνία αυτή είναι αποτέλεσμα της καλύτερης ζυγοσταθμήσεως της μηχανής.

Μέσα στους κυλίνδρους επιδιώκομε πάντοτε να έχομε τις δυνάμεις που προέρχονται από την καύση και οι οποίες μεταφέρονται μέχρι το στρόφαλο, εξ ίσου κατανεμημένες σε όλο το μήκος του στροφαλοφόρου άξονα. Αυτό οδηγεί σε ορισμένες τυποποιημένες σειρές καύσεως στις διάφορες βενζινομηχανές.

Στις τετράχρονες μηχανές υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλία στη σειρά καύσεως σε σύγκριση με τις δίχρονες, όπου η σπινθηροδότηση γίνεται κάθε φορά, που ένα έμβολο της μηχανής βρίσκεται στο Α.Ν.Σ.

Το σχήμα 75.4 μας δίνει μερικές από τις τυποποιημένες αυτές σειρές καύσεως για τις πιο συνηθισμένες βενζινομηχανές 2, 3, 4 και 6 κυλίνδρων.

Πρέπει να έχομε υπόψη μας ότι η σειρά καύσεως παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μηχανής.

Με βάση τη σειρά καύσεως γίνεται και η σχεδίαση του εκκεντροφόρου άξονα και η σύνδεση των καλωδίων από το διανομέα της μηχανής μέχρι το σπινθηριστή κάθε κυλίνδρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 76

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

76.1 Γενική περιγραφή της μονοκύλινδρης πετρελαιομηχανής Diesel.

Μία μονοκύλινδρη πετρελαιομηχανή Diesel αποτελείται βασικά, όπως και μία βενζινομηχανή, από τον **κύλινδρο** με το **πώμα**, το **έμβολο** με τον **πείρο** και το **διωστήρα**, το **στρόφαλο** και το **στροφαλοφόρο άξονα**. Με τα μέρη αυτά της μηχανής η παλινδρομική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε περιστροφική του στροφαλοφόρου άξονα, από τον οποίο παραλαμβάνεται το κινητήριο έργο.

Ο κύλινδρος συνδέεται με το **σκελετό** της μηχανής και τη βάση της, η οποία διαμορφώνεται συνήθως σε **ελαιολεκάνη** του λαδιού λιπάνσεως. Εσωτερικά και μεταξύ σκελετού και βάσεως σχηματίζεται, όπως είναι γνωστό, ο **στροφαλοθάλαμος** (κάρτερ).

Σε μηχανές διπλής ενέργειας, όπου δηλαδή η καύση γίνεται και από τις δύο όψεις του εμβόλου, ο κύλινδρος κλείνεται από επάνω μεν με το πώμα, από κάτω δε με τον πυθμένα, όπως στις ατμομηχανές. Ο πυθμένας τότε έχει **στυπειοθλίπη**, γιατί στην περίπτωση αυτή το έμβολο συνδέεται με το διωστήρα μέσω **βάκτρου** και ζυγώματος ή σταυρού, όπως στις ατμομηχανές, και όχι απ' ευθείας με το διωστήρα, όπως γίνεται στις μηχανές απλής ενέργειας.

Οι μηχανές όμως διπλής ενέργειας είναι πολύπλοκες και παρουσιάζουν πολλά προβλήματα και δυσκολίες, γι' αυτό και η κατασκευή τους έχει σχεδόν σταματήσει από χρόνια.

Σε μεγάλες επίσης μηχανές απλής ενέργειας, που είναι κατά κανόνα δίχρονες, η σύνδεση μεταξύ εμβόλου και διωστήρα γίνεται μέσω βάκτρου και ζυγώματος.

Επάνω στο πώμα του κυλίνδρου τοποθετούνται οι **βαλβίδες εισαγωγής** και **εξαγωγής**, ο **εγχυτήρας** του καυσίμου, το **ασφα-**

λιοπικό του κυλίνδρου και η **βαλβίδα προκτνήσεως** της μηχανής.

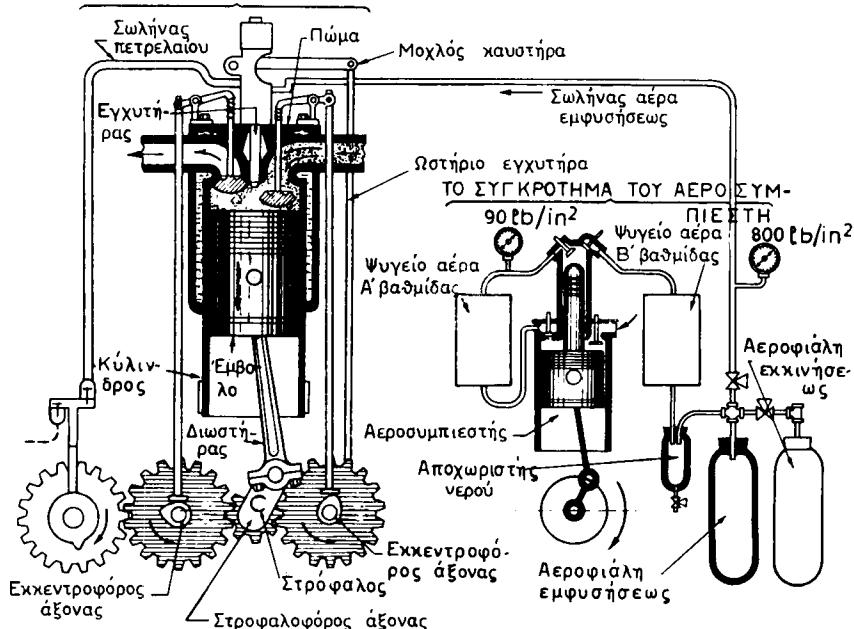
Οι βαλβίδες ανοίγουν και κλείνουν με τη βοήθεια των **εκκέντρων** ή **κνωδάκων**, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι επάνω στον **εκκεντροφόρο** άξονα.

Ο εγχυτήρας λειτουργεί ή μηχανικά, ανοίγει δηλαδή με τη βοήθεια ενός εκκέντρου, ή υδραυλικά, οπότε ανοίγει από την υδραυλική πίεση, που δίνει η αντλία μηχανικής έγχυσης του πετρελαίου.

Αρχικά στις πετρελαιομηχανές Diesel η έγχυση του καυσίμου γινόταν με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα μέσω συσκευής, η οποία καλείτο **αεροσυμπιεστής εμφυσήσεως**. Στις μηχανές αυτές, που ονομάζονται μηχανές με **εμφύσηση** του πετρελαίου από πεπιεσμένο αέρα, ο εγχυτήρας λειτουργούσε μηχανικά, άνοιγε δηλαδή την κατάλληλη στιγμή, όχι με την πίεση του καυσίμου, αλλά με τη δράση ενός εκκέντρου. Το σχήμα 76.1α παριστάνει 4χρονη πετρελαιομηχανή με εμφύσηση.

Όταν χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η κατ' ευθείαν έγχυση, δηλαδή η **μηχανική έγχυση** του πετρελαίου, χρησιμο-

Η ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΗ



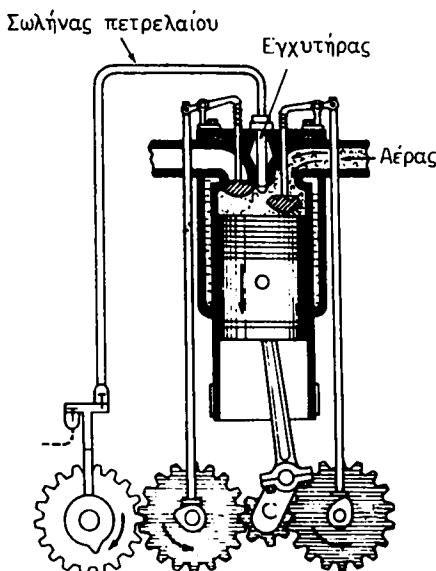
Σχ. 76.1α.

ποιήθηκαν εγχυτήρες, που ανυιγουν υδραυλικά με τη δύναμη της πιέσεως της αντλίας μηχανικής εγχύσεως. Οι μηχανές αυτές ονομάσθηκαν Diesel με μηχανική έγχυση, παρουσιάζουν δε πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις πρώτες και έτσι επικράτησαν. Το σχήμα 76.1β παριστάνει 4χρονη πετρελαιομηχανή με μηχανική έγχυση.

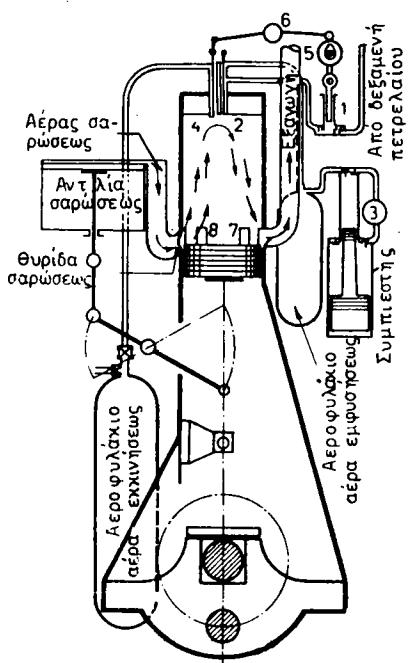
Για να ξεχωρίζουμε τους δύο τύπους είχε επικρατήσει να ονομάζονται οι μεν μηχανές με εμφύσηση μηχανές Diesel, οι δε μηχανές με μηχανική έγχυση μηχανές Super Diesel. Σήμερα όμως ο όρος «μηχανή Diesel» γενικά δηλώνει τις μηχανές με μηχανική έγχυση.

Το σχήμα 76.1γ παριστάνει τη γενική διάταξη μιας δίχρονης πετρελαιομηχανής με εμφύσηση. Σ' αυτήν η λειτουργία πραγματοποιείται σε δύο χρόνους και ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο με μικρή υπερπίεση, δηλαδή με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική κατά $0,3 \text{ kg/cm}^2$ ή 4 p.s.i. περίπου. Ο αέρας αυτός εισέρχεται από θυρίδες που υπάρχουν στην πλευρά του κυλίνδρου, και ονομάζεται αέρας **σαρώσεως ή αποπλύσεως**.

Ανάλογη είναι και η εγκατάσταση μιας δίχρονης μηχανής Super - Diesel, δηλαδή με μηχανική έγχυση του πετρελαίου (σχ. 76.1δ).

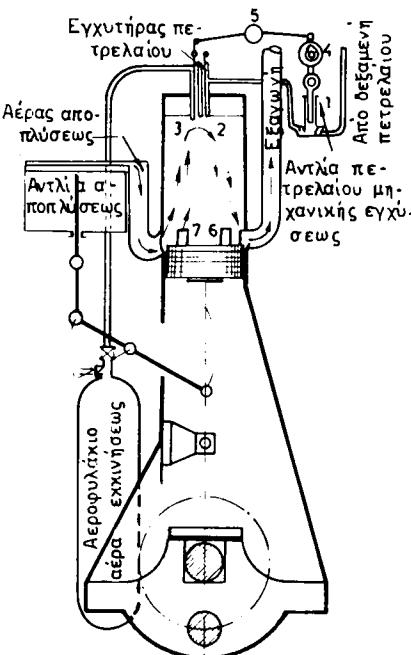


Σχ. 76.1β.



Σχ. 76.1γ.

- 1) Αντλία πετρελαίου.
- 2) Καυστήρας ή εγχυτήρας.
- 3) Αεροσυμπιεστής και τα εξαρτήματά του.
- 4) Βαλβίδα του αέρα προκινήσεως της μηχανής.
- 5) Εκκεντροφόρος άξονας.
- 6) Μοχλοί της βαλβίδας εκκινήσεως.
- 7) Θυρίδες εξαγωγής των καυσαερίων.
- 8) Θυρίδες εισαγωγής του αέρα της σαρώσεως.



Σχ. 76.1δ.

- 1) Αντλία πετρελαίου.
- 2) Καυστήρας ή εγχυτήρας.
- 3) Βαλβίδα του αέρα προκινήσεως της μηχανής.
- 4) Εκκεντροφόρος άξονας.
- 5) Μοχλοί της βαλβίδας εκκινήσεως.
- 6) Θυρίδες εξαγωγής των καυσαερίων.
- 7) Θυρίδες εισαγωγής του αέρα της σαρώσεως.

Διακρίνομε πόσο πιο απλή είναι η εγκατάστασή της κυρίως από το γεγονός ότι είναι απαλλαγμένη από όλο αυτό το συγκρότημα αεροσυμπιεστή - φιαλών κ.λπ., που σχετίζεται με την εμφύσηση.

Για να συμπληρωθεί η εγκατάσταση της μηχανής, απαιτούνται ακόμη και ορισμένα βοηθητικά μηχανήματα ή συσκευές. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

α) Η **αντλία καταθλίψεως του πετρελαίου**, η οποία στις παλαιότερες μηχανές με εμφύσηση εισάγει μόνο το πετρέλαιο μέσα στον καυστήρα, ενώ στις μηχανές με μηχανική έγχυση το

καταθλίβει υπό μεγάλη πίεση, με την οποία και ανοίγει ο εγχυτήρας ἡ καυστήρας και το εισάγει μέσα στον κύλινδρο.

β) Η αντλία λαδιού λπάνσεως, η οποία στέλνει το λιπαντικό λάδι υπό πίεση σε όλα τα τριβόμενα μέρη της μηχανής για να ελαττώσει τη μεταξύ τους τριβή.

γ) Η αντλία κυκλοφορίας του ψυκτικού νερού, η οποία κυκλοφορεί το νερό για την ψύξη της μηχανής.

δ) Τα ψυγεία νερού και λαδιού, μέσα στα οποία ψύχεται το νερό ψύξεως της μηχανής και το λιπαντικό λάδι αντίστοιχα.

ε) Η αντλία αέρα σαρώσεως ἡ αποπλύσεως, η οποία χρησιμοποιείται σε δίχρονες μηχανές, για την υπό πίεση εισαγωγή του καυσιγόνου αέρα μεγαλύτερης από την ατμοσφαιρική.

στ) Ο αεροσυμπιεστής εκκίνησεως (ξεκινήματος), ο οποίος παράγει τον πεπιεσμένο αέρα για την εκκίνηση της μηχανής, όταν σ' αυτή δεν χρησιμοποιείται ηλεκτρική εκκίνηση.

ζ) Ο αεροσυμπιεστής εμφυσήσεως, ο οποίος υπόρχει στις παλιές μηχανές με εμφύσηση και έδινε τον πεπιεσμένο αέρα, ο οποίος οδηγούσε το πετρέλαιο στον κύλινδρο.

76.2 Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Με τη βοήθεια των 4 διαφόρων θέσεων του σχήματος 76.2 θα μελετήσομε τη λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής, η οποία είναι ως εξής:

Πρώτος χρόνος: Αναρρόφηση ἡ εισαγωγή - κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω (φάση 1η).

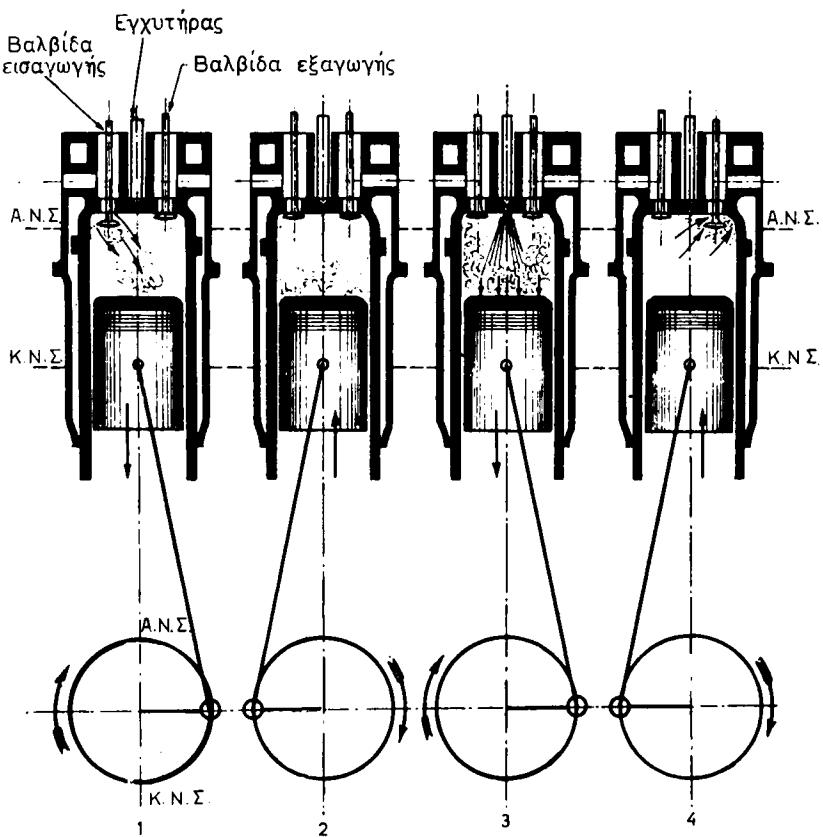
Στη θέση (1) του σχήματος παρατηρούμε ότι το έμβολο κατέρχεται από το Α.Ν.Σ., ενώ η βαλβίδα εισαγωγής είναι ανοικτή, η δε βαλβίδα εξαγωγής και ο εγχυτήρας είναι κλειστά. Το κενό που δημιουργεί το έμβολο, καταλαμβάνεται από ατμοσφαιρικό αέρα, ο οποίος γεμίζει τον κύλινδρο.

Όταν το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ., η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και ο κύλινδρος είναι γεμάτος αέρα.

Η πρώτη αυτή διαδρομή λέγεται **διαδρομή ἡ χρόνος αναρροφήσεως ἡ εισαγωγής.**

Δεύτερος χρόνος: Συμπίεση - κίνηση του εμβόλου προς τα πάνω (φάση 2η).

Στη θέση (2) του σχήματος το έμβολο ανέρχεται από το Κ.Ν.Σ. προς το Α.Ν.Σ., ενώ οι βαλβίδες και ο καυστήρας είναι κλειστά. Ο αέρας συμπιέζεται από το έμβολο, ώστε, όταν αυτό



Σχ. 76.2.

Φθάσει στο Α.Ν.Σ., η πίεση του αέρα φθάνει σε 35 kg/cm^2 περίπου και η θερμοκρασία του γύρω στους 600°C . Η διαδρομή αυτή λέγεται **διαδρομή ή χρόνος συμπέσεως**.

Τρίτος χρόνος (ή κινητήριος): **Καύση - εκτόνωση κίνηση του εμβόλου προς τα κάτω (φάση 3η)**.

Στη θέση (3) του σχήματος και κατά την αρχή της διαδρομής γίνεται η **έγχυση** του πετρελαίου στον κύλινδρο.

Το πετρέλαιο αναμιγνύεται με τον αέρα και αρχίζει να καίγεται, διότι η θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο είναι πολύ υψηλή.

Η έγχυση αυτή του πετρελαίου εξακολουθεί για ένα μικρό μέρος της διαδρομής του εμβόλου προς τα κάτω, το $1/10$ αυτής περίπου, ενώ πραγματοποιείται και η καύση του. Κατά την καύση παρατηρείται μία μικρή σχετικά αύξηση της πιέσεως, η

οποία όμως είναι πολύ μικρότερη, από εκείνη που έχομε στη βενζινομηχανή Otto. Στις παλιές μηχανές Diesel με εμφύσηση αέρα η πίεση κατά την καύση παραμένει περίπου σταθερή στις 35 At της συμπιέσεως.

Το έμβολο στη συνέχεια αθείται από την πίεση των καυσαερίων και την εκτονωτική τους δύναμη από το A.N.S. προς το K.N.S. κι έτσι παράγεται το μηχανικό ή κινητήριο έργο.

Η διαδρομή αυτή λέγεται **κνητήριος χρόνος** ή διαδρομή ή χρόνος **καύσεως - εκτονώσεως**.

Όταν το έμβολο φθάσει στο K.N.S., ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής και τα καυσαέρια αρχίζουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα, η δε πίεση μέσα στον κύλινδρο εξισώνεται με την ατμόσφαιρική.

Τέταρτος χρόνος: Εξαγωγή - κίνηση του εμβόλου προς τα πάνω (φάση 4η).

Στη θέση (4) του σχήματος, το έμβολο ανέρχεται από το K.N.S. προς το A.N.S. με τη βαλβίδα εξαγωγής ανοικτή, ενώ τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.

Όταν το έμβολο φθάσει στο A.N.S., η βαλβίδα της εξαγωγής κλείνει.

Η διαδρομή αυτή λέγεται **διαδρομή ή χρόνος εξαγωγής**.

Όταν τελειώσει και η τέταρτη διαδρομή, ολόκληρος ο κύκλος λειτουργίας της μηχανής έχει συμπληρωθεί και η μηχανή είναι έτοιμη να εκτελέσει τον επόμενο κύκλο με τις ίδιες φάσεις από την αρχή.

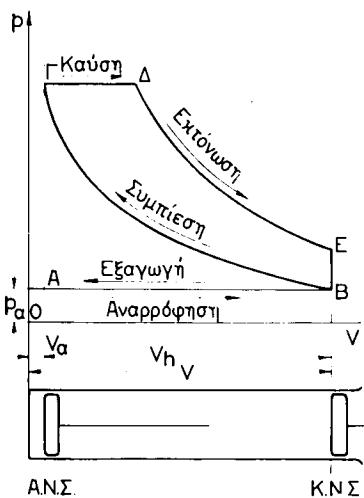
Από τα παραπάνω καταλαβαίνομε ότι ο κύκλος λειτουργίας της τετράχρονης Diesel χρειάζεται 4 απλές διαδρομές του εμβόλου ή δηλαδή 2 πλήρεις στροφές του στροφαλοφόρου άξονα.

76.3 Το Θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής παριστάνεται με την ίδια μέθοδο, όπως και για τις βενζινομηχανές, με το θεωρητικό δηλαδή διάγραμμα, το οποίο χαράσσεται σε άξονες πιέσεως - όγκου (σχ. 76.3) και με το οποίο αναλύονται οι 4 χρόνοι ως εξής:

1ος χρόνος γραμμή (ΑΒ): **Αναρρόφηση αέρα** υπό σταθερή πίεση της ατμόσφαιρας. Η βαλβίδα της αναρροφήσεως ανοίγει στο (Α) και κλείνει στο (Β).

2ος χρόνος γραμμή (ΒΓ): Αδιαβατική **συμπίεση** του αέρα.



Σχ. 76.3

Και οι δύο βαλβίδες και ο καυστήρας είναι κλειστές.

3ος χρόνος γραμμή ($\Gamma\Delta - \Delta E$): **Καύση** και **εκτόνωση**. Η καύση πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση κατά τη ($\Gamma\Delta$). Στο σημείο (Γ) αρχίζει η έγχυση του πετρελαίου στον κύλινδρο. Θεωρητικά σε όλη τη διάρκεια της εγχύσεως και της καύσεως η πίεση παραμένει σταθερή, δηλαδή τόση όση και η τελική πίεση συμπιέσεως. Αυτό συμβαίνει, γιατί η έγχυση του καυσίμου γίνεται βαθμηδόν, καθώς προχωρεί το έμβολο, διαρκεί δε όσο και ο εμβολισμός της αντλίας πετρελαίου, που καταθλίβει το καύσιμο. Στο διάγραμμα η γραμμή ($\Gamma\Delta$) καλείται **διάρκεια καύσεως**.

Αντιλαμβανόμαστε ότι η καύση στην πετρελαιομηχανή είναι διαφορετική από την καύση στη βενζινομηχανή, όπου η καύση είναι σχεδόν ακαριαία και η πίεση τη στιγμή της καύσεως ανεβαίνει απότομα, πριν το έμβολο προλάβει να κινηθεί.

Η **εκτόνωση** εξάλλου (ΔE) είναι μια αδιαβατική καμπύλη και αρχίζει από το σημείο (Δ), όπου τελειώνει η καύση μέχρι το Κ.Ν.Σ., δηλαδή το (E).

4ος χρόνος γραμμές ($EB - BA$): **Εξαγωγή**. Στο σημείο (E) ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής και πριν προλάβει να μετακινηθεί το έμβολο προς τα πάνω, δηλαδή υπό σταθερό όγκο, η πίεση πέφτει στην τιμή της ατμοσφαιρικής κατά τη γραμμή (EB).

Από το σημείο (B) μέχρι το (A) εξακολουθεί η εξαγωγή υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση, δηλαδή κατά τη (BA).

Συνοπτικά:

1ος χρόνος (AB): αναρρόφηση υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση.

2ος χρόνος (BΓ): **αδιαβατική** συμπίεση.

3ος χρόνος (κινητήριος) (ΓΔ - ΔΕ): **καύση** υπό σταθερή πίεση και αδιαβατική **εκπόνωση**.

4ος χρόνος (EB - BA): **εξαγωγή** υπό σταθερό όγκο και υπό σταθερή πίεση.

Όπως και στις βενζινομηχανές, έχουμε και εδώ ότι ο ολικός όγκος (V) του κυλίνδρου ισούται με το άθροισμα του όγκου του θαλάμου συμπιέσεως (V_a) και του όγκου που δημιουργείται από το έμβολο (V_h), δηλαδή:

$$V = V_a + V_h,$$

ο δε βαθμός συμπιέσεως (ϵ), σύμφωνα με τα γνωστά είναι ίσος προς,

$$\epsilon = 1 + \frac{V_h}{V_a}$$

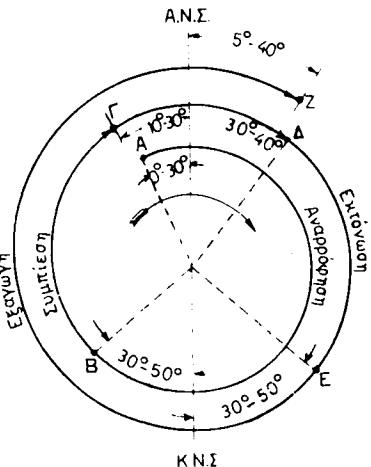
Το εμβαδόν τέλος του διαγράμματος ΒΓΔΕΒ παριστάνει το θεωρητικό έργο, που παράγει η μηχανή σε ένα κύκλωμα λειτουργίας της, δηλαδή σε 4 χρόνους (ή αλλιώς σε δύο πλήρεις στροφές).

76.4 Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα.

Η πραγματική λειτουργία της μηχανής, που παριστάνεται στο σπειροειδές διάγραμμα του σχήματος 76.4, παρουσιάζει ορισμένες διαφορές από τη θεωρητική.

Στην πραγματικότητα ούτε οι βαλβίδες ούτε ο εγχυτήρας ανοίγουν ή κλείνουν, όταν το έμβολο είναι στα νεκρά σημεία, αλλά λίγο πριν ή λίγο μετά από τα σημεία αυτά.

Έτσι η βαλβίδα της εισαγωγής ανοίγει 0° - 30° πριν από το Α.Ν.Σ., πριν δηλαδή αρχίσει η πρώτη διαδρομή, ώστε το άνοιγμά της να είναι βαθμιαίο και όσο το δυνατόν μεγαλύτερο, όταν το έμβολο θα αρχίσει να κατεβαίνει από το Α.Ν.Σ. Έτσι και ο αέρας εισέρχεται ελεύθερα μέσα στον κύλινδρο. Το κλεί-



Σχ. 76.4.

σιμο αντίστοιχα της βαλβίδας εισαγωγής γίνεται 30° - 50° μετά το Κ.Ν.Σ., ώστε να γεμίζει τελείως ο κύλινδρος. Ήτσι στο σπειροειδές διάγραμμα το τόξο (AB) παριστάνει τη διάρκεια της αναρροφήσεως.

Με το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής αρχίζει η συμπίεση του αέρα, η οποία διαρκεί όσο το τόξο (BG). [Στο σημείο (Γ), δηλαδή 10° - 30° πριν από το Α.Ν.Σ., αρχίζει η έγχυση του πετρελαίου από τον καυστήρα και εισέρχεται το πετρέλαιο στον κύλινδρο]. Ταυτόχρονα αρχίζει η καύση του, η οποία διαρκεί μέχρι το σημείο (Δ), δηλαδή μέχρι και 30° - 40° μετά το Α.Ν.Σ. (Συνολικά όσο το τόξο ΓΔ).

Από το σημείο (Δ) μέχρι το (Ε) γίνεται η εκτόνωση των καυσαερίων και στο σημείο (Ε) ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής 30° - 50° , πριν το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ. Αυτό γίνεται για να πέσει γρήγορα η πίεση των καυσαερίων στην ατμοσφαιρική, ώστε, όταν θα γίνεται η επόμενη φάση της εξαγωγής, να μην υπάρχει αντίθλιψη στο έμβολο, η οποία θα δημιουργούσε απώλεια έργου, από εκείνο που δίνουν οι άλλοι κύλινδροι. Η εκτόνωση άρα διαρκεί όσο το τόξο (ΔΕ). Από το σημείο (Ε) μέχρι το (Ζ), δηλαδή 5° - 40° μετά το Α.Ν.Σ., γίνεται η εξαγωγή, η οποία διαρκεί όσο το τόξο (EZ).

Τα στοιχεία αυτά της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής είναι ενδεικτικά μόνο για όλες τις τετρά-

χρονες πετρελαιομηχανές. Κάθε μηχανή όμως μπορεί να παρουσιάζει μικροδιαφορές, δηλαδή δική της ρύθμιση, η οποία όμως δεν θα διαφέρει ουσιαστικά από αυτήν, που περιγράψαμε. Η ρύθμιση αυτή άλλωστε θα παριστάνεται στο σπειροειδές διάγραμμα, που δίνει ο κατασκευαστής.

Σε ταχύστροφες π.χ. μηχανές η εισαγωγή του καυσίμου γίνεται πολύ νωρίτερα από ό,τι στις βραδύστροφες, γιατί η ταχύτητα του εμβόλου τους είναι πολύ μεγαλύτερη. Γι' αυτό είναι αναγκαίο να δοθεί μεγαλύτερη προ-έγχυση, ώστε να υπάρξει ο απαιτούμενος χρόνος για την τέλεια καύση. Επίσης και τα άλλα ανοίγματα ή κλεισίματα των βαλβίδων γίνονται νωρίτερα τα μεν, αργότερα τα δε για τον ίδιο ακριβώς λόγο.

Συνοψίζοντας την πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχανής έχουμε:

Τόξο (AB): αναρρόφηση αέρα.

Τόξο (ΒΓ): συμπίεση αέρα.

Τόξο (ΓΔ - ΔΕ): καύση πετρελαίου - **επτόνωση** καυσαερίων.

Τόξο (ΕΖ): εξαγωγή καυσαερίων.

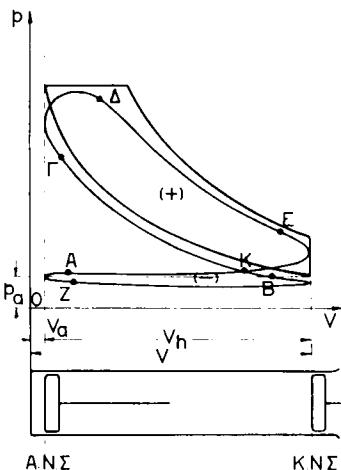
Με βάση τα στοιχεία αυτά της ρυθμίσεως της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής μας μπορούμε να ρυθμίζουμε ανάλογα τα ανοίγματα και τα κλεισίματα των βαλβίδων και του εγχυτήρα, ώστε η λειτουργία της να γίνεται με τον τελειότερο δυνατό τρόπο.

76.5 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό χαράσσεται σε σύγκριση με το Θεωρητικό, όπως παριστάνει το σχήμα 76.5:

α) Η **εισαγωγή**: Στο σημείο (Α), δηλαδή 0° - 30° πριν από το Α.Ν.Σ., ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής και αρχίζει η είσοδος του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη γραμμή Α-Α.Ν.Σ.-Κ.Ν.Σ.-Β, δηλαδή 30° - 50° μετά το Κ.Ν.Σ. Η γραμμή της εισαγωγής είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική (λόγω του κενού που δημιουργεί το έμβολο), ανυψώνεται λίγο γύρω στο Κ.Ν.Σ. και εξισώνεται προς την ατμοσφαιρική, όταν κλείσει η βαλβίδα στο σημείο (Β).

β) Η **συμπίεση**: Αυτή πραγματοποιείται κατά τη γραμμή (ΒΓ), αρχίζει από το σημείο (Β) μέχρι το σημείο (Γ), δηλαδή 10° - 30° πριν από το Α.Ν.Σ., και είναι μία πολυτροπική αλλαγή καταστάσεως χαμηλότερη από την καθαρά αδιαβατική.



Σχ. 76.5.

γ) Η **καύση** και η **εκτόνωση**: Στο σημείο (Γ) αρχίζει η έγχυση και η καύση του καυσίμου και, επειδή το έμβολο εξακολουθεί να ανέρχεται, η πίεση ανεβαίνει, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ. Από το Α.Ν.Σ. μέχρι το σημείο (Δ), δηλαδή 30° έως 40° μετά το Α.Ν.Σ., εξακολουθεί η έγχυση και η καύση υπό πίεση περίπου σταθερή, ενώ από το σημείο (Δ) μέχρι το (Σ), δηλαδή 30° - 50° πριν το Κ.Ν.Σ., πραγματοποιείται η εκτόνωση ως πολυτροπική αλλαγή καταστάσεως χαμηλότερη από την αδιαβατική. Έτσι η καύση γίνεται κατά την Γ -Α.Ν.Σ.- Δ , η δε εκτόνωση κατά τη ($\Delta\Sigma$).

δ) Η **εξαγωγή**: Στο σημείο (Σ) ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής, όπότε η πίεση αρχίζει να πέφτει, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ. και από αυτό συνεχίζεται σε όλη τη διαδρομή του έμβολου προς το Α.Ν.Σ. με πίεση λίγο υψηλότερη από την ατμοσφαιρική και μέχρι το σημείο (Z), δηλαδή 5° - 40° μετά το Α.Ν.Σ. Εκεί κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής. Έτσι η εξαγωγή πραγματοποιείται κατά τη γραμμή Σ -Κ.Ν.Σ.-Α.Ν.Σ.- Z .

Συνοψίζοντας έχομε:

Α-Α.Ν.Σ. - Κ.Ν.Σ.-Β: **αναρρόφηση**.

ΒΓ: **συμπίεση**.

Γ-Α.Ν.Σ.-Δ: **καύση** και $\Delta\Sigma$: **εκτόνωση**.

Ε-Κ.Ν.Σ.-Α.Ν.Σ.-Ζ: **εξαγωγή**.

Στο διάγραμμα αυτό έχομε, όπως και στο θεωρητικό,

$$V = V_a + V_h$$

και βαθμό συμπιέσεως (ϵ) ίσο προς:

$$\epsilon = 1 + \frac{V_h}{V_a},$$

ο οποίος κυμαίνεται από 14 έως 22 περίπου.

Παρατηρούμε ότι η σχέση συμπιέσεως στην τετράχρονη πετρελαιομηχανή είναι πολύ υψηλότερη από ό,τι στην αντίστοιχη βενζινομηχανή (παραγρ. 73.5), γιατί εδώ μεν συμπιέζεται καθαρός αέρας, ενώ στη βενζινομηχανή μίγμα καυσίμου αέρα, το οποίο κινδυνεύει από πρόωρη αυτανάφλεξη.

Τέλος παρατηρούμε ότι το διάγραμμα αυτό, όπως και το αντίστοιχο της βενζινομηχανής, παρουσιάζει θετικό και αρνητικό εμβαδόν, δηλαδή τα ΚΓΔΕΚ και ΚΑΖΒΚ. Η διαφορά των δύο, όπως είναι γνωστό, μας δίνει το ωφέλιμο πραγματικό έργο της μηχανής, σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας της ή αλλιώς σε 4 απλές διαδρομές του εμβόλου της (δηλαδή σε 2 πλήρεις στροφές).

76.6 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό, όπως έχομε γράψει στην παράγραφο 73.6 για τις τετράχρονες βενζινομηχανές, διαμορφώνεται με τη βοήθεια του δυναμοδείκτη και παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής, τη στιγμή που χαράσσεται από το δυναμοδείκτη.

Χρησιμεύει για τη σύγκριση με το πραγματικό διάγραμμα της ιδανικής παραγματικής λειτουργίας. Από τη σύγκριση αυτή ρυθμίζομε ανάλογα τη μηχανή μας.

Επίσης με βάση το εμβαδόν του χρησιμεύει για τον υπολογισμό του **ενδεικτικού** έργου, της **μέσης ενδεικτικής πίεσεως** και της **ενδεικτικής ή δυναμοδεικτικής πποδυνάμεως** της μηχανής.

76.7 Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Στο συνηθισμένο τύπο διχρόνων πετρελαιομηχανών, που εξετάζομε εδώ, το πώμα έχει μόνο τον εγχυτήρα. Η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αέρα (η οποία πραγματοποιεί και τη **σύρωση**

ή απόπλυση του κυλίνδρου), και η εξαγωγή των καυσαερίων γίνονται από θυρίδες, που βρίσκονται στο κατώτερο μέρος των τοιχωμάτων του κυλίνδρου. Οι θυρίδες αυτές αποκαλύπτονται την κατάλληλη στιγμή από το έμβολο, καθώς αυτό παλινδρομεί μέσα στον κύλινδρο.

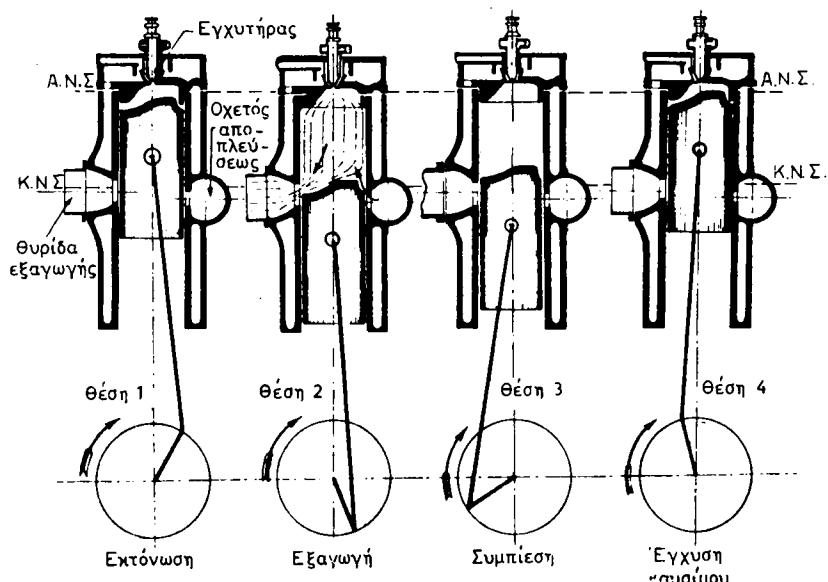
Το σχήμα 76.7 περιλαμβάνει τέσσερις διαφορετικές θέσεις του έμβολου, με τις οποίες θα μελετήσουμε τους δύο χρόνους του κύκλου λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής.

Στο σχήμα αυτό διακρίνομε τον **εγχυτήρα** επάνω στο πώμα, τον **οχετό της σαρώσεως** ή **αποπλύσεως** δεξιά στον κύλινδρο με τις αντίστοιχες **θυρίδες σαρώσεως**, και τον **οχετό της εξαγωγής** αριστερά στον κύλινδρο με τις αντίστοιχες **θυρίδες εξαγωγής** των καυσαερίων.

Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής είναι η εξής:

Πρώτος χρόνος: Στη θέση (1) του σχήματος πραγματοποιείται η καύση του καυσίμου και το έμβολο έχει προχωρήσει από το Α.Ν.Σ. προς το Κ.Ν.Σ. κατά ένα μικρό μέρος ($1/10$ περίπου) της διαδρομής του.

Στη θέση (2) το έμβολο εξακολουθεί τη διαδρομή του προ-



Σχ. 76.7.

τα κάτω υπό την πίεση των καυσαερίων, τα οποία καθώς εκτονώνονται το ωθούν και έτσι παράγουν το μηχανικό έργο. Το έμβολο καθώς κατεβαίνει αποκαλύπτει τις θυρίδες της εξαγωγής και τα καυσαέρια εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια, και όπως το έμβολο κατέρχεται, αποκαλύπτει και τις θυρίδες της εισαγωγής ή σαρώσεως, οπότε αρχίζει η εισαγωγή του καθαρού αέρα από τις δεξιές θυρίδες υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, την οποία του παρέχει η λεγόμενη αντλία **σαρώσεως** ή **αποπλύσεως**. Εξαγωγή και σάρωση εξακολουθούν, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ. και τελειώνουν κατά την επόμενη διαδρομή, όταν το έμβολο, καθώς ανέρχεται κλείνει τις αντίστοιχες θυρίδες.

Έτσι έχομε: **Καύση** πετρελαίου - **εκτόνωση** των καυσαερίων - ένα **μέρος της εξαγωγής** και ένα **μέρος της σαρώσεως ή αποπλύσεως**.

Δεύτερος χρόνος: Στη θέση (3) του σχήματος το έμβολο από το Κ.Ν.Σ. ανέρχεται προς τα πάνω και κλείνει βαθμηδόν πρώτα τις θυρίδες εισαγωγής, οπότε τελειώνει η εισαγωγή αέρα και η απόπλυση, στη συνέχεια κλείνει τις θυρίδες εξαγωγής, οπότε τελειώνει και η εξαγωγή των καυσαερίων και αρχίζει η συμπίεση του αέρα, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει λίγο πριν το Α.Ν.Σ., θέση (4). Στο σημείο αυτό ανοίγει ο εγχυτήρας και αρχίζει η έγχυση και η καύση του καυσίμου.

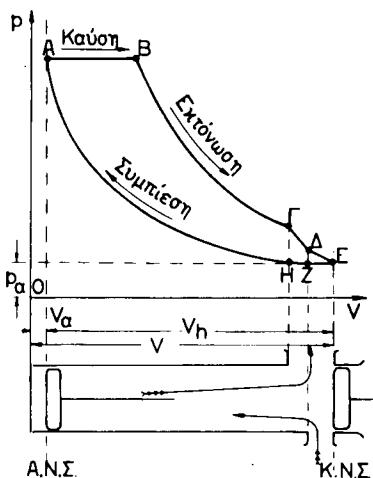
Έτσι έχομε: **Αποπεράτωση** (τέλος) **σαρώσεως ή αποπλύσεως** - **αποπεράτωση της εξαγωγής** - **συμπίεση** και **προεισαγωγή** του καυσίμου ή, όπως αλλιώς τη λέμε, **προέγχυση**.

Με το τέλος του δεύτερου χρόνου η μηχανή αρχίζει την ίδια όπως προηγουμένως λειτουργία, της οποίας οι φάσεις στο σύνολό τους είναι: **Καύση - εκτόνωση - εξαγωγή - απόπλυση** και **συμπίεση**.

76.8 Το θεωρητικό διάγραμμα της διχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό χαράσσεται με τη γνωστή μας μέθοδο σε άξονες πίεσεως - όγκου p - V, όπως στο σχήμα 76.8, όπου έχομε:

Τος χρόνος: ΑΒΓΔΕ δηλαδή (ΑΒ) **καύση υπό σταθερή πίεση**, (ΕΓ) **εκτόνωση αδιαβατική** των καυσαερίων μέχρι το σημείο (Γ), όπου ανοίγει η θυρίδα της εξαγωγής. (ΓΔ) έναρξη (αρχή) της εξαγωγής στο σημείο (Γ), οπότε η πίεση πέφτει απότομα κατά τη (ΓΔ), δηλαδή μέχρι το σημείο (Δ). Εκεί ανοίγει η θυρίδα απο-



Σχ. 76.8.

πλύσεως και εισέρχεται καθαρός αέρας υπό πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, την οποία του παρέχει η αντλία αέρα αποπλύσεως, οπότε και πραγματοποιείται το **πρώτο μέρος της αποπλύσεως** (ΔE), μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο Κ.Ν.Σ.

2ος χρόνος: EZHA δηλαδή (EZ), **αποπεράτωση της αποπλύσεως** υπό ατμοσφαιρική πίεση, (ZH) **αποπεράτωση της εξαγωγής**, και (HA) **αδιαβατική συμπίεση**, μέχρις ότου το έμβολο φθάσει στο Α.Ν.Σ. Και στο διάγραμμα αυτό έχομε όπως και στο διάγραμμα της βενζινομηχανής (παραγρ. 73.8).

$$V = V_a + V_h$$

και βαθμό συμπιέσεως (ϵ) ίσο προς:

$$\epsilon = 0,8 \left(1 + \frac{V_h}{V_a} \right),$$

όπου ο παράγοντας 0,8 προκύπτει, όπως εκεί, λόγω της υπάρξεως των θυρίδων.

Τέλος το εμβαδόν του διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ μας δίνει το θεωρητικό έργο του κυλίνδρου σε ένα κύκλωμα λειτουργίας ή σε δύο απλές διαδρομές του έμβολου ή χρόνους της μηχανής (δηλαδή σε μία πλήρη στροφή αυτής).

76.9 Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel. Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα.

Οι γωνίες στροφάλου, όπου αρχίζει και τελειώνει κάθε φάση της πραγματικής λειτουργίας της μηχανής, παριστάνονται γραφικά στο κυκλικό διάγραμμα του σχήματος 76.9, όπου έχουμε:

Στο σημείο (Α) έναρξη της **εγκύσεως** και της **καύσεως** στις 10° έως 25° πριν από το Α.Ν.Σ.

Στο σημείο (Β), 10° έως 30° μετά το Α.Ν.Σ. **τέλος της καύσεως, έναρξη της εκτονώσεως.**

Στο σημείο (Γ), 60° έως 80° πριν από το Κ.Ν.Σ. **έναρξη της εξαγωγής.**

Στο σημείο (Δ), 40° έως 50° πριν από το Κ.Ν.Σ. **έναρξη της αποπλύσεως.**

Στο σημείο (Ζ), 40° έως 50° μετά το Κ.Ν.Σ. **τέλος της αποπλύσεως.**

Στο σημείο (Η), 60° έως 80° μετά το Κ.Ν.Σ. **τέλος της εξαγωγής, έναρξη συμπίέσεως.**

Στο σημείο (Α), 10° έως 25° πριν από το Α.Ν.Σ. **τέλος της συμπίέσεως, έναρξη της εγκύσεως καύσεως.**

Από αυτά προκύπτει και η διάρκεια κάθε πραγματικής φάσεως λειτουργίας ως εξής:

(ΑΒ): **καύση.**

(ΒΓ): **εκτόνωση.**

(ΓΗ): **εξαγωγή.**

(ΔΕ): **εισαγωγή - απόπλυση.**

(ΗΑ): **συμπίεση.**

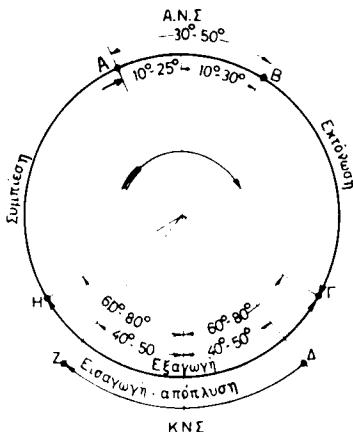
Οι πιο πάνω φάσεις κατανέμονται μεταξύ των 2 χρόνων ως εξής:

Πρώτος χρόνος: Τέλος εγκύσεως - καύσεως, εκτόνωση.
Πρώτο μέρος εξαγωγής - πρώτο μέρος σαρώσεως.

Δεύτερος χρόνος: Τέλος σαρώσεως - πέρας εξαγωγής συμπίέσεως - πρώτο μέρος εγκύσεως ή καύσεως ή αλλιώς προέγχυση.

Εδώ πρέπει να σημειώσομε ότι στις ταχύστροφες μηχανές η έγχυση του καυσίμου γίνεται πολύ νωρίτερα από ό,τι στις βραδύστροφες, το ίδιο δε συμβαίνει και με τα σημεία ενάρξεως των άλλων φάσεών της.

Ειδικά για την απόπλυση χρησιμοποιούνται συχνά συστήματα κατάλληλα, ώστε το τέλος της εισαγωγής του καθαρού



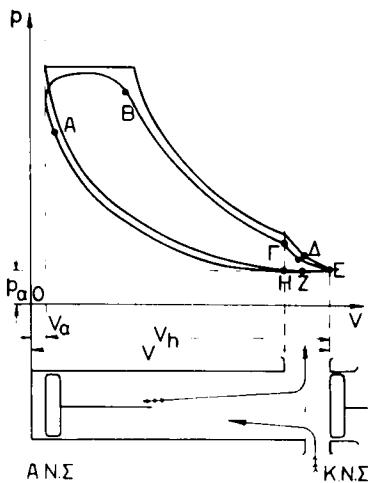
Σχ. 76.9.

αέρα να πραγματοποιείται μετά το κλείσιμο της εξαγωγής. Έτσι το γέμισμα του κυλίνδρου με ατμοσφαιρικό αέρα γίνεται καλύτερα και με πίεση κατά 0,3 έως 0,4 μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, όση δηλαδή η πίεση την οποία δημιουργεί στον οχετό εισαγωγής η αντλία σαρώσεως.

Παρατηρούμε επίσης, όπως στις βενζινομηχανές (παράγρ. 73.9), ότι το διάγραμμα αυτό της δίχρονης διαφέρει από το σπειροειδές της τετράχρονης πετρελαιομηχανής. Στην τετράχρονη μηχανή το διάγραμμα μας οδηγεί για τη σωστή ρύθμιση της προεγχύσεως και της διάρκειας καύσεως, καθώς και για το άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων, που εξαρτάται από εμάς. Στη δίχρονη το διάγραμμα επιτρέπει τη ρύθμιση μόνο της προεγχύσεως και της διάρκειας καύσεως, δεδομένου ότι τα ανοίγματα και κλεισίματα των θυρίδων είναι προκαθορισμένα από τον κατασκευαστή και δεν μπορούμε να τα μεταβάλλομε εύκολα. Εκτός βέβαια από ειδικές περιπτώσεις, όπου και σε δίχρονες χρησιμοποιούνται βαλβίδες επάνω στο πώμα αντί για θυρίδες επάνω στον κύλινδρο.

76.10 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό χαράσσεται πάλι σε σύγκριση με το θεωρητικό διάγραμμα όπως στο σχήμα 76.10, όπου έχομε τις φάσεις λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής ως εξής:



Σχ. 76.10.

Α-Α.Ν.Σ.-Β: **καύση** περίπου υπό σταθερή πίεση.

ΒΓ: πολυτροπική **εκτόνωση**, χαμηλότερη από την αδιαβατική.

ΓΔΕΖΗ: **εξαγωγή**.

ΔΕΖ: **εισαγωγή αέρα - απόπλυση**.

ΗΑ: πολυτροπική **συμπίεση** χαμηλότερη από την αδιαβατική.

Τα χαρακτηριστικά σημεία (Α), (Β), (Γ), (Δ), (Ε), (Ζ), (Η) αντιστοιχούν στα σημεία του κυκλικού διαγράμματος της προηγούμενης παραγράφου.

Και στο διάγραμμα 76.10 έχομε:

$$V = V_a + V_h$$

και βαθμό συμπιέσεως (ϵ) ίσο προς:

$$\epsilon = 0,8 \left(1 + \frac{V_h}{V_a} \right),$$

ο οποίος κυμαίνεται από 12 έως 18 περίπου.

Το εμβαδόν τέλος του πραγματικού αυτού διαγράμματος ΑΒΓΔΕΖΗΑ μας παρέχει το πραγματικό ωφέλιμο έργο, που αποδίδει η δίχρονη πετρελαιομηχανή σε έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας της, δηλαδή στους δύο χρόνους ή απλές διαδρομές του εμβόλου της.

76.11 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής Diesel.

Αυτό μας το παρέχει ο δυναμοδείκτης και παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής, κατά τη στιγμή ακριβώς που χαράσσεται από αυτόν.

Χρησιμεύει για να συγκρίνομε τη λειτουργία της μηχανής προς την ιδανική πραγματική λειτουργία και να κάνομε τις αναγκαίες ρυθμίσεις της μηχανής. Επίσης για να υπολογίζομε από το εμβαδό του το **δυναμοδεικτικό έργο** του κυλίνδρου, και από αυτό τη **μέση ενδεικτική πίεση** και την **ενδεικτική ιπποδύναμη** της μηχανής μας.

76.12 Σύγκριση τετραχρόνων και διχρόνων πετρελαιομηχανών.

Ανάλογες με τις διαφορές μεταξύ των τετραχρόνων και διχρόνων βενζινομηχανών (παράγρ. 73.1.2), είναι και οι διαφορές μεταξύ των τετραχρόνων και διχρόνων πετρελαιομηχανών.

Έτσι η βασική διαφορά τους έγκειται στον αριθμό των χρόνων, πράγμα από το οποίο συμπεραίνομε ότι για τις ίδιες διαστάσεις κυλίνδρου (διάμετρο - διαδρομή εμβόλου) και τον ίδιο αριθμό στροφών της μηχανής η δίχρονη πρέπει θεωρητικά τουλάχιστον να έχει διπλάσια ιπποδύναμη. Όπως όμως έχομε εξηγήσει και στην παράγραφο 73.12, λόγω της υπάρξεως των θυρίδων, το βάρος του αέρα που χρησιμοποιείται για την καύση, είναι περίπου 75-80% του βάρους που χρησιμοποιεί η τετράχρονη. Το ίδιο συμβαίνει και για το καύσιμο, που μπορεί να κάψει η δίχρονη. Αυτό πάλι ισούται με 75-80% του βάρους και σίμου, που καίει η τετράχρονη. Όμως η τετράχρονη παρουσιάζει καλύτερη ποιότητα καύσεως σε σύγκριση με τη δίχρονη, γιατί σ' αυτήν το καύσιμο έχει περισσότερο διαθέσιμο χρόνο για να καεί τελείως. Έτσι οι δύο αυτοί παράγοντες, η ύπαρξη των θυρίδων και η ποιότητα καύσεως, έχουν ως αποτέλεσμα ότι η ιπποδύναμη της δίχρονης δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 40% περίπου σε σύγκριση με την ιπποδύναμη της τετράχρονης. Πάντως όμως η τετράχρονη είναι μεγαλύτερη συγκριτικά και γι' αυτό η δίχρονη μηχανή είναι **ελαφρότερη** από αυτήν ή, όπως λέμε, έχει μικρότερο ειδικό βάρος, δηλαδή «βάρος ανά ίππο μηχανής». Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα, γιατί την κάνει φθηνότερη και ο παράγοντας αυτός του ειδικού βάρους

έχει ιδιαίτερη σημασία σε ναυτικές κυρίως εγκαταστάσεις, όπου το βάρος παιζει σημαντικό ρόλο.

Η κατανάλωση καυσίμου στην τετράχρονη λόγω καλύτερης ποιότητας καύσεως είναι κατά 10-15% χαμηλότερη από την κατανάλωση της δίχρονης και το ίδιο συμβαίνει και με την κατανάλωση σε λάδι λιπάνσεως, γιατί η δίχρονη καίει περισσότερο λάδι λόγω των υψηλών θερμοκρασιών στις οποίες εργάζεται.

Η δίχρονη λόγω διπλάσιου αριθμού κινητηρίων χρόνων μέσα στον ίδιο αριθμό περιστροφών της μηχανής έχει ομαλότερο **ζεύγος στρέψεως**, λιγότερους κραδασμούς και γι' αυτό έχει ανάγκη από μικρότερο σφόνδυλο απ' ό,τι η τετράχρονη.

Ο δίχρονος κινητήρας από απόψεως κατασκευής και συντηρήσεως είναι **πιο απλός**, γιατί συνήθως δεν έχει βαλβίδες, ωστήρια κ.λπ., όμως απαιτεί την ύπαρξη αντλίας σαρώσεως.

Λόγω συχνότερης καύσεως ο δίχρονος κινητήρας βρωμίζει πιο γρήγορα και έχει ανάγκη από συχνότερο **καθαρισμό**. Επίσης τα τεμάχιά του, τα οποία βρίσκονται σε επαφή με το θάλαμο καύσεως, φθείρονται πιο γρήγορα.

Λόγω της συχνότερης καύσεως, η λειτουργία του είναι πιο θορυβώδης από τη λειτουργία του τετράχρονου.

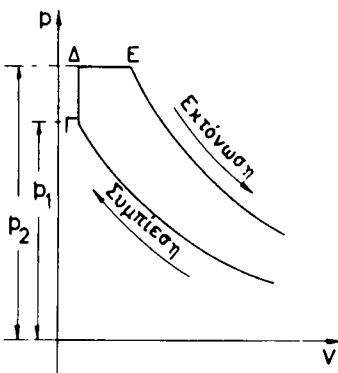
Από απόψεως χειρισμού τέλος ο δίχρονος κινητήρας είναι πιο απλός.

Όλες αυτές οι διαφορές, το μικρότερο αρχικό κόστος της εγκαταστάσεως και το μικρότερο βάρος ανά ίππο του δίχρονου κινητήρα, τον κάνουν προτιμότερο για τις εγκαταστάσεις πλοίων, ενώ σε όλες σχεδόν τις άλλες περιπτώσεις προτιμάται, σχεδόν, κατά κανόνα ο τετράχρονος, λόγω της μικρότερης καταναλώσεως σε καύσιμο και σε λιπαντικό λάδι.

76.13 Πετρελαιομηχανές Diesel μικτού κυκλώματος.

Χαρακτηριστικό των μηχανών αυτών είναι ότι η έγχυση και η καύση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο πραγματοποιείται σε ένα ποσοστό υπό σταθερό όγκο, και στο υπόλοιπο υπό σταθερή πίεση.

Έτσι, αν εξετάσουμε την περιοχή της εγχύσεως μόνο σ' ένα θεωρητικό διάγραμμα μιας μηχανής μικτού κυκλώματος αδιάφορα αν είναι τετράχρονη ή δίχρονη (σχ. 76.13), θα παρατηρήσουμε ότι στο σημείο (Γ), όπου τελειώνει η συμπίεση, αρχίζει η έγχυση και η καύση πρώτα μεν υπό σταθερό όγκο, κατά τη (ΓΔ) και στη συνέχεια υπό σταθερή πίεση, κατά την (ΔΕ).



Σχ. 76.13.

Η σχέση μεταξύ της τελικής πιέσεως (p_2), η οποία αναπτύσσεται κατά την υπό σταθερό όγκο καύση, προς την τελική πιέση συμπιέσεως (p_1) του αέρα στο τέλος της συμπιέσεως, δηλαδή ο λόγος ($p_2:p_1$) καλείται **βαθμός εκρήξεως**. Αντίστοιχα η γραμμή (ΔE), κατά την οποία διαρκεί η καύση υπό σταθερή πιέση καλείται **διάρκεια καύσεως**.

76.14 Συσχέτιση της λειτουργίας των μηχανών Diesel μικτού κυκλώματος με τις μηχανές Otto και Diesel.

Από τη θερμοδυναμική μελέτη των διαφόρων κυκλωμάτων, προκύπτει ότι το κύκλωμα Otto έχει θεωρητικά τη μεγαλύτερη απόδοση, ενώ το κύκλωμα Diesel, συγκριτικά μικρότερη. Με βάση αυτό το δεδομένο λοιπόν οι κατασκευαστές των πετρελαιομηχανών προσπάθησαν να πραγματοποιήσουν το κύκλωμα Diesel κατά ένα ποσοστό υπό σταθερό όγκο, δηλαδή να το φέρουν πιο κοντά προς το κύκλωμα Otto. Έτσι δημιουργήθηκε το μικτό αυτό κύκλωμα Otto - Diesel.

Σ' αυτό, όσο η διάρκεια καύσεως ελαττώνεται, τόσο το κύκλωμα πλησιάζει προς το κύκλωμα Otto και αυξάνει η απόδοση της μηχανής, γίνεται δε μέγιστη, όταν μηδενισθεί η διάρκεια καύσεως (ΔE), οπότε το κύκλωμα ταυτίζεται με το κύκλωμα Otto.

'Όταν πάλι ο βαθμός εκρήξεως $\frac{p_2}{p_1}$ ελαττώνεται, τότε η απόδοση του κυκλώματος πέφτει, όταν δε αυτός γίνει $\frac{p_2}{p_1} = 1$, τό-

τε το μικτό κύκλωμα ταυτίζεται με το κύκλωμα Diesel και έχει τη μικρότερή του απόδοση.

Με βάση τώρα το διάγραμμα του σχήματος 76.13 και σύμφωνα με τα γνωστά μας θεωρητικά, σπειροειδή ή κυκλικά και πραγματικά διαγράμματα των τετραχρόνων ή διχρόνων πετρελαιομηχανών Diesel μπορούμε εύκολα με το γνωστό τρόπο να σχεδιάσουμε τα θεωρητικά, σπειροειδή, κυκλικά και πραγματικά διαγράμματα των τετραχρόνων και διχρόνων πετρελαιομηχανών Diesel του μικτού κυκλώματος. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας μόνο ότι τα ανοιγμάτα των βαλβίδων στις μηχανές αυτές και ιδιαίτερα η έναρξη της εγχύσεως γίνονται νωρίτερα από ό,τι στις μηχανές Diesel. Τα κλεισίματα επίσης γίνονται αργότερα, επειδή οι μηχανές μικτού κυκλώματος είναι κατά κανόνα πολύστροφες. Τα στοιχεία αυτά δίνονται από τους κατασκευαστές με τη μορφή σπειροειδούς ή κυκλικού διαγράμματος. Ειδικά η έναρξη της εγχύσεως γίνεται περίπου 30° πριν από το A.N.S.

Τέλος ως προς την πίεση κατά την έγχυση και την καύση, πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι η μεν πίεση συμπιέσεως (p_1) φθάνει σε $30-35 \text{ kg/cm}^2$ περίπου, η δε πίεση στο τέλος υπό σταθερό όγκο καύσεως (p_2) φθάνει σε 50 έως 70 kg/cm^2 . Ανάλογη είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας κατά την καύση, η οποία φθάνει τη μέγιστη τιμή των 2.000° έως 2.200°C περίπου και έτσι αυξάνεται και η απόδοση του κυκλώματος.

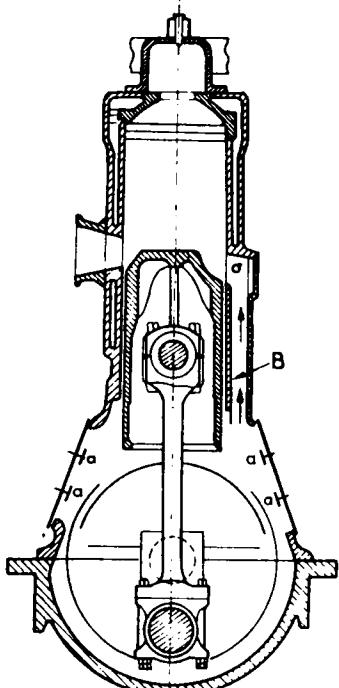
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 77

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΠΛΥΣΕΩΣ ΤΩΝ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Α. Τα συστήματα σαρώσεως ή αποπλύσεως των διχρόνων πετρελαιομηχανών είναι τα εξής:

α) Στοιχειώδης απόπλυση μέσω του στροφαλοθαλάμου.

Στο σύστημα αυτό (σχ. 77α), που μοιάζει με το σύστημα σαρώσεως των διχρόνων βενζινομηχανών, όταν το έμβολο ανέρχεται, σχηματίζει κενό μέσα στο στροφαλοθάλαμο. Τότε



Σχ. 77.α.

ανοίγουν αυτόμata οι βαλβίδες αναρροφήσεως (α - α) (κλαπέ), και εισέρχεται ο ατμοσφαιρικός αέρας μέσa στo στροφαλοθάλamo. Όταν τo έmbolο aρχίzεi νa κatέrχεtai κai νa ektéleí tōn kivnηtήriο χrόno tηs mηxanήs, sumpiēzεi tōn aéra, pou eisήlθe σto σtropfałolothálamo, κai lόgwa tηs píeσewas pou anapttússeτai kleίnouν oи βalbídεs (a - a). O aéra aυtόs mе mikrή mόnō uper-píeση, katá $1/10 \text{ kg/cm}^2$ megalútep̄ apō tēn atmospařikή, kateuθúnetai apō tōn plēuřikó oхetó (B) pろs tōn kūlinđro κai aрhízεi νa eisérchεtai s' aυtón, mόlīs to katerhómeno emboło apokalúp̄ei tē thuridā eisagawgήs (σ).

To σύstema autó efaromόzetai mόnō se mikrēs mηxanēs Diesel ḥ Semi - Diesel, η dē apópluſet, pou epitugħánetai mē autó, eivai stoixieħadn̄s.

8) Apópluſet θetikή ḥ vebiasménη me idiait̄erη antlia apópluſeas.

Sto σύstema autó x̄r̄st̄mopoiεitai idiait̄erη antlia, η opoia l̄égetai **antlia apópluſeas** ḥ **antlia sarwseas** κai η opoia suvñthw̄s kineitai apō aut̄ tēn idia tē mηxanή eítē apō tōn áxonā tēs mēsaw odonwatōn t̄roxw̄n, opōtē katekā kavóna eivai p̄eristrofikή, eítē apō tō diwast̄hra tou embołou mēsaw sust̄matos arþr̄w̄tōn moxlw̄n ḥ z̄uw̄n (pałant̄za), opōtē eivai embołiofóros palinđromikó t̄upou. Suvñthw̄s dñmiosurgei uper-píeſet, dñlaðd̄ píeſet megalútep̄ apō tēn atmospařikή katá 0,3 -0,5 kg/cm² p̄eripou.

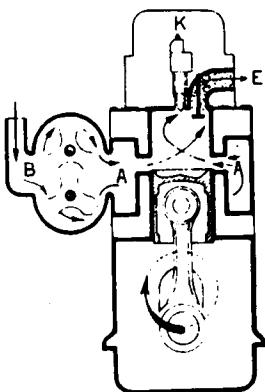
To σx̄hma 77b pariotán̄tai antlia apópluſeas me p̄eristrephómenous loþboūs se toum̄ mias díxronηs mηxanēs, st̄n opoia eisagawgή tōn aéra gínetai apō thuridēs pou br̄iskontai st̄is plēuřes tōn kūlinđrou, κai η eñagawgή tw̄n kauſaerīw̄n apō βalbídēs pou br̄iskontai epān̄w σto p̄wma.

Sto σx̄hma autó (B) eivai o loþboi, (A-A) eivai o oхetó tōn aéra apópluſeas, o opoiois p̄eribállel̄ olo tōn kūlinđro, (K) eivai o eñxut̄hraç ḥ kauſt̄hraç κai (E) o oхetó eñagawgή tw̄n kauſaerīw̄n.

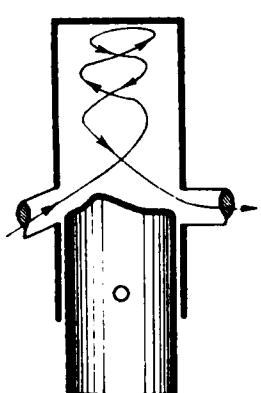
Ta b̄el̄ σto σx̄hma dēiχnoūn tēn porēia tōn aéra apópluſeas se diam̄hk̄i diātaž̄.

B. Oi diāt̄ax̄eis sarwseas ḥ apópluſeas, pou efaromόzontai st̄is diāphorēs mηxanēs, eivai o eñ̄s:

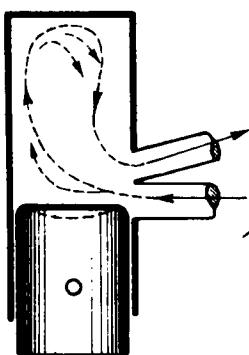
a) **Apalī eñkár̄sia** apópluſet (s̄ch. 77γ).



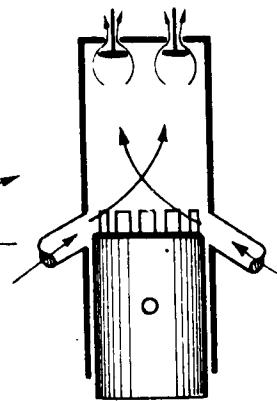
Σχ. 77.β.



Σχ. 77.γ.



Σχ. 77.δ.



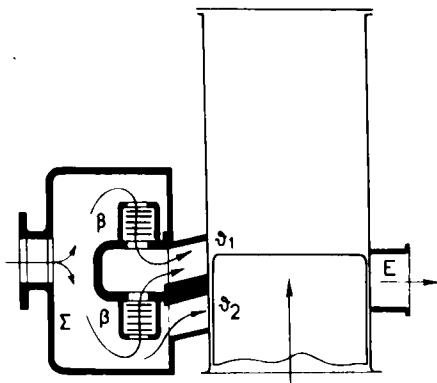
Σχ. 77.ε.

β) **Κυκλική εγκάρσια** απόπλυση (σχ. 77δ).

γ) **Διαμήκης απόπλυση** με εισαγωγή του αέρα από θυρίδες στην περιφέρεια του κυλίνδρου και εξαγωγή από βαλβίδες στο πώμα του (σχ. 77ε).

δ) **Απόπλυση με διπλές θυρίδες εισαγωγής και αναπνευστικές βαλβίδες.**

Με τη διάταξη αυτή επιτυγχάνομε, ώστε η εισαγωγή του αέρα αποπλύσεως να τελειώνει λίγο αργότερα, μετά το τέλος της εξαγωγής και ο κύλινδρος να γεμίζει καλύτερα με ατμοσφαιρικό αέρα πικνότερο, που έχει την πίεση της αποπλύσεως, δηλαδή μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Έτσι αντιμετωπίζε-



Σχ. 77ζ.

ται εν μέρει η ελάττωση του βαθμού συμπιέσεως της μηχανής λόγω της υπάρξεως των θυρίδων, οι οποίες ελαττώνουν την αφέλιμη διαδρομή συμπιέσεως.

Στο σχήμα 77ζ παριστάνεται η πιο πάνω διάταξη αποπλύσεως. Σ' αυτό (Σ) είναι ο οχετός αποπλύσεως, (β) οι ανεπιστροφες αναπνευστικές βαλβίδες με σχήμα δίσκου και μικρού πάχους, (θ_1) και (θ_2) οι θυρίδες αποπλύσεως και (E) η θυρίδα της εξαγωγής. Όταν το έμβολο κινείται προς τα κάτω, αποκαλύπτει πρώτα τις θυρίδες της άνω σειράς (θ_1), από τις οποίες όμως δεν εισέρχεται αμέσως αέρας αποπλύσεως, γιατί οι βαλβίδες ($\beta - \beta$) δεν ανοίγουν, επειδή η πίεση μέσα στον κύλινδρο είναι μεγαλύτερη από την πίεση του οχετού σαρώσεως. Ούτε πάλι εξέρχονται καυσαέρια προς τον οχετό σαρώσεως, γιατί οι βαλβίδες (β), όπως είπαμε, είναι ανεπιστροφες.

Όταν λόγω της εκτονώσεως και της εξαγωγής των καυσαερίων από τον κύλινδρο η πίεση μέσα σ' αυτόν γίνει χαμηλότερη από την πίεση του οχετού αποπλύσεως, ο οποίος τροφοδοτείται από την αντλία σαρώσεως με αέρα απόλυτης πίεσεως 1,2 έως 1,3 kg/cm², οι δισκοειδείς βαλβίδες (β) ανοίγουν αυτόμata και αρχίζει η είσοδος του αέρα στον κύλινδρο από τις άνω θυρίδες (θ_1). Όταν αποκαλυφθούν και οι κάτω θυρίδες (θ_2), η απόπλυση γίνεται και εντονότερη, χωρίς την παρεμβολή των βαλβίδων ($\beta - \beta$).

Κατά τη διαδρομή του εμβόλου προς τα άνω μετά το κλείσιμο των κάτω θυρίδων (θ_2) και των θυρίδων εξαγωγής (E), και όπως το έμβολο ανέρχεται, όταν η πίεση συμπιέσεως υπερβεί την

πίεση αποπλύσεως ή όταν το έμβολο καλύψει και τις άνω θυρίδες (θ_1), οι αναπνευστικές βαλβίδες (β - β) θα κλείσουν μόνες τους. Έτσι τη στιγμή που θα αρχίσει η συμπίεση, ο κύλινδρος θα είναι γεμάτος με αέρα, ο οποίος θα έχει την πίεση του οχετού της σαρώσεως.

Εκτός από τη διάταξη που περιγράφαμε υπάρχουν και άλλες παρόμοιες διατάξεις, όπως π.χ. αυτή που εφαρμόζεται σε πολύ μεγάλες μηχανές ναυτικού τύπου, όπου αντί για αναπνευστικές βαλβίδες χρησιμοποιείται περιστροφικός σύρτης, ο οποίος κινείται μηχανικά από τη μηχανή και ανοίγει και κλείνει τις θυρίδες με μηχανικό τρόπο τη δεδομένη στιγμή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 78

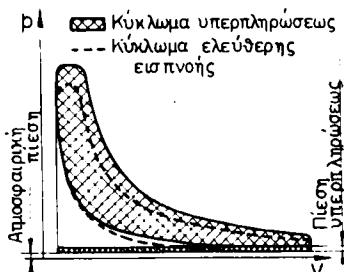
ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

78.1 Η υπερπλήρωση των μηχανών και η υπερφόρτωση.

Υπερπλήρωση της μηχανής καλείται η αναγκαστική εισαγωγή ατμοσφαιρικού αέρα στον κύλινδρο σε ποσότητα μεγαλύτερη από εκείνη, που μπορεί να αναρροφήσει με μόνο το κενό, που δημιουργεί το έμβολο. Η εισαγωγή του αέρα στην προκειμένη περίπτωση γίνεται με πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, περίπου 1,5-2,2 kg/cm², από ιδιαίτερη αντλία, η οποία καλείται **αντλία υπερπληρώσεως** ή **υπερτροφοδοτήσεως**. Λόγω ακριβώς της μεγαλύτερης αυτής πιέσεως προκύπτει μεγαλύτερο το βάρος του αέρα, ο οποίος καταλαμβάνει τον όγκο που δημιουργεί το έμβολο.

Σκοπός της υπερπληρώσεως είναι να δώσει στη μηχανή τη δυνατότητα να κάψει περισσότερη ποσότητα καυσίμου, ώστε να αυξηθεί ανάλογα η ιπποδύναμη της μηχανής. Αυτό γίνεται χωρίς να έχομε κακή καύση και χωρίς να παρατηρηθεί καμιά αντικανονική ύψωση των θερμοκρασιών. Η υπερπλήρωση μοιάζει με τον τεχνητό ελκυσμό των λεβήτων (παράγρ. 23.3, Α' Τόμος). Έτσι σε αντιστοιχία, στο μεν λέβητα επιτυγχάνομε μεγαλύτερο βαθμό καύσεως και μεγαλύτερη ατμοπαραγωγική ικανότητα, στη δε πετρελαιομηχανή μεγαλύτερη ιπποδύναμη.

Στο σχήμα 78.1 φαίνεται καθαρά η διαφορά παραγόμενου



Σχ. 78.1

έργου εάν συγκρίνομε τα δύο κυκλώματα Diesel, χωρίς υπερπλήρωση και με υπερπλήρωση αέρα.

Η υπερπλήρωση των πετρελαιομηχανών, η οποία εφαρμόζεται και σε βενζινομηχανές αεροπλάνων ή αυτοκινήτων αγώνων κ.λπ., δεν πρέπει να συγχέεται με τη λεγόμενη **υπερφόρτωση** της μηχανής, η οποία σημαίνει τη βεβιασμένη αύξηση της ιπποδυνάμεως της για μικρό μόνο χρονικό διάστημα (1 ώρας περίπου) σε ποσοστό από 10 έως 20% περίπου.

Όλες οι μηχανές αντέχουν μια υπερφόρτωση για περιορισμένο χρόνο χωρίς δυσάρεστα επακόλουθα.

Κατά την υπερφόρτωση χορηγούμε αυξημένη ποσότητα πετρελαίου ανά κύκλωμα, χωρίς όμως ανάλογη αύξηση και του καυσιγόνου αέρα. Έτσι, ενώ ο κύλινδρος είναι κατασκευασμένος με ορισμένες διαστάσεις (διάμετρο - διαδρομή εμβόλου) και μπορεί να αναρροφήσει ορισμένη ποσότητα αέρα, η οποία επαρκεί για την τέλεια καύση ορισμένης πάλι ποσότητας καυσίμου, με την υπερφόρτωση του χορηγούμε μόνο περισσότερο καύσιμο. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι αυξάνομε μεν για λίγο διάστημα την ιπποδύναμη, που αναπτύσσει η μηχανή, προκαλούμε όμως κακή ποιότητα καύσεως, ρύπανση του κυλίνδρου, υπερθέρμανση των μερών του θαλάμου καύσεως και ελάττωση του βαθμού αποδόσεως της μηχανής.

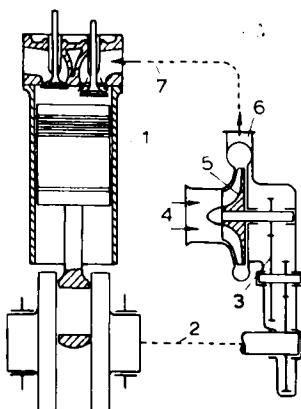
Η υπερφόρτωση κατά κανόνα αποφεύγεται, εκτελείται δε κυρίως στις δοκιμές παραλαβής μιας καινούργιας μηχανής ή μετά από μια γενική επισκευή ή τέλος σε περιπτώσεις μεγάλης ανάγκης για αυξημένη ιπποδύναμη.

78.2 Συστήματα υπερπληρώσεως.

Όπως είπαμε, η πίεση, με την οποία καταθλίβει τον αέρα η ιδιαίτερη αντλία υπερπληρώσεως, φθάνει από 1,5 έως και 2,2 kg/cm² περίπου. Η αντλία υπερπληρώσεως είναι εξαρτημένη από την ίδια τη μηχανή, όπως και η αντλία σαρώσεως, είναι δε συνήθως περιστροφική με περιστρεφόμενους λοβούς ή αντλία φυγοκεντρικού τύπου (σχ. 78.2α).

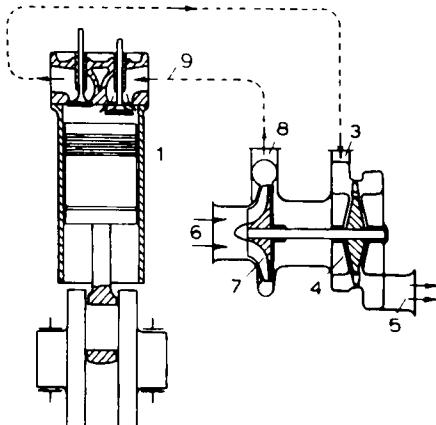
Το σύστημα αυτό δεν είναι πολύ οικονομικό, γιατί απορροφά καθαρή ισχύ από τον άξονα της μηχανής, ενώ προτιμάται το σύστημα με το στροβιλοσυμπιεστή υπερπληρώσεως, ο οποίος κινείται με τη δύναμη των καυσαερίων της εξαγωγής (σχ. 78.2β).

Άλλα συστήματα που χρησιμοποιούνται πολύ είναι τα εξής:



Σχ. 78.2α.

1) Πετρελαιομηχανή 4χρονη. 2) Σύνδεσμος κινήσεως συμπιεστή. 3) Οδοντωτοί τροχοί μεταδόσεως της κινήσεως. 4) Εισαγωγή αέρα στο συμπιεστή. 5) Συμπιεστής. 6) Έξοδος αέρα από το συμπιεστή. 7) Αγωγός εισαγωγής αέρα στη μηχανή..



Σχ. 78.2β.

1) Πετρελαιομηχανή 4χρονη. 2) Αγωγός εισαγωγής καυσαερίων από τη μηχανή. 3) Εισαγωγή καυσαερίων στο στρόβιλο. 4) Αξονικός στρόβιλος καυσαερίων. 5) Εξαγωγή του στροβίλου. 6) Εισαγωγή αέρα στο συμπιεστή. 7) Φυγοκεντρικός συμπιεστής. 8) Εξαγωγή αέρα από το συμπιεστή. 9) Αγωγός εισαγωγής αέρα στη μηχανή..

Σύστημα υπερπληρώσεως Sulzer.

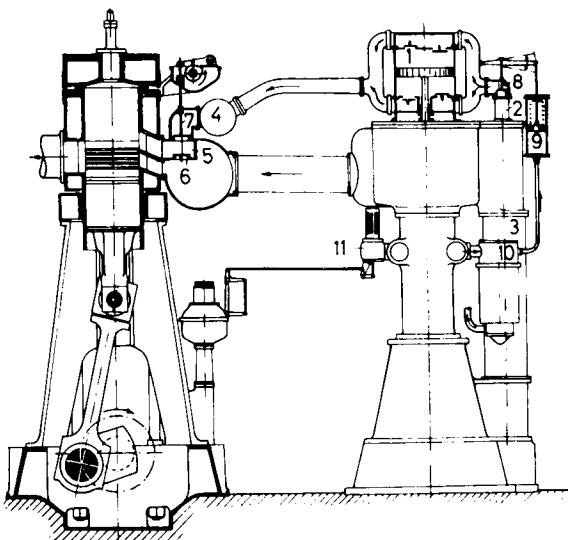
Στο σχήμα 78.2γ παριστάνεται η διάταξη υπερπληρώσεως μιας δίχρονης μηχανής Sulzer.

Ο αέρας της υπερπληρώσεως εισέρχεται στον κύλινδρο με μανομετρική πίεση $0,8 \text{ kg/cm}^2$ αμέσως μετά το τέλος της αποπλύσεως. Ο αεροσυμπιεστής υπερπληρώσεως (1) είναι τοποθετημένος πάνω από τον αεροσυμπιεστή αποπλύσεως και αναρροφά αέρα με το σωλήνα (2) μέσα από το σωλήνα αναρροφής του αέρα αποπλύσεως (3).

Ο συμπιεζόμενος αέρας καταθλίβεται στο συλλέκτη (4), ο οποίος τοποθετείται παράλληλα με το συλλέκτη αποπλύσεως.

Από το συλλέκτη υπερπληρώσεως ιδιαίτερος ατομικός σωλήνας για κάθε κύλινδρο χωριστά οδηγεί στα κιβώτια (5) των βαλβίδων διπλής έδρας, οι οποίες συνδέονται με την ανώτερη σειρά των θυρίδων αποπλύσεως.

Όταν το έμβολο κατερχόμενο αποκαλύψει τις θυρίδες εξαγω-



Σχ. 78.2γ.

γής και η πίεση στον κύλινδρο ελαττωθεί, οι αυτόματες βαλβίδες αποπλύσεως (6) ανοίγουν λόγω της μεγαλύτερης πιέσεως του αέρα αποπλύσεως. Ταυτόχρονα σχεδόν αποκαλύπτεται από το έμβολο η κατώτερη σειρά των θυρίδων αποπλύσεως και αρχίζει έτοι η απόπλυση του κυλίνδρου.

Όταν το έμβολο αρχίζει να κινείται προς τα πάνω αρχίζει να κλείνει τις θυρίδες εξαγωγής, ενώ οι βαλβίδες υπερπληρώσεως ανοίγουν μηχανικά, και πρόσθετος αέρας εισέρχεται από το συλλέκτη (4) από την ανώτερη σειρά των θυρίδων αποπλύσεως, που εξακολουθούν να είναι ανοικτές. Ο αέρας δεν επιστρέφει προς το συλλέκτη, γιατί οι βαλβίδες (6) είναι ανεπίστροφες.

Στο σύστημα αυτό, όταν η μηχανή εργάζεται μέχρι τα $\frac{3}{4}$ του φορτίου της, είναι προτιμότερο να λειτουργεί χωρίς υπερπλήρωση. Γι' αυτό υπάρχει μια βαλβίδα (8). Αυτή κινείται από ειδικό ρυθμιστικό μηχανισμό, ο οποίος μετακινείται από το υπορετικό μηχάνημα (9), που συνδέεται με το συλλέκτη χαμηλής πιέσεως (10). Έτσι, όπως η πίεση στο συλλέκτη χαμηλής πιέσεως ρυθμίζεται από τη βαλβίδα (11), η απομόνωση του αεροσυμπιεστή υπερπληρώσεως επηρεάζεται κατ' ευθείαν από το ρυθμιστή στροφών της μηχανής.

Τα στοιχεία της ρυθμίσεως των βαλβίδων σε μια τετράχρονη

πετρελαιομηχανή με υπερπλήρωση είναι περίπου τα εξής:

Άνοιγμα βαλβίδας εισαγωγής 50° - 80° πριν το Α.Ν.Σ.

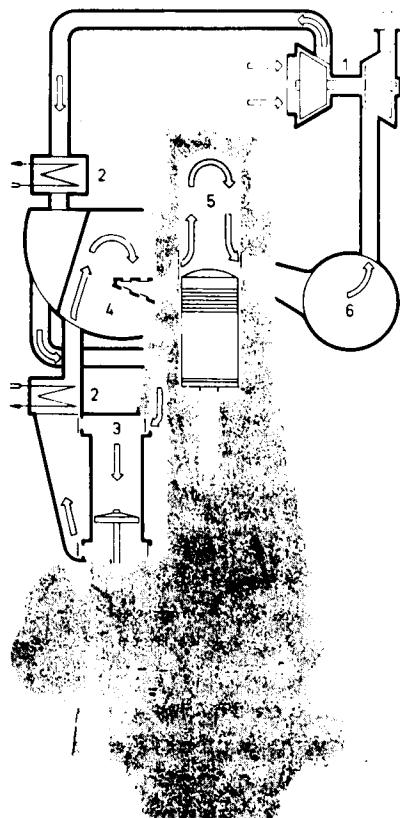
Κλείσιμο βαλβίδας εισαγωγής 30° - 50° μετά το Α.Ν.Σ.

Άνοιγμα βαλβίδας εξαγωγής 45° - 70° πριν το Κ.Ν.Σ.

Κλείσιμο βαλβίδας εξαγωγής 50° - 70° μετά το Κ.Ν.Σ.

Διαφέρουν δηλαδή ουσιαστικά από εκείνα της μηχανής χωρίς υπερπλήρωση. Τα στοιχεία όμως εγχύσεως του καυσίμου παραμένουν τα ίδια με της μηχανής χωρίς υπερπλήρωση.

Στις δίχρονες μηχανές γίνεται συνήθως συνδυασμός της αποπλύσεως και της υπερπληρώσεως, ώστε να χρησιμοποιείται κοινή αντλία και για τις δύο αυτές λειτουργίες.



Σχ. 78.26.

1) Στροβιλοσυμπιεστής καυσαερίων. 2) Ψυγείο αέρα. 3) Αντλία αέρα παλινδρομική. 4) Συλλέκτης αέρα σαρώσεως. 5) Κύλινδρος μηχανής. 6) Συλλέκτης καυσαερίων.

Με την υπερπλήρωση γενικά επιτυγχάνομε αύξηση της ισχύος της μηχανής συνήθως μεν μέχρι 50%, σε ειδικές δε περιπτώσεις μέχρι 100% ή και περισσότερο.

Η υπερπλήρωση γενικά συμφέρει γιατί με μικρή μόνο επί πλέον δαπάνη, τόση όση η αξία του στροβιλοσυμπιεστή και των σχετιζομένων με αυτόν σωληνώσεων, επιτυγχάνομε σοβαρή αύξηση της ισχύος. Γι' αυτό το λόγο οι μηχανές μεσαίου και μεγάλου μεγέθους είναι σχεδόν πάντοτε μηχανές με υπερπλήρωση.

Τέλος οι πολυκύλινδρες μηχανές χρησιμοποιούν καμιά φορά περισσότερους στροβιλοσυμπιεστές και κάθε ένας από αυτούς τροφοδοτείται με τα καυσαέρια μιας ομάδας κυλίνδρων αντίστοιχα.

Σύστημα υπερτροφοδοτήσεως Fiat.

Αυτό, που είναι από τα πιο σύγχρονα, παριστάνεται στο σχήμα 78.2δ και χρησιμοποιείται από το εργοστάσιο αυτό σε όλους σχεδόν τους κινητήρες μεγάλης ιπποδυνάμεως (από ιπποδύναμη 15.000 έως και 30.000 ίππων).

Η λειτουργία αυτού του συστήματος από όσα είπαμε μέχρι τώρα είναι αυτονόητη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 79

Η ΕΓΧΥΣΗ ΚΑΙ Η ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

79.1 Γενικά.

Το πετρέλαιο των πετρελαιομηχανών είναι συνήθως ελαφρό πετρέλαιο ειδικού βάρους 0,8 έως 0,83 περίπου και θερμοκρασίας αυταναφλέζεως περί τους 300° C.

Όταν το πετρέλαιο εισάγεται στον κύλινδρο, βρίσκεται σε περιβάλλον θερμοκρασίας 600° C περίπου, την οποία έχει ο αέρας λόγω της συμπιέσεως του σε πίεση περίπου 35 kg/cm^2 , και αυταναφλέγεται, δηλαδή αναφλέγεται μόνο του χωρίς τη βοήθεια σπινθήρα.

Οι τρόποι με τους οποίους γίνεται η έγχυση του πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο, είναι, όπως έχομε αναφέρει, δύο, ο **δι' εγχύσεως με εμφύσηση αέρα** και ο της **μηχανικής εγχύσεως**.

Στην έγχυση με εμφύσηση από πεπιεσμένο αέρα χρησιμοποιείται ο εγχυτήρας, η αντλία πετρελαίου, ο αεροσυμπιεστής και η αεροφιάλη του αέρα εμφυσήσεως. Κατ' αρχάς η αντλία πετρελαίου καταθλίβει νωρίς 90° , πριν το έμβολο φθάσει στο A.N.S., την καθορισμένη ποσότητα πετρελαίου, που απαιτείται ανά κύκλωμα και η οποία εισέρχεται μέσα στον εγχυτήρα. Εκεί επικρατεί η πίεση του αέρα εμφυσήσεως, περίπου 70 At, επειδή αυτός βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με την αεροφιάλη εμφυσήσεως, η οποία εφοδιάζεται συνεχώς με αέρα 70 At, επειδή αυτός βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με την αεροφιάλη εμφυσήσεως, η οποία εφοδιάζεται συνεχώς με αέρα 70 At από τον αεροσυμπιεστή εμφυσήσεως. Το πετρέλαιο, λόγω βάρους, κατέρχεται και καταλαμβάνει τον κατώτερο χώρο μέσα στον εγχυτήρα, πάνω από τη βαλβίδα εγχύσεως, περιμένει δε τη στιγμή, κατά την οποία η βαλβίδα θα ανοίξει, ώστε να διασκορπισθεί μέσα στον κύλινδρο.

Τη δεδομένη στιγμή, 5° έως 8° πριν το A.N.S., με τη βοήθεια ενός εκκέντρου, το οποίο κινείται από τον εκκεντροφόρο

άξονα της μηχανής, ανοίγει η βαλβίδα εγχύσεως του εγχυτήρα.

Τότε το πετρέλαιο σπρώχνεται από τον αέρα εμφυσήσεως, με μεγαλύτερη πίεση (70 kg/cm^2), από την πίεση συμπιέσεως του κυλίνδρου (35 kg/cm^2), αναμιγνύεται με αυτόν και εισέρχεται υπό μορφή λεπτοτάτων σταγονίδιων στον κύλινδρο, όπου αυταναφλέγεται και καίγεται όσο διαρκεί η έγχυση.

Στη μηχανική έγχυση δεν χρησιμοποιείται αεροσυμπιεστής και αεροφιάλη αέρα εμφυσήσεως. Τη δεδομένη στιγμή, 10° έως 30° πριν το Α.Ν.Σ., η αντλία μηχανικής εγχύσεως καθορισμένη ποσότητα πετρελαίου ανά κύκλωμα, υπό πίεση 100 έως και 300 kg/cm^2 , στον εγχυτήρα του κυλίνδρου. Η υδραυλική αυτή πίεση του πετρελαίου ανυψώνει ακαριαία τη βαλβίδα εγχύσεως του εγχυτήρα και εισάγει το πετρέλαιο μέσα στον κύλινδρο, διασκορπίζοντάς το σε λεπτότατα σταγονίδια. Αυτό αναμιγνύεται με τον υπό πίεση 35 έως 40 kg/cm^2 αέρα του κυλίνδρου, αυταναφλέγεται, λόγω της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος των 550° έως 600° C , και καίγεται στη συνέχεια όσο διαρκεί η έγχυση.

Από τα παραπάνω βλέπομε ότι η μέθοδος της μηχανικής εγχύσεως είναι πολύ απλούστερη, γι' αυτό και χρησιμοποιείται σήμερα σε όλες τις πετρελαιομηχανές, ενώ η μέθοδος εγχύσεως με εμφύσηση συναντάται μόνο σε παλιού τύπου μηχανές. Γι' αυτούς τους λόγους στις επόμενες παραγράφους θα ασχοληθούμε μόνο με τη μηχανική έγχυση και τα εξαρτήματά της.

79.2 Βραδύτητα αυταναφλέξεως του πετρελαίου. Δριθμός στετανίου.

Στους πετρελαιοκινητήρες από τη στιγμή της εγχύσεως του πετρελαίου στο θάλαμο καύσεως μέχρι τη στιγμή που πραγματοποιείται η έναυση του πετρελαίου, παρέρχεται ένα μικρό χρονικό διάστημα, το οποίο ονομάζεται **βραδύτητα αυταναφλέξεως**.

Το χρονικό αυτό διάστημα, αν και είναι πολύ μικρό, περίπου $0,001$ έως $0,002$ του δευτερολέπτου, παίζει ιδιαίτερο ρόλο στην καλή λειτουργία της μηχανής.

Όσο μεγαλύτερη είναι η βραδύτητα αυταναφλέξεως, τόσο περισσότερο πετρέλαιο συσσωρεύεται στο θάλαμο καύσεως (πριν αρχίσει η καύση), το οποίο αναφλέγεται στη συνέχεια απότομα και προκαλεί απότομη αύξηση της πιέσεως. Η πίεση

αυτή είναι τόσο ισχυρή, ώστε προκαλεί μέσα στον κύλινδρο κτύπο, παρόμοιο με τον κτύπο που προκαλεί η κρουστική καύση μέσα στον κύλινδρο της βενζινομηχανής.

Η βραδύτητα της αυταναφλέξεως του πετρελαίου επηρεάζει σοβαρά την εκκίνηση του κινητήρα και την επιτάχυνσή του, έχει δε άμεση σχέση και με την παραγωγή καπνού στην εξαγωγή των καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα.

Για τον προσδιορισμό της βραδύτητας αυταναφλέξεως των διαφόρων πετρελαίων χρησιμοποιείται η μέθοδος συγκρίσεως αυτών προς ένα δεδομένο καύσιμο μέσα σε ένα δοκιμαστικό κινητήρα. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται γενικά ο λεγόμενος **αριθμός στετανίου** του πετρελαίου, ο οποίος δίνει και το μέτρο της ταχύτητας αυταναφλέξεως. Το **στετάνιο** είναι παραφινικός υδρογονάνθρακας με τη μέγιστη ικανότητα αυταναφλέξεως και παριστάνει το 100 της κλίμακας συγκρίσεως. Σ' αυτό αναμιγνύεται σε διάφορες αναλογίες η **άλφα - μεθυλοναφθαλίνη**, η οποία είναι υδρογονάνθρακας βραδείας αυταναφλέξεως και η οποία αντιστοιχεί στο μηδέν (0) της ίδιας κλίμακας. Η διαδικασία προσδιορισμού του αριθμού στετανίου είναι παρόμοια με αυτήν του προσδιορισμού του αριθμού οκτανίου των βενζινών.

Τα συνηθισμένα καύσιμα των πετρελαιομηχανών πρέπει να έχουν αριθμό στετανίου μεταξύ 40% και 70%. Τα καύσιμα με πολύ μικρό ή πολύ μεγάλο αριθμό στετανίου είναι ανεπιθύμητα. Αυτό γιατί όταν έχουν υψηλό αριθμό, η καύση του πετρελαίου γίνεται πολύ γρήγορα και πολύ κοντά στις οπές του καυστήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη γρήγορη ρύπανση και φράξιμο των οπών. Όταν έχουν πολύ χαμηλό, η καύση του πετρελαίου αρχίζει πολύ αργά και τελειώνει πολύ αργά επίσης, δηλαδή εξακολουθεί και κατά την εκτόνωση, πράγμα που είναι πολύ αντιοκονομικό.

Για τα βαριά πετρέλαια, τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά στους κινητήρες (Diesel), ο αριθμός στετανίου δεν έχει πρακτικά καμιά σημασία, δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται σε βραδύστροφους κινητήρες στους οποίους σχετικά βραδεία ανάφλεξη πρακτικά δεν προκαλεί καμιά ανωμαλία.

79.3 Θάλαμοι καύσεως και διαμόρφωσή τους. Στροβιλισμός αέρα και καυσίμου.

Η τέλεια καύση του πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο είναι απαραίτητη για δύο βασικούς λόγους: Πρώτον, γιατί είναι ανα-

γκαίο να χρησιμοποιηθούν όλες οι θερμίδες του πετρελαίου για την απόδοση έργου από τη μηχανή, ώστε να έχουμε τη μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και τη μέγιστη ιπποδύναμη της μηχανής. Δεύτερον, για να μην σχηματίζονται καρβουνίδια μέσα στο χώρο της καύσεως, τα οποία καταστρέφουν σιγά, σιγά τα τεμάχια του κινητήρα, που σχετίζονται με το θάλαμο καύσεως.

Για να πετύχουμε την τέλεια καύση, είναι απαραίτητο να διασκορπίσουμε το πετρέλαιο σε λεπτότατα σταγονίδια, ώστε να αναμιχθεί τελείως με τον αέρα της καύσεως. Γι' αυτό είναι επίσης αναγκαίο να χορηγούμε τον απαραίτητο μόνο καυσιγόνο αέρα και λίγο περισσότερο, δηλαδή 15 έως 20% περισσότερο από εκείνον, που απαιτείται θεωρητικά, για να εξασφαλίζομε ότι θα υπάρχει επάρκεια οξυγόνου, ώστε τα μόρια του καυσίμου να ενωθούν εύκολα με αυτό κατά την καύση τους μέσα στο θάλαμο καύσεως.

Πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι μικρή περίσσεια αέρα έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ποιότητα καύσεως και πτώση της αποδόσεως της μηχανής. Την περίπτωση αυτή (δεδομένου ότι οι διαστάσεις του κυλίνδρου είναι σταθερές) την καταλαβαίνουμε, όταν υπερφορτώνουμε τη μηχανή. Αντίθετα μεγάλη περίσσεια αέρα προκαλεί άσκοπη απώλεια θερμίδων μέσω των καυσαερίων της εξαγωγής. Η περίπτωση αυτή συμβαίνει όταν η μηχανή εργάζεται με ελαττωμένο φορτίο.

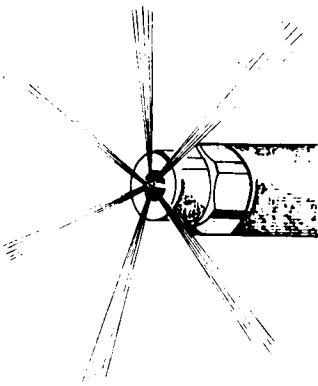
Δεδομένου ότι ο κατασκευαστής έχει υπολογίσει και σχεδιάσει τον κύλινδρο για το πλήρες φορτίο από 100% και έχει περιλάβει στον υπολογισμό του το 15 έως 20% κανονικό ποσοστό περίσσειας αέρα, αντιλαμβανόμαστε ότι από απόψεως φορτίου συμφέρει να εργάζεται η μηχανή μας στα υψηλότερα φορτία, περίπου σε 95 έως 100% του μέγιστου.

Η καλή ψέκαση του καυσίμου σε λεπτότατα σταγονίδια πραγματοποιείται με τον εγχυτήρα (σχ. 79.3α).

Τα σταγονίδια αυτά του πετρελαίου αναμιγνύονται με τον αέρα της καύσεως, ο οποίος κατά τη συμπίεσή του έχει αποκτήσει μια μικρή στροβιλώδη κίνηση. Σε πολλές μηχανές επιδιώκομε την επαύξηση της στροβιλώδους αυτής κινήσεως του αέρα με τεχνητά μέσα.

Κατ' αρχήν υπάρχουν δύο τρόποι στροβιλισμού του αέρα και τέλειας αναμίξεως του με το καύσιμο.

α) Με προβολή πεπιεσμένου αέρα μαζί με το πετρέλαιο, όπως γίνεται στις μηχανές με εμφύσηση του καυσίμου (παράγρ. 79.1).



Σχ. 79.3α.

β) Με κατάλληλη διαμόρφωση του **θαλάμου ή χώρου** καύσεως, όπως λέγεται ο χώρος του κυλίνδρου, όπου γίνεται η καύση.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαμορφώσεων του θαλάμου καύσεως. Κοινό όμως χαρακτηριστικό όλων είναι ότι με αυτούς επιδιώκεται να δοθεί στον αέρα όσο το δυνατόν εντονότερος στροβιλισμός, ώστε να γίνει η τέλεια ανάμιξη αέρα - σταγονίδιων του καυσίμου και επομένως η τέλεια καύση με την ελάχιστη δυνατή ποσότητα αέρα.

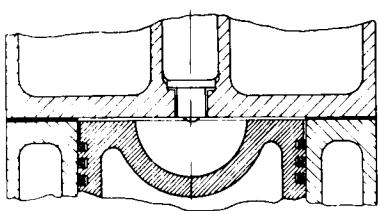
Βασικά τους θαλάμους καύσεως τους διακρίνομε σε **ενιαίους** και σε **διμερείς**.

A. Ενιαίοι θάλαμοι καύσεως.

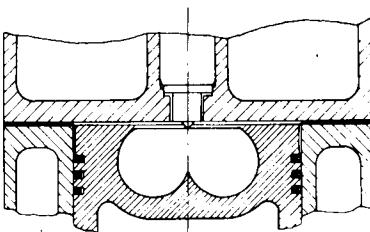
Ο ενιαίος θάλαμος καύσεως διαμορφώνεται μεταξύ της κάτω επιφάνειας της κεφαλής του κυλίνδρου και της επάνω όψεως του εμβόλου έτσι, ώστε κάθε γωνία του να είναι προσιτή στις δέσμες του καυσίμου που εκτοξεύονται κατά κανόνα από εγχυτήρα με πολλές τρύπες (σχ. 79.3β, 79.3γ, 79.3δ και 79.3ε).

Ο αέρας επίσης κατά τη συμπίεσή του αποκτά στροβιλοειδή κίνηση είτε με κατάλληλη διαμόρφωση της κεφαλής του εμβόλου, είτε με την τοποθέτηση μονόπλευρου διαφράγματος στη βαλβίδα της εισαγωγής (σχ. 79.3στ).

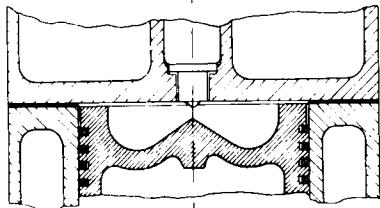
Στο σχήμα 79.3ζ τα βέλη δείχνουν την κίνηση που αποκτά ο αέρας, όπως εισέρχεται από τη βαλβίδα εισαγωγής και στο σχήμα 79.3η οι διακεκομμένες καμπύλες την πορεία, την οποία



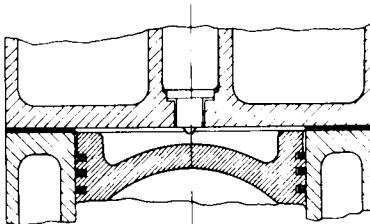
Σχ. 79.3β.



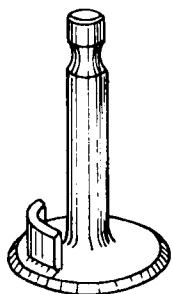
Σχ. 79.3γ.



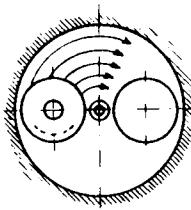
Σχ. 79.3δ.



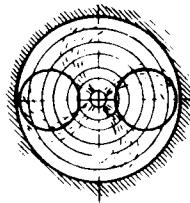
Σχ. 79.3ε.



· Σχ. 79.3στ.



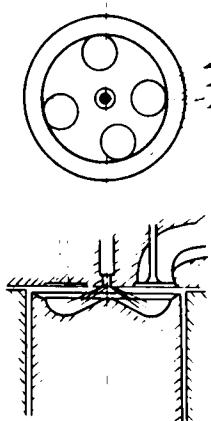
Σχ. 79.3ζ.



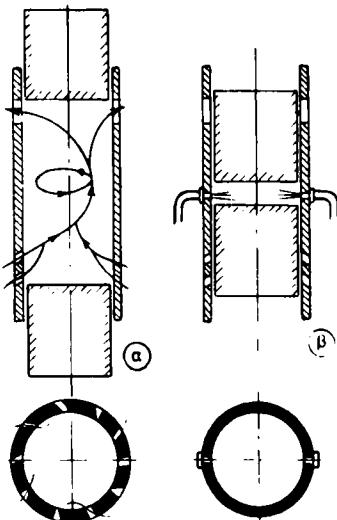
Σχ. 79.3η.

ακολουθεί το καύσιμο, που εκτοξεύεται από τις 4 τρύπες του εγχυτήρα. Διακρίνεται επίσης και η ανάμιξή του με το στροβιλιζόμενο αέρα.

Σε πολλές πάλι περιπτώσεις ο αγωγός εισαγωγής στους τετράχρονους κινητήρες ή οι θυρίδες σαρώσεως στους δίχρονους αντίστοιχα τοποθετούνται με εφαπτομενική κατεύθυνση προς την περιφέρεια του κυλίνδρου, όπως φαίνεται στα σχήματα 79.3θ και 79.3ι για ένα τετράχρονο κινητήρα και για ένα δίχρονο με έμβολα το ένα απέναντι στο άλλο, ώστε ο αέρας να αποκτάει περιστροφική και στροβιλοειδή κίνηση.



Σχ. 79.3θ.



Σχ. 79.3ι.

Ο ενιαίος θάλαμος καύσεως εφαρμόζεται περισσότερο στις μεγάλες και σχετικά βραδύστροφες μηχανές, που διαθέτουν περισσότερο χρόνο για την καύση. Έτσι σ' αυτές αρκεί κατά κάποιο τρόπο ο φυσικός αυτός στροβιλισμός του αέρα, που γίνεται με τα απλά μέσα που περιγράψαμε.

Τελευταία επινόηση ενιαίου θαλάμου καύσεως είναι ο λεγόμενος θάλαμος Meürer (Μόδιρερ) (από το όνομα του μηχανικού, που το σχεδίασε), ο οποίος αν και ενιαίος, είναι κατάλληλος για μικρούς και ταχύστροφους κινητήρες.

Ο θάλαμος αυτός αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη σφαιρική κοιλότητα της κεφαλής του εμβόλου (σχ. 79.3ια). Το καύσιμο εκτοξεύται από δύο οπές του εγχυτήρα με διεύθυνση εφαπτομενική στα τοιχώματα της κοιλότητας (σχ. 79.3ιβ). Εκεί λόγω της υψηλής θερμοκρασίας των τοιχωμάτων εξατμίζεται και οι ατμοί πia του καυσίμου αναμιγνύονται με τον αέρα και καίγονται.

Επίσης λόγω της κατάλληλης διαμορφώσεως του αγωγού εισαγωγής (σχ. 79.3ιγ) ο αέρας στροβιλίζεται έντονα.

Έτσι η καύση είναι πολύ εύκολη και, κατά τον εφευρέτη του συστήματος αυτού, μια μηχανή με το θάλαμο καύσεως αυτόν μπορεί να κάψει οποιοδήποτε καύσιμο από βενζίνη μέχρι λιπαντικό λάδι.



Σχ. 79.3ια.

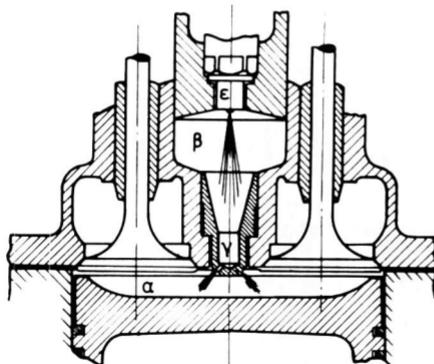
Σχ. 79.3ιβ.

Σχ. 79.3ιγ.

Β. Διμερείς θάλαμοι καύσεως.

Στις ταχύστροφες μηχανές, επειδή ο χρόνος ο οποίος διατίθεται για την καύση, είναι πολύ μικρός, η καύση δεν μπορεί να είναι ομαλή με ενιαίο θάλαμο καύσεως και παρατηρείται συχνά απότομη λειτουργία της μηχανής, μεγάλη κατανάλωση καυσίμου και καταπόνηση των μηχανισμών του κινητήρα. Για να έχομε κανονική καύση, απαιτείται ισχυρός στροβιλισμός του αέρα μέσα στο θάλαμο καύσεως, πολύ ισχυρότερος από ό,τι επιτυγχάνεται με τον ενιαίο θάλαμο. Αυτό επιτυγχάνεται με τους διμερείς θαλάμους καύσεως, που διακρίνονται στα εξής τρία βασικά είδη:

a) **Προθάλαμος καύσεως** (σχ. 79.3ιδ). Στο είδος αυτό από



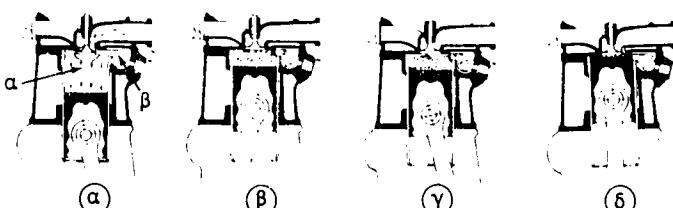
Σχ. 79.3ιδ.

τον κυρίως θάλαμο καύσεως, ο οποίος περιορίζεται προς τα κάτω από την άνω όψη του εμβόλου, αποχωρίζεται ένας ιδιαίτερος χώρος (β), που συγκοινωνεί προς τον πρώτο με μία στενή δίοδο (γ) και δύο οπές. Η έγχυση γίνεται με τον εγχυτήρα (ε) στον προθάλαμο (β), όπου γίνεται η πρώτη ανάμιξη με τη βοήθεια των κινήσεων του αέρα, που απέκτησε ο τελευταίος όταν περνούσε με μεγάλη ταχύτητα από τη στενή δίοδο (γ) κατά τη διάρκεια της συμπιέσεως.

Μετά την πρώτη ανάφλεξη και ύψωση της πιέσεως πραγματοποιείται η έξοδος του περιεχόμενου του προθαλάμου (καυσαερίων, άκαυστου ακόμη καυσίμου και αέρα) προς τον κυρίως χώρο καύσεως (α) με μεγάλη ταχύτητα. Έτσι συμπληρώνεται η ανάμιξη και η καύση του υπόλοιπου καυσίμου. Σ' αυτό βοηθάει προφανώς και ο αέρας, ο οποίος υπήρχε από την αρχή στον κυρίως θάλαμο καύσεως (α).

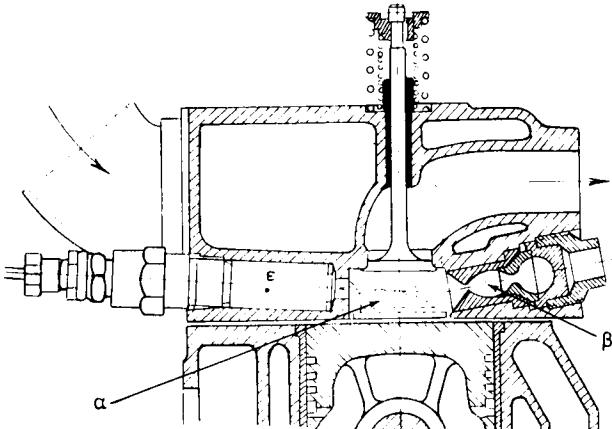
β) **Στροβιλοθάλαμος** (σχ. 79.3ιε). Ο χωριστός θάλαμος (β) εδώ έχει σχετικά μεγάλο όγκο, ενώ ο κυρίως θάλαμος καύσεως (α) έχει πολύ μικρό όγκο. Ο θάλαμος (β) είναι έτσι διαμορφωμένος, ώστε ο εισερχόμενος ή εξερχόμενος από αυτόν αέρας να αποκτάει στροβιλώδη κίνηση, γι' αυτό και ο θάλαμος (β) ονομάζεται **στροβιλοθάλαμος**. Και εδώ η διασκόρπιση γίνεται με τον εγχυτήρα στο στροβιλοθάλαμο. Ο μηχανισμός της καύσεως για τα υπόλοιπα είναι και εδώ όμοιος όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.

γ) **Αποταμιευτής αέρα** (σχ. 79.3ιστ). Και εδώ ο θάλαμος καύσεως είναι διμερής, αλλά η διασκόρπιση γίνεται με τον εγχυτήρα (ε) μέσα στον κυρίως θάλαμο καύσεως (α). Μέρος όμως του διασκορπισμένου καυσίμου παρασύρεται λόγω των κινήσεων του αέρα στο θάλαμο αποταμιεύσεως (β) και αναφλέγεται πρώτα εκεί. Έτσι δημιουργείται μεγάλη πίεση μέσα στο



Σχ. 79.3ιε.

α) Εισοδος αέρα σε κύλινδρο. β) Συμπίεση αέρα σε στροβιλοθάλαμο. γ) Έγχυση καυσίμου σε στροβιλοθάλαμο. δ) Έξοδος καυσαερίων από στροβιλοθάλαμο.



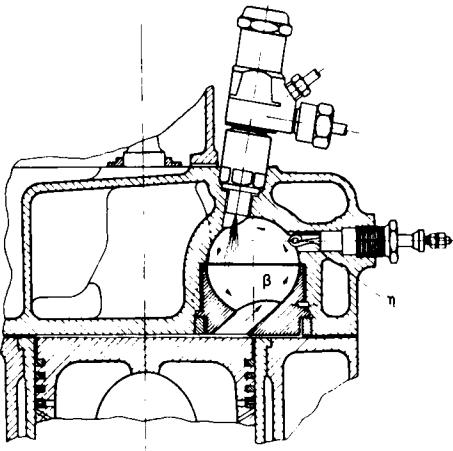
Σχ. 79.3ιστ.

χώρο (β), λόγω της στενής οπής επικοινωνίας του με το χώρο (α).

Έτσι το περιεχόμενο του θαλάμου (β) (καυσαέριο, λίγο καύσιμο και αέρας) εξέρχεται με μεγάλη ταχύτητα και προκαλεί έντονο στροβιλισμό και πλήρη ανάμιξη καυσίμου και αέρα στο χώρο (α) και έτσι συμπληρώνεται η καύση.

Κοινά χαρακτηριστικά όλων των διμερών θαλάμων είναι τα εξής:

- Έχουν μία μικρή απώλεια ισχύος, λόγω του πρόσθετου στροβιλισμού αέρα.
- Η κατανάλωση είναι λίγο μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των μηχανών με ενιαίο θάλαμο καύσεως.
- Μπορούν λόγω του έντονου στροβιλισμού να κάψουν μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου από τον ενιαίο θάλαμο καύσεως. Επομένως οι μηχανές με διμερή θάλαμο έχουν μικρότερες διαστάσεις από τις μηχανές με ενιαίο της ίδιας ιπποδυνάμεως.
- Συχνά ένα μέρος ή και ολόκληρος ο βοηθητικός θάλαμος δεν ψύχεται, με αποτέλεσμα να υπερθερμαίνεται και να υποβοηθά έτσι την ανάφλεξη και καύση του καυσίμου.
- Η εκκίνηση της μηχανής είναι δυσκολότερη, γιατί ο έντονος στροβιλισμός του αέρα εμποδίζει τη μηχανή να θερμανθεί γρήγορα. Γι' αυτό σε πολλές μηχανές με διμερή θάλαμο καύσεως προβλέπονται και εξωτερικά μέσα βοηθητικής εναύσεως του καυσίμου κατά την εκκίνηση της μηχα-



Σχ. 79.3ιζ.

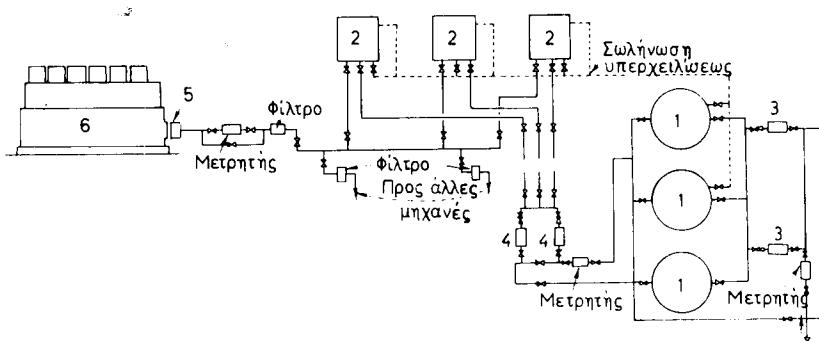
νής, όπως διακρίνομε στο σχήμα 79.3ιζ, όπου στο στροβιλοθάλαμο (β) τοποθετείται η ηλεκτρική αντίσταση (η), για να υποβοηθά στην έναυση του καυσίμου.

79.4 Σύστημα τροφοδοτήσεως των πετρελαιομηχανών με πετρέλαιο.

Σύστημα ή **δίκτυο τροφοδοτήσεως** των πετρελαιομηχανών με πετρέλαιο ονομάζεται το σύνολο σωληνώσεων και εξαρτημάτων, που είναι απαραίτητα, για να πραγματοποιηθεί η ροή του πετρελαίου από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως μέχρι την ειδική αντλία εγχύσεως, από την οποία καταθλίβεται στους εγχυτήρες.

Το πετρέλαιο αποθηκεύεται στις **δεξαμενές** της εγκαταστάσεως. Σε κάθε εγκατάσταση, εκτός από τις κύριες δεξαμενές αποθηκεύσεως υπάρχει επιπλέον και μία μικρή δεξαμενή, η δεξαμενή **ημερήσιας χρήσεως**.

Από τις δεξαμενές αποθηκεύσεως το αναρροφά η **αντλία μεταγγίσεως** και το στέλνει σε ένα **φυγοκεντρικό καθαριστή**, όπου απαλλάσσεται από ακαθαρσίες ή νερό που είναι δυνατόν να περιέχει. Στη συνέχεια πηγαίνει προς τη δεξαμενή ημερήσιας χρήσεως, από την οποία θα το αναρροφήσει η **αντλία παροχής**, η οποία το στέλνει προς την **αντλία εγχύσεως**. Καμιά φορά και όταν η στάθμη της δεξαμενής ημερήσιας χρήσεως είναι υψηλότερη από την αντλία εγχύσεως, παραλείπεται η αντλία παροχής



Σχ. 79.4α.

- 1) Δεξαμενές πετρελαιού. 2) Δεξαμενές ημερήσιας χρήσεως. 3) Αντλία πληρώσεως των δεξαμενών. 4) Αντλία μεταγγίσεως. 5) Αντλία μηχανικής εγχύσεως. 6) Μηχανή.

και το πετρέλαιο ρέει μόνο του προς την αντλία εγχύσεως, η οποία και το καταθίβει προς τους εγχυτήρες με πίεση 100 έως 300 kg/cm².

Στις παλιές μηχανές με εμφύσηση, η αντλία εγχύσεως το κατέθλιβε με 80 έως 90 kg/cm².

Οι εγχυτήρες είναι συνήθως εφοδιασμένοι με μικρά φίλτρα από «σπογγώδη μπρούντζο», τα οποία αντικαθιστούμε, όταν βρωμίσουν.

Στο σχήμα 79.4α παριστάνεται διαγραμματικά ένα τυπικό δίκτυο πετρελαιού μιας μεγάλης εγκαταστάσεως μηχανών Diesel.

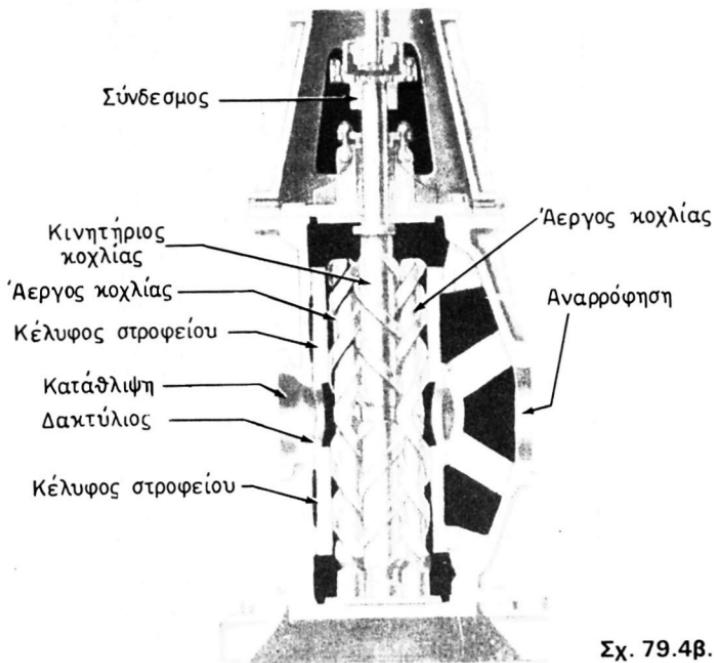
Στο δίκτυο αυτό δεν υπάρχει αντλία παροχής.

Η αντλία μεταγγίσεως είναι συνήθως θετικής εκτοπίσεως κοχλιοειδής ή φυγοκεντρικού τύπου, ενώ η αντλία παροχής είναι κατά κανόνα θετικής εκτοπίσεως «γραναζωτή» και καταθίβει το πετρέλαιο προς την αντλία εγχύσεως με πίεση 2 έως 3 περίπου ατμοσφαιρών.

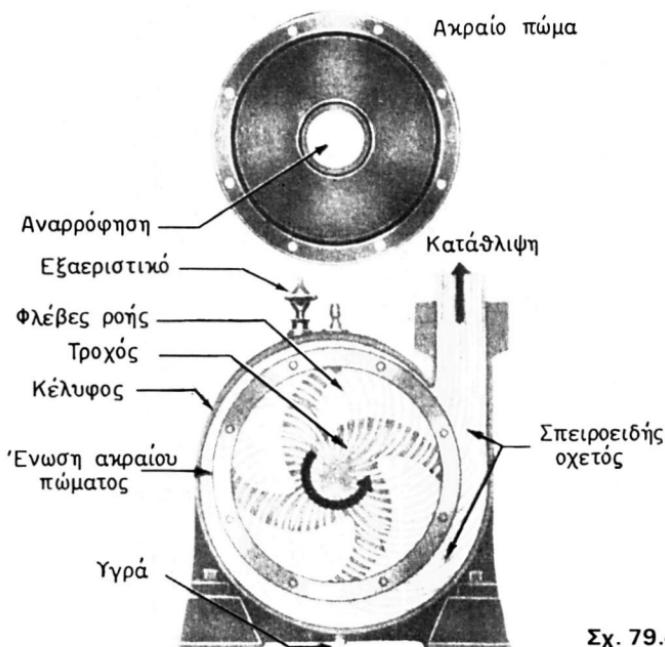
Στο σχήμα 79.4β παριστάνεται μία κατακόρυφη αντλία μεταγγίσεως κοχλιοειδής, ενώ στο σχήμα 79.4γ μία οριζόντια αντλία μεταγγίσεως φυγοκεντρικού τύπου.

Το σχήμα τέλος 79.4δ παριστάνει μία γραναζωτή αντλία παροχής.

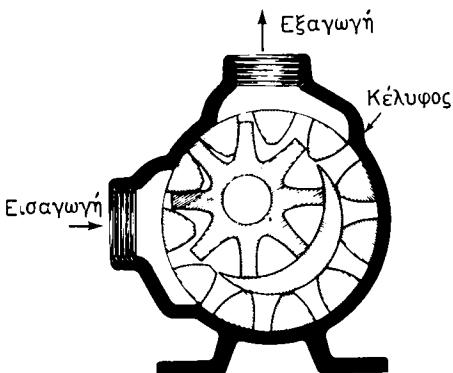
Με τις αντλίες και τους εγχυτήρες μηχανικής εγχύσεως θα ασχοληθούμε λεπτομερέστερα στις επόμενες παραγράφους. Το πετρέλαιο καταθίβεται από την αντλία παροχής σε ποσότητα μεγαλύτερη από εκείνη που εισέρχεται πραγματικά στον κύλιν-



Σχ. 79.4β.



Σχ. 79.4γ.



Σχ. 79.4δ.

δρο. Η περίσσεια του πετρελαίου οδηγείται από σωληνίσκους επιστροφής στην αναρρόφηση της αντλίας ή στη δεξαμενή, ώστε με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται μία κυκλοφορία, με την οποία επιτυγχάνεται η ψύξη της αντλίας εγχύσεως και των εγχυτήρων.

Εγχυτήρες μεγάλων μηχανών τέλος ψύχονται με κυκλοφορία νερού σε περιχιτώνιο θάλαμο του σώματός τους.

79.5 Αντλίες εγχύσεως του πετρελαίου.

Οι αντλίες μηχανικής εγχύσεως, με τις οποίες θα ασχοληθούμε εδώ, βρίσκονται συνήθως στο εμπόριο με το όνομα των κατασκευαστών τους, όπως π.χ. αντλίες τύπου M.A.N., Sulzer, General Motors, Bosch κ.λπ.

Γενικά είναι είτε χωριστές, δηλαδή ανά μία για κάθε ένα κύλινδρο της μηχανής, είτε όλες μαζί ενσωματωμένες μέσα σε ένα κοινό κιβώτιο.

Οι αντλίες κινούνται από εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος κινείται αντίστοιχα μέσω συστήματος μεταδόσεως από τον άξονα της μηχανής.

Η ταχύτητα περιστροφής τους στις τετράχρονες μηχανές είναι ίση με το $\frac{1}{2}$ της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα, δεδομένου ότι έχομε μία έγχυση σε κάθε δύο στροφές αυτού. Στις δίχρονες είναι ίση με την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, δεδομένου ότι σ' αυτούς έχομε μία έγχυση σε κάθε μία στροφή του.

Οι αντλίες μηχανικής εγχύσεως ρυθμίζουν:

- α) Τη στιγμή της ενάρξεως της εγχύσεως.
- β) Τη στιγμή του τέλους της εγχύσεως.
- γ) Την ποσότητα του πετρελαίου, που εισέρχεται στον κύλινδρο ανά κύκλωμα.
- δ) Την υδραυλική πίεση της εγχύσεως.

Το άνοιγμα του εγχυτήρα πραγματοποιείται, όπως γνωρίζομε, με τη δύναμη της υδραυλικής πίεσεως της εγχύσεως, η οποία ανάλογα με τον τύπο της μηχανής κυμαίνεται από 100-300 kg/cm², καμιά φορά δε και περισσότερο, μέχρι και 600 kg/cm². Το κλείσιμό του, πραγματοποιείται όταν σταματήσει η δράση της υδραυλικής πίεσεως, με τη βοήθεια του ελατηρίου επαναφοράς της βελόνας του καυστήρα στην έδρα της.

Κατά κανόνα οι αντλίες πετρελαίου αποτελούνται από ένα μικρό **κύλινδρο με εμβολίσκο, βαλβίδα καταθλίψεως, βαλβίδα επιστροφής** και καμιά φορά **βαλβίδα αναρροφήσεως** του πετρελαίου.

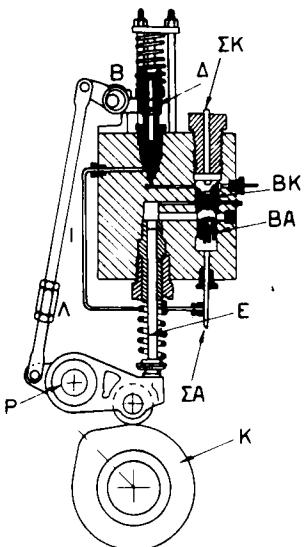
Ιδιαίτερος μηχανισμός, ο οποίος κινείται από το χειριστήριο της μηχανής ή από το ρυθμιστή ταχύτητάς της, επιτρέπει να εκμεταλλεύμαστε ένα **μέρος μόνο της αφέλιμης διαδρομής του εμβόλου**. Έτσι ανάλογα με το φορτίο ή και την ταχύτητα της μηχανής ρυθμίζομε και την **έναρξη** και το **τέλος της εγχύσεως** και την **ποσότητα** επομένως του καυσίμου, αχρηστεύοντας με διάφορους τρόπους το υπόλοιπο μέρος της διαδρομής καταθλίψεως του εμβόλου.

Στα επόμενα θα περιγράψουμε μία συνηθισμένη τυπικής μορφής ατομική για κάθε κύλινδρο αντλία μηχανικής εγχύσεως, που χρησιμοποιείται για μεγάλης ιπποδυνάμεως μηχανές και μία αντλία Bosch, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής και μεσαίας ιπποδυνάμεως μηχανές.

A. Αντλία πετρελαίου μηχανικής εγχύσεως.

Το έμβολο της αντλίας (E) (σχ. 79.5a) κινείται από το έκκεντρο (K), που βρίσκεται επάνω στον εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής. Αυτό εκτελεί πάντοτε σταθερή διαδρομή, η δε ποσότητα του πετρελαίου που καταθλίβεται στον εγχυτήρα ρυθμίζεται από το μηχανισμό (P), ο οποίος ανοίγει τη βαλβίδα επιστροφής (Δ) και την κρατάει ανοικτή μέχρι το τέλος της διαδρομής του εμβόλου της αντλίας.

(ΣΑ) και (ΣΚ) στο σχήμα είναι οι σωλήνες αναρροφήσεως και καταθλίψεως του πετρελαίου και (BA) και (BK) οι αντίστοιχες βαλβίδες.



Σχ. 79.5α.

Η βαλβίδα της επιστροφής (Δ), όταν ανοίγει, φέρνει σε επικοινωνία την κατάθλιψη με την αναρρόφηση και έτσι, παρ' όλο ότι το έμβολο κινείται προς τα πάνω, η βαλβίδα καταθλίψεως παραμένει κλειστή και δεν γίνεται πια κατάθλιψη.

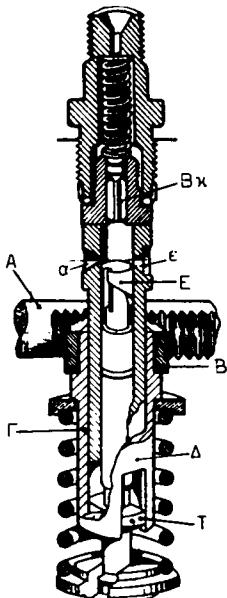
Το τμήμα της διαδρομής, κατά το οποίο η βαλβίδα επιστροφής παραμένει ανοικτή, ρυθμίζεται από το έκκεντρο (Β), που συνδέεται με το ρυθμιστή στροφών ή το χειριστήριο της μηχανής.

Το περικόχλιο (Λ), το οποίο συνδέει τα δύο τμήματα του βάκτρου (I), ρυθμίζει το μήκος αυτού με δύο εσωτερικά αντίθετα σπειρώματα και επηρεάζει τη μικρομετρική ρύθμιση της παροχής. Επίσης, χρησιμεύει για την εξίσωση του φορτίου των διαφόρων κυλίνδρων της μηχανής, ρυθμίζει δηλαδή την ποσότητα του καταθλιβόμενου πετρελαίου σε κάθε κύλινδρο.

B. Αντλία Bosch.

Η αντλία αυτή μηχανικής εγχύσεως παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό μηχανών μικρού και μεσαίου μεγέθους.

Στο σχήμα 79.5β παριστάνεται σε τομή το εσωτερικό της αντλίας αυτής για ένα μόνο κύλινδρο της μηχανής, δηλαδή ένα **στοιχείο της αντλίας**. Κάθε αντλία Bosch έχει τόσα στοιχεία,



Σχ. 79.5β.

όσα και οι κύλινδροι της μηχανής. Αυτά βρίσκονται ενσωματωμένα σε ένα κοινό κιβώτιο και κινούνται από ίδιο μικρό εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος βρίσκεται μέσα στο κιβώτιο της αντλίας. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις κάθε κύλινδρος τροφοδοτείται από ίδια ατομική αντλία (στοιχείο) Bosch που κινείται από το γενικό ή ιδιαίτερο εκκεντροφόρο άξονα της μηχανής.

Στο σχήμα 79.5β διακρίνομε τον έμβολο (Ε) της αντλίας, ο οποίος παλινδρομεί με τη βοήθεια του εκκέντρου, το οποίο βρίσκεται κάτω από την αντλία (δεν διακρίνεται στο σχήμα).

Το έμβολο αυτό προς τα κάτω καταλήγει σε ένα ταυ (Τ), το οποίο εφαρμόζει μέσα σε κατάλληλη εγκοπή του χιτώνιου (Δ).

Το χιτώνιο (Δ) προς τα πάνω καταλήγει σε ένα οδοντωτό τροχό (Β), ο οποίος μπλέκεται με τον οδοντωτό κανόνα (Α).

Ο μικρός κύλινδρος της αντλίας δεν έχει βαλβίδα εισαγωγής του πετρελαίου, αλλά μόνο μία θυρίδα (α) αριστερά, καθώς και μία θυρίδα επιστροφής (ε) δεξιά, στο ανώτερο δε σημείο του έχει τη βαλβίδα καταθλίψεως (ΒΚ) με το ελατήριό της.

Το έμβολο της αντλίας (Ε) έχει στην παράπλευρη επιφάνειά του ένα ελικοειδές και ένα κάθετο αυλάκι.

Όταν το έμβολο βρίσκεται στη θέση του σχήματος, το πετρέλαιο έρχεται με το βάρος του από τη δεξαμενή στάθμης ή με τη βοήθεια της αντλίας παροχής (η οποία συχνά βρίσκεται ενσωματωμένη στο κιβώτιο της αντλίας εγχύσεως και κινείται από τον ίδιο με αυτή εκκεντροφόρο άξονα) και γεμίζει το χώρο του κυλίνδρου, εισερχόμενο σ' αυτόν από τη θυρίδα εισαγωγής.

Όταν το έμβολο κινηθεί από το έκκεντρο προς τα πάνω, σε μία στιγμή θα κλείσει τις θυρίδες του κυλίνδρου και τη στιγμή ακριβώς αυτή αρχίζει η κατάθλιψη του πετρελαίου, οπότε **παυτόχρονα** ανοίγουν η βαλβίδα καταθλίψεως και η βέλόνα του εγχυτήρα και πραγματοποιείται η έγχυση του πετρελαίου στον κύλινδρο της μηχανής.

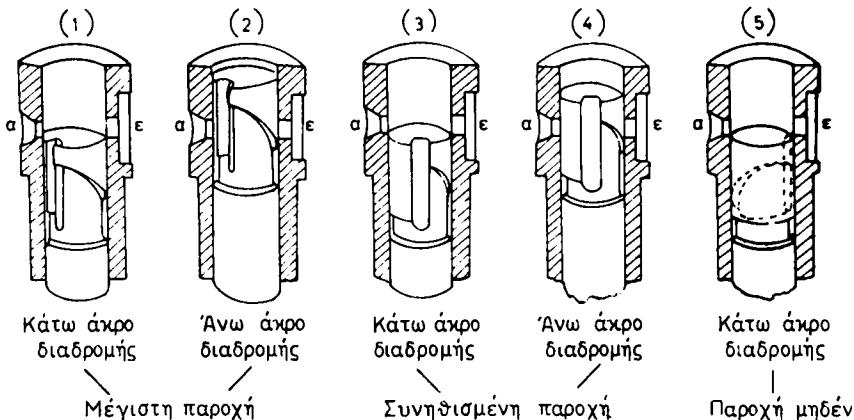
Η κατάθλιψη συνεχίζεται μέχρις ότου το έμβολο καθώς ανεβαίνει, έρθει σε θέση, ώστε η ελικοειδής κόψη του να ανοίξει τη δεξιά θυρίδα επιστροφής, οπότε στο σημείο αυτό το πετρέλαιο που συμπιεζότανε μέχρι τη στιγμή αυτή, κατέρχεται από το κάθετο αυλάκι και εξέρχεται προς την επιστροφή. Έτσι σταματάει η κατάθλιψη.

Με τον οδοντωτό κανόνα (A), ο οποίος μετακινείται από το χειριστήριο της μηχανής, ή από το ρυθμιστή ταχύτητας, μπορούμε να περιστρέφομε, κατά την ώρα που εργάζεται η μηχανή, τον οδοντωτό τροχό (B) και με αυτόν ολόκληρο το χιτώνιο (Δ), πράγμα που με τη βοήθεια του ταυ (Τ) προκαλεί την περιστροφή του εμβόλου της αντλίας.

Περιστρέφοντας το έμβολο της αντλίας φέρομε την έλικά του σε θέση, ώστε αυτή να ανοίξει την επιστροφή του πετρελαίου νωρίτερα ή αργότερα. Έτσι κανονίζομε το τέλος της εγχύσεως και την ποσότητα του εγχεόμενου ανά κύκλωμα πετρελαίου μέσα στον κύλινδρο, δηλαδή τη στιγμιαία ιπποδύναμη της μηχανής.

Στις πέντε θέσεις του σχήματος 79.5γ παριστάνεται αναλυτικά η λειτουργία της αντλίας Bosch, ως εξής:

Στις θέσεις (1) και (2) το έμβολο είναι στραμμένο όλο προς τα αριστερά και βρίσκεται στη θέση της μέγιστης παροχής. Στη θέση (1) η θυρίδα (α) της εισαγωγής και η θυρίδα (ε) της επιστροφής είναι ανοικτές. Όταν το έμβολο κινηθεί προς τα πάνω, θα κλείσει τις θυρίδες και θα αρχίσει να καταθλίβει πετρέλαιο, μέχρις ότου η ελικοειδής ακμή του αυλακιού έρθει «κόψη με κόψη» έτοιμη να ανοίξει τη θυρίδα της επιστροφής, οπότε και σταματάει η κατάθλιψη του πετρελαίου. Το έμβολο στη συνέχεια συμπληρώνει το υπόλοιπο τμήμα της διαδρομής του προς



Σχ. 79.5γ.

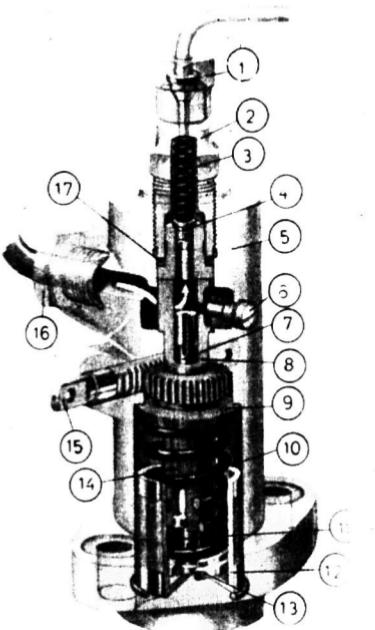
τα πάνω, χωρίς πια να καταθλίψει πετρέλαιο και στη συνέχεια κατέρχεται.

Στις θέσεις (3) και (4) το έμβολο έχει στραφεί σε μία μεσαία θέση για μία συνηθισμένη μέση παροχή. Βλέπομε εδώ ότι η λειτουργία είναι όμοια, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, μόνο ότι το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως του πετρελαίου, δηλαδή η απόσταση μεταξύ θυρίδας επιστροφής και της ελικοειδούς ακμής του αυλακιού είναι μικρότερη από ό,τι στην προηγούμενη περίπτωση, δηλαδή η κατάθλιψη στον εγχυτήρα σταματά νωρίτερα και επομένως στον κύλινδρο εισέρχεται μικρότερη ποσότητα πετρελαίου.

Στη θέση (5) το έμβολο είναι στραμμένο τελείως δεξιά, πράγμα που σημαίνει ότι το κατακόρυφο αυλάκι βρίσκεται ακριβώς απέναντι στη θυρίδα της επιστροφής και καμιά κατάθλιψη πετρελαίου δεν γίνεται. Στη θέση αυτή επομένως η μηχανή σταματά.

Το σχήμα 79.5δ παριστάνει πολύ καθαρά ένα στοιχείο της πιο πάνω αντλίας.

Από την όλη ανάπτυξη της λειτουργίας της αντλίας Bosch συμπεραίνομε ότι με αυτή σε όλα τα φορτία της μηχανής, δηλαδή σε όλες τις παροχές, η αρχή της εγχύσεως του πετρελαίου γίνεται πάντοτε στο ίδιο σημείο, όταν το έμβολο καλύψει τις θυρίδες, ενώ το τέλος της εγχύσεως στα μικρά μεν φορτία γίνεται νωρίτερα, στα μεγάλα δε αργότερα, όταν το ελικοειδές αυλάκι του έμβολου κατά την άνοδό του αποκαλύψει τη θυρίδα



Σχ. 79.5δ.

- 1) Σύνδεσμος σωληνίσκου καταθλίψεως πετρελαίου. 2) Περικόχλιο. 3) Ελατήριο βαλβίδας καταθλίψεως. 4) Βαλβίδα καταθλίψεως. 5) Σώμα αντλίας. 6) Πείρος χιτωνίου. 7) Αύλακες εμβόλου. 8) Κύλινδρος. 9) Αναστολέας ελατηρίου. 10) Ελατήριο. 11) Έμβολο. 12) Περίβλημα ελατηρίου. 13) Αναστολέας ελατηρίου. 14) Χιτώνιο. 15) Οδοντωτός κανόνας. 16) Σύνδεσμος σωληνίσκου εισαγωγής πετρελαίου. 17) Μεταλλικός παράκυκλος.

της επιστροφής. Αυτό εξαρτάται από τη γωνιακή θέση του εμβόλου μέσα στον κύλινδρο της αντλίας.

Σύμφωνα με τα πιο πάνω, η αντλία Bosch είναι αντλία «σταθερής ενάρξεως της εγχύσεως και μεταβλητού τέλους αυτής». Από το τέλος της εγχύσεως εξαρτάται η ποσότητα του πετρελαίου, που εγχέεται στον κύλινδρο και η ιπποδύναμη της μηχανής. Το γεγονός ότι η αρχή της εγχύσεως γίνεται πάντοτε την ίδια στιγμή, αποτελεί ένα μικρό μειονέκτημα της αντλίας αυτής, γιατί αυτό σημαίνει ότι η προσαρμογή της στις μεταβολές ταχύτητας του κινητήρα δεν είναι τέλεια, αφού δεν υπάρχει δυνατότητα ρυθμίσεως της κάθε φορά αναγκαίας προεγχύσεως ή προεισαγωγής του καυσίμου. Κατά τα υπόλοιπα η αντλία αυτή παρέχει προϋποθέσεις άριστης λειτουργίας του κινητήρα.

79.6 Εγχυτήρες.

Οι **εγχυτήρες** ή, όπως αλλιώς καλούνται στις πετρελαιομηχανές, οι **καυστήρες** (μπεκ), διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους εγχυτήρες εγχύσεως με **εμφύσηση** και τους εγχυτήρες με μηχανική έγχυση.

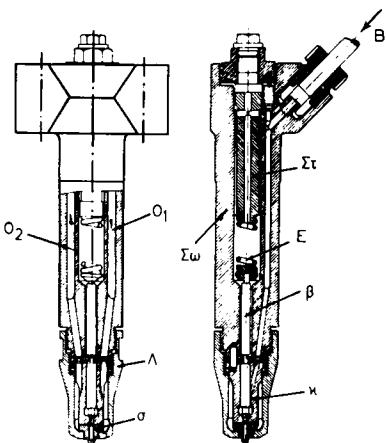
Εδώ, όπως και για τις αντλίες καυσίμου, θα ασχοληθούμε με τους εγχυτήρες μηχανικής εγχύσεως μόνο, των οποίων υπάρχουν πολλά είδη, ανάλογα με το θάλαμο καύσεως των μηχανών. Τα είδη αυτά υπάρχουν στο εμπόριο συνήθως με το όνομα του κατασκευαστή τους, όπως π.χ. Sulzer, M.A.N., Bosch, Fulton κ.λπ. Οι διάφοροι αυτοί εγχυτήρες δεν διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους, κοινό δε χαρακτηριστικό όλων είναι ότι ο προσδιορισμός της στιγμής, που ανοίγουν ή κλείνουν, και η ρύθμιση της ποσότητας του πετρελαίου, που εγχέουν μέσα στον κύλινδρο, γίνεται υδραυλικά με την υδραυλική πίεση της μηχανικής εγχύσεως, που ρυθμίζεται επακριβώς από την αντλία μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου.

Πιο κάτω θα περιγράψουμε έναν εγχυτήρα μεγάλης μηχανής τύπου M.A.N. και έναν τύπου Bosch, ο οποίος χρησιμοποιείται πολύ από τους κατασκευαστές πολλών τύπων μηχανών μικρού και μεσαίου μεγέθους.

A. Εγχυτήρας τύπου M.A.N.

Ο εγχυτήρας αυτός (σχ. 79.6α) χρησιμοποιείται σε μηχανές M.A.N. μεγάλης συνήθως ιπποδυνάμεως. Περιλαμβάνει τη **βελόνα** (β), το **χιτώνιο** (κ), το **ακροφύσιο** (σ), το **σώμα** του εγχυτήρα (Σω), το **περικόχλιο** (Λ), που συσφίγγει το σώμα (Σω) με το χιτώνιο (κ) και το ακροφύσιο (σ), το **ελαστίριο** (Ε) και το στέλεχος (Στ), που χρησιμεύουν για τη ρύθμιση της πιέσεως, στην οποία θα ανυψωθεί η βελόνα, για να γίνει η έγχυση. (Β) είναι η είσοδος του καυσίμου, το οποίο καταλήγει στον κενό δακτυλιοειδή χώρο μεταξύ βελόνας και χιτωνίου ακριβώς πάνω από την έδρα της βελόνας. (O_1) και (O_2) είναι οι οχετοί εισόδου και εξόδου του πετρελαίου από τον καυστήρα.

Η στιγμή της ενάρξεως και του τέλους της εγχύσεως ρυθμίζεται στον καυστήρα αυτόν, όπως άλλωστε σε όλους σχεδόν τους καυστήρες μηχανικής εγχύσεως, από την αντλία μηχανικής εγχύσεως του πετρελαίου. Από τη συνολική διάρκεια της εγχύσεως προκύπτει κάθε φορά και η ιπποδύναμη που αναπτύσσεται από τη μηχανή.



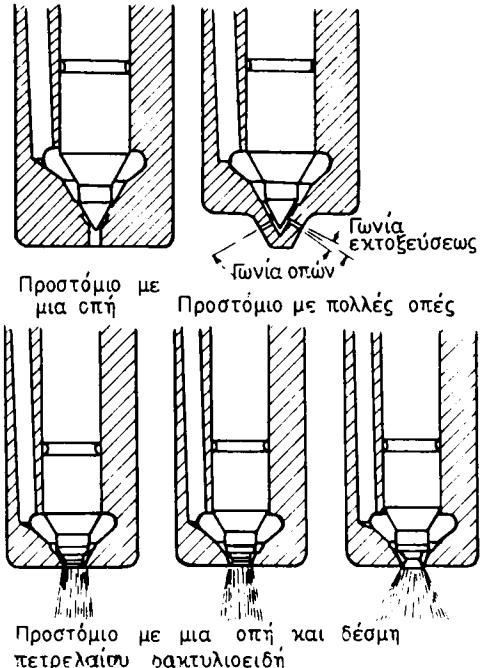
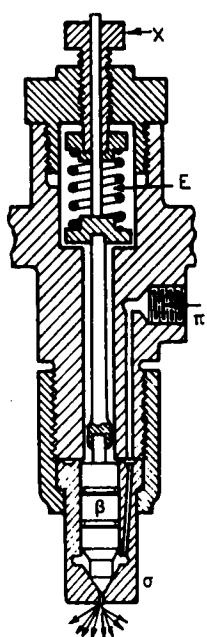
Σχ. 79.6α.

B. Εγχυτήρας Bosch.

Ο εγχυτήρας Bosch αποτελείται από πολλά τμήματα, τα οποία βασικά συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίωση. Στο σχήμα 79.6β φαίνεται η **βελόνα** (β) της εγχύσεως, το **προστόμιο** ή ακροφύσιο (σ) από το οποίο γίνεται η έγχυση του πετρελαίου και το οποίο είναι ταυτόχρονα και **χιτώνιο** της βελόνας και περιλαμβάνει και την έδρα της, το **ελατήριο** (Ε), το οποίο πιέζει ισχυρά τη βελόνα επάνω στην έδρα της και τη διατηρεί κλειστή και η **εισαγωγή** (π) του πετρελαίου από την αντλία προς τον καυστήρα. Τέλος (Χ) είναι το ρυθμιστικό **περικόχλιο**, με το οποίο ρυθμίζομε την ένταση του ελατηρίου (Ε) και επομένως την πίεση του καυσίμου, στην οποία θα ανοίξει η βελόνα, για να γίνει η έγχυση του πετρελαίου.

Όταν η αντλία καταθλίψει τη δεδομένη στιγμή το πετρέλαιο με την πίεση της μηχανικής εγχύσεως, αυτό θα πιέσει τη βελόνα από κάτω στον κωνικό δακτύλιο και θα την ανυψώσει, οπότε μόνο του θα διασκορπισθεί στη συνέχεια μέσα στον κύλινδρο. Όταν πάλι σταματήσει να δρά η υδραυλική πίεση της εγχύσεως, τότε η βελόνα επαναφέρεται στην έδρα της και κλείνει με τη δύναμη του επανατακτικού ελατηρίου (Ε).

Διάφοροι τύποι των ακροφυσίων ή προστομίων, που προσαρμόζονται στους εγχυτήρες Bosch παριστάνονται στο σχήμα 79.6γ και διακρίνονται βασικά σε προστόμια με μία οπή ή με πολλές οπές ή με δακτυλιοειδή δέσμη εγχύσεως.



Γ. Ειδικές παρατηρήσεις για τους εγχυτήρες των μηχανών Diesel.

Κατά κανόνα στους εγχυτήρες αυτούς πρέπει:

α) Η βελόνα να εφαρμόζει στεγανά στο εσωτερικό του χιτώνιου της, γιατί διαφορετικά δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθεί η πίεση της εγχύσεως. Γι' αυτό και η βελόνα και το χιτώνιο κατασκευάζονται από χάλυβα «βαμμένο» άριστης ποιότητας και λειαίνονται (ρεκτιφιάρονται) με μέγιστη ακρίβεια, ώστε να επιτυγχάνεται τέλεια εφαρμογή μεταξύ τους και να αποτελούν ένα αδιαίρετο ζεύγος. Κατά τις επισκευές δεν επιτρέπεται η αντικατάσταση του ενός μόνο τεμαχίου. Αντικαθίστανται και τα δύο μαζί, όταν υπάρχει λόγος αντικαταστάσεώς τους.

β) Η βελόνα πρέπει να εδράζεται με απόλυτη στεγανότητα επάνω στην έδρα της.

γ) Εάν το ακροφύσιο είναι χωριστό από το χιτώνιο, όπως στον καυστήρα του σχήματος 79.6β, τότε και μεταξύ των προσώπων του χιτώνιου και του ακροφυσίου πρέπει να υπάρχει

απόλυτη στεγανότητα, χωρίς δηλαδή ειδικό παράκυκλο (ροδέλα). Αυτό επιτυγχάνεται με λεπτότατη λείανση (ρεκτιφίε) των δύο προσώπων, ώστε να εφαρμόζουν απόλυτα.

δ) Το ακροφύσιο, που εισέρχεται στον κύλινδρο και είναι εκτεθειμένο στην υψηλή θερμοκρασία της καύσεως, όπως και το περικόχλιο, που το στερεώνει επάνω στο στέλεχος του εγχυτήρα, πρέπει να είναι κατασκευασμένα από ειδικό ανοξείδωτο χάλυβα ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες.

79.7 Συνδυασμός αντλίας και εγχυτήρα σε ενιαίο συγκρότημα εγχυτήρα τύπου General Motors.

Η επιτυχής αυτή κατασκευή αντλίας μηχανικής εγχύσεως και εγχυτήρα σε ενιαίο σώμα χρησιμοποιήθηκε από τα αμερικανικά εργοστάσια General Motors Corporation στις μηχανές που κατασκευάζουν.

Ο συνδυασμός υπάρχει στη βιομηχανία και το εμπόριο με την ονομασία **ενιαίος εγχυτήρας** ή στην αγγλική «Unit Injector».

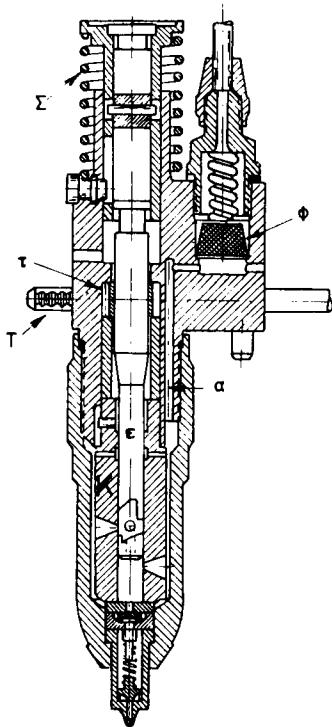
Ο ενιαίος εγχυτήρας συνδυάζει σε ένα σώμα όλα τα απαραίτητα τμήματα της ρυθμίσεως της **ποσότητας** του εγχεόμενου πετρελαίου και της στιγμής **ενάρξεως** και **τέλους** της εγχύσεως και έτσι αποτελεί ένα πλήρες ανεξάρτητο συγκρότημα για κάθε κύλινδρο.

Το σχήμα 79.7α παριστάνει σε τομή ένα ενιαίο καυστήρα General Motors. Το πετρέλαιο έρχεται από την αντλία παροχής με πίεση περίπου 20 p.s.i. εισέρχεται μέσα στον εγχυτήρα, αφού πρώτα περάσει από το πορώδες ειδικής κατασκευής ορειχάλκινο φίλτρο (Φ), και καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του εγχυτήρα από τον κάθετο οχετό (α) και γύρω από τον κύλινδρο (Κ) του εμβόλου (ε).

Το έμβολο κινείται προς τα κάτω από το αντίστοιχο έκκεντρο του εκκεντροφόρου άξονα και, όταν η ενέργεια του εκκέντρου σταματήσει, ανέρχεται προς τα πάνω με τη βοήθεια του επανατακτικού ελατηρίου (Σ).

Εκτός από την κατακόρυφη αυτή παλινδρόμηση, το έμβολο μπορεί να κάνει και γωνιακή κίνηση, δηλαδή να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του μέσα στα όρια μιας γωνίας, με τη βοήθεια του οδοντωτού τροχού (τ), ο οποίος μπλέκεται με τον οδοντωτό κανόνα (T).

Το έμβολο έχει περιφερειακό αυλάκι, του οποίου και η άνω και η κάτω ακμή είναι ελικοειδείς. Στην κάτω όψη του έχει οπή,



Σχ. 79.7α.

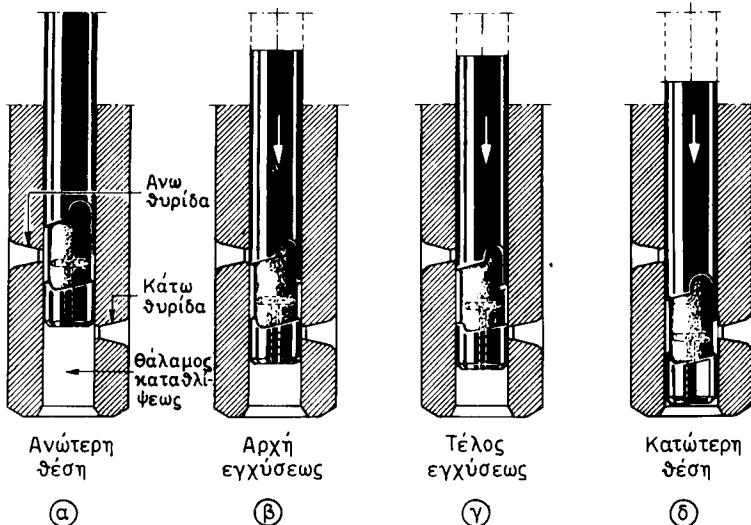
με την οποία επικοινωνεί ο χώρος κάτω από το έμβολο με το αυλάκι. Η οπή αυτή φθάνει στο αυλάκι στην αρχή κατακόρυφα και στη συνέχεια εγκάρσια σε σχήμα ταυ (Τ).

Ο κύλινδρος έχει δύο θυρίδες, την άνω και την κάτω.

Το αυλάκι του έμβολου με τις ελικοειδείς ακμές του και η κεντρική οπή στο σώμα του έχουν ως σκοπό να ρυθμίζουν την έναρξη και το τέλος της εγχύσεως και την ποσότητα του πετρελαίου που εγχέεται.

Η σχετική θέση των ακμών του αυλακιού αλλάζει με την αλλαγή της γωνιακής θέσεως του έμβολου.

Όπως το έμβολο κινείται προς τα κάτω, το πετρέλαιο αρχικά εκτοπίζεται μέσα από τις θυρίδες πίσω προς το θάλαμο πληρώσεως, μέχρις ότου η κατώτερη ακμή του έμβολου κλείσει την κάτω θυρίδα. Στη συνέχεια το συμπιεζόμενο πετρέλαιο εξωθείται προς τα πίσω πάλι από την κεντρική οπή του έμβολου, μέχρις ότου η ανώτερη ελικοειδής ακμή της εγκοπής του έμβο-



Σχ. 79.7β.

λου κλείσει την ανώτερη θυρίδα. Τότε αρχίζει η κατάθλιψη, η οποία δυνεχίζεται, μέχρις ότου η κάτω ελικοειδής ακμή του αυλακιού αποκαλύψει την κάτω θυρίδα, οπότε η κατάθλιψη σταματά.

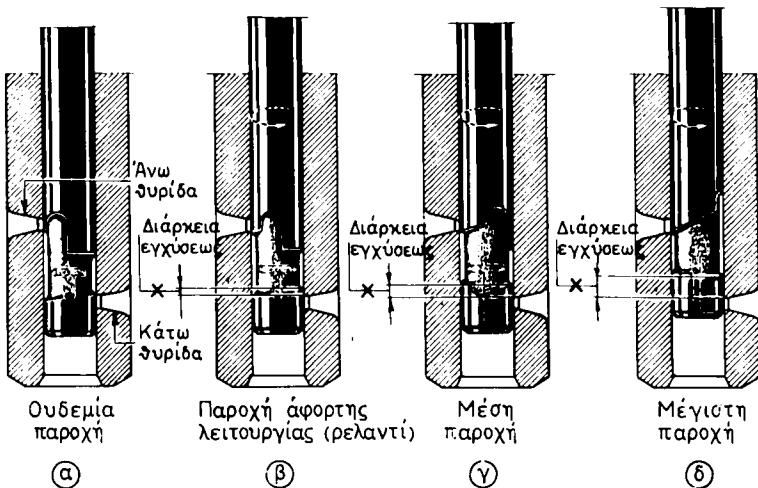
Η περιστροφή του εμβόλου με τον οδοντωτό κανόνα ρυθμίζει τη στιγμή κατά την οποία θα κλείσουν ή θα ανοίξουν οι θυρίδες, δηλαδή την αρχή και το τέλος της εγχύσεως και επομένως και την ποσότητα του εγχέομενου πετρελαίου.

Στις θέσεις (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 79.7 β παριστάνεται για μία **μέση παροχή** πετρελαίου η κίνηση του εμβόλου από την ανώτερη μέχρι την κατώτερη θέση του.

Στη θέση (α) παριστάνεται αυτό στην ανώτερη θέση του, στη θέση (β), όπου η άνω ελικοειδής ακμή έκλεισε την άνω θυρίδα, παριστάνεται η **έναρξη της εγχύσεως**, στη θέση (γ), όπου η κάτω ελικοειδής ακμή ανοίγει την κάτω θυρίδα, παριστάνεται το τέλος της **εγχύσεως** και στη θέση (δ) το έμβολο παριστάνεται στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του.

Στις θέσεις πάλι (α), (β), (γ) και (δ) του σχήματος 79.7γ παριστάνεται η μεταβολή του φορτίου με περιστροφή του εμβόλου.

Βλέπομε ότι στη θέση (α) η έναρξη και το τέλος της εγχύσεως συμπίπτουν, πράγμα που σημαίνει ότι **καμιά κατάθλιψη** τετρελαίου δεν γίνεται, δηλαδή η **μηχανή σταματά**.



Σχ. 79.7γ.

Στη θέση (β) το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως (X), είναι ελάχιστο, αρκετό για την κίνηση της μηχανής σε **άφορτη καπάσταση** λειτουργίας (ρελαντί).

Στη θέση (γ) το ωφέλιμο τμήμα της καταθλίψεως (X) είναι μεγαλύτερο, δηλαδή η μηχανή εργάζεται σε ένα **συνηθισμένο φορτίο**.

Στη θέση (δ) έχομε το μεγαλύτερο τμήμα ωφέλιμης διαδρομής καταθλίψεως (X), δηλαδή η μηχανή εργάζεται στο **μέγιστο φορτίο της**.

Από την ανάλυση της λειτουργίας του εγχυτήρα General Motors βλέπομε ότι μοιάζει πολύ με την αντλία Bosch, πλεονεκτεί όμως συγκριτικά με αυτή, γιατί ρυθμίζει **διαφορετικά κάθε φορά** και την **έναρξη της εγχύσεως** του πετρελαίου, δηλαδή την προέγχυση ή την προεισαγωγή του καυσίμου σε κάθε μεταβολή του φορτίου, πράγμα που είναι απαραίτητο στις σύγχρονες ταχύστροφες μηχανές Diesel, που λειτουργούν με συχνές μεταβολές της ταχύτητας, όπως π.χ. οι μηχανές αυτοκινήτων, ελαφρών πλοίων κ.λπ.

Είναι επομένως η αντλία του εγχυτήρα General Motors αντλία μηχανικής εγχύσεως **μεταβλητής αρχής** και **μεταβλητού τέλους** της εγχύσεως.

Ο έλεγχος αυτού του εγχυτήρα γίνεται με τον οδοντωτό κανόνα (T) (σχ. 79.7α). Όλοι οι κανόνες των καυστήρων των διαφόρων κυλίνδρων της μηχανής συνδέονται καθ' ένας ξεχω-

ριστά με ένα μοχλό στον κοινό άξονα του χειριστηρίου ή του ρυθμιστή στροφών της μηχανής. Με αυτόν τον τρόπο είναι εύκολη η ρύθμιση του φορτίου της μηχανής με το χειριστήριο απευθείας ή μέσω του ρυθμιστή.

Ο συνδετικός μοχλός κάθε εγχυτήρα έχει δική του μικρομετρική ρύθμιση του μήκους του, με την οποία μπορούμε να επιτύχουμε τη ρύθμιση της ποσότητας πετρελαίου που εγχέεται σε κάθε κύλινδρο χωριστά και να πετύχουμε έτσι την ομοιόμορφη κατανομή του συνολικού φορτίου της μηχανής σε όλους τους κυλίνδρους.

79.8 Η σειρά καύσεως στις πετρελαιομηχανές.

Στις πολυκύλινδρες πετρελαιομηχανές, οι οποίες έχουν και ισάριθμους συνήθως στροφάλους, υπάρχει ανάγκη οι στρόφαλοί τους να τοποθετούνται υπό γωνία μεταξύ τους, ώστε να επιτυγχάνονται:

α) Η ομοιόμορφη κατανομή των περιόδων της καύσεως κατά το μήκος του στροφαλοφόρου άξονα.

β) Η καλύτερη θέση για την εκκίνηση με αέρα.

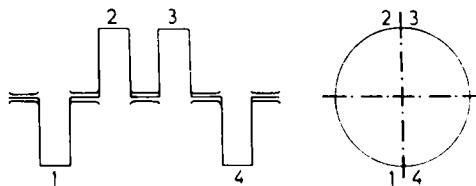
γ) Η καλύτερη ισορρόπηση των περιστρεφομένων μαζών, ώστε η άτρακτος να στρέφει ομαλότερα, χωρίς κραδασμούς και να ελαττώνεται ταυτόχρονα το βάρος του σφονδύλου της μηχανής στο έλαχιστο.

Η γωνία, που σχηματίζουν μεταξύ τους δύο στρόφαλοι, οι κύλινδροι των οποίων μας δίνουν **διαδοχικές αναφλέξεις**, λέγεται **γωνία σφηνώσεως** των στροφάλων.

Επειδή στους τετράχρονους κινητήρες το κύκλωμα λειτουργίας πραγματοποιείται σε δύο στροφές ή 720° του κύκλου του στροφάλου, η γωνία σφηνώσεως προκύπτει ως 720° : z, όπου (z) ο αριθμός των κυλίνδρων.

Στους δίχρονους πάλι κινητήρες θα είναι αντίστοιχα 360° : z, δεδομένου ότι το κύκλωμα λειτουργίας τους πραγματοποιείται σε μία μόνο στροφή, δηλαδή 360° .

Όταν λέμε σειρά αναφλέξεως ή καύσεως των κυλίνδρων, εννοούμε τη σειρά, με την οποία γίνονται διαδοχικά οι καύσεις στους κυλίνδρους. Τους κυλίνδρους και τους αντίστοιχους στροφάλους τους αριθμολογούμε με συνεχείς αριθμούς κατά τη σειρά που τοποθετούνται επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα, αρχίζοντας κατά κανόνα από το άκρο, όπου βρίσκεται ο σφόνδυλος.



Σχ. 79.8α.

Αριθμός κυλίνδρων	Διάταξη στροφάλων τετραχρονής μηχανής	Σύγχρονη Σειρά	Διάταξη στροφάλων διχρονής μηχανής	Σύγχρονη Σειρά
2		1-2 1-2		1-2
3		1-3 2		1-2-3
4		1-2-4 3 1-3 4 2		1-4-2-3
5		1-3 5 4-2		1-4-3 2-5
6		1-5 3 6 2-4		1-4-5 2 3-6
7		1-4 3 6-2 5		1-6-2 4 3-5
8		1-5 2 6 8-7 4 3		1-6-4 7 2-5-3 8
9		1-6 2 8 4-7 3 5 6		1-8-6 4 2-7-5 3

Σχ. 79.8β.

Έτσι π.χ. αν η σειρά αναφλέξεως σε μία τετρακύλινδρη μηχανή είναι $1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 3$, εννοούμε ότι οι καύσεις στους κυλίνδρους θα γίνουν διαδοχικά στον 1ο, το 2ο, τον 4ο και τελευταία τον 3ο κύλινδρο. Από αυτό καταλαβαίνομε ότι οι καύσεις δεν γίνονται με τη σειρά των κυλίνδρων. Καταλαβαίνομε επίσης για ποιο λόγο η γωνία σφηνώσεως σχηματίζεται μεταξύ δύο στροφάλων, που είναι διαδοχικοί με τη σειρά αναφλέξεως και όχι με τη σειρά της τοποθετήσεώς τους επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα, δηλαδή τη σειρά αριθμήσεως των κυλίνδρων.

Σύμφωνα με αυτά λοιπόν στην περίπτωση π.χ. μιας τετράχρονης τετρακύλινδρης μηχανής, θα έχομε μία γωνία σφηνώσεως 720° : $4 = 180^\circ$ και, εάν η σειρά καύσεως αυτής είναι όπως προηγουμένως $1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 3$, συμπεραίνομε ότι θα έχομε γωνία 180° μεταξύ 1ου και 2ου στροφάλου, επίσης μεταξύ 2ου και 4ου, και τέλος μεταξύ 4ου και 3ου. Ο στρόφαλος της μηχανής αυτής θα έχει τη μορφή του σχήματος 79.8α.

Οι πιο πάνω γενικές αρχές αφορούν τη ρύθμιση της σειράς καύσεως.

Στο σχήμα 79.8β δίνεται με μορφή πίνακα η συνηθισμένη διάταξη των στροφάλων και η αντίστοιχη σειρά αναφλέξεως των διαφόρων τετραχρόνων και διχρόνων μηχανών, όπως ακολουθείται από τους κατασκευαστές.

Η σειρά αναφλέξεως, πρέπει να έχομε υπόψη μας, ότι παιζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της μηχανής.

Με βάση τη σειρά αναφλέξεως ρυθμίζεται και η σχεδίαση του εκκεντροφόρου άξονα και η σύνδεση των σωληνίσκων καταθλιψεως του πετρελαίου από την αντλία πετρελαίου προς τους εγχυτήρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 80

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ BENZINOMΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Από όσα έχομε αναφέρει μέχρι τώρα, αντιλαμβανόμαστε εύκολα ότι η βασική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών τύπων Μ.Ε.Κ βρίσκεται στο **καύσημο** και τον **τρόπο καύσεως του**.

Οι βενζινομηχανές καίνε **βενζίνη**, ενώ οι πετρελαιομηχανές **πετρέλαιο Diesel** ή καμιά φορά και βαρύτερα πετρέλαια.

Οι βενζινομηχανές έχουν ως βάση της λειτουργίας τους το θερμικό κύκλο του Otto, στον οποίο η καύση γίνεται υπό σταθερό όγκο, ενώ οι πετρελαιομηχανές τον κύκλο Diesel, όπου η καύση γίνεται υπό σταθερή πίεση. Στην πράξη όμως η διαφορά αυτή αμβλύνεται, ώστε ούτε οι πρώτες να έχουν καθαρά ισόσημη καύση, ούτε οι δεύτερες ισόθλιπτη. Η διαφορά περιορίζεται στο ότι στις βενζινομηχανές έχομε μεγαλύτερη αύξηση της πιέσεως κατά την καύση από εκείνη, που δημιουργείται στις πετρελαιομηχανές. Και η διαφορά όμως αυτή γίνεται ακόμη μικρότερη με τη χρήση των πετρελαιομηχανών μικτού κυκλώματος (παράγρ. 76.13 και 76.14), των οποίων η λειτουργία μοιάζει πολύ με τη λειτουργία των βενζινομηχανών.

Από πλευράς αποδόσεως αποδεικνύεται στη θερμοδυναμική ότι ο θεωρητικός κύκλος των βενζινομηχανών έχει μεγαλύτερη απόδοση από το θεωρητικό κύκλο των πετρελαιομηχανών. Θα έπρεπε δηλαδή επομένως οι βενζινομηχανές να έχουν μικρότερη κατανάλωση καυσίμου από τις πετρελαιομηχανές. Και όμως η απόδοση και των δύο κύκλων συμβαδίζει με το **βαθμό συμπιέσεως** (ϵ), του οποίου ο ορισμός δίνεται από τη σχέση του όγκου του κυλίνδρου προς τον όγκο του θαλάμου καύσεως. Αυτό σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η σχέση συμπιέσεως, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της μηχανής και συνεπώς τόσο μικρότερη η κατανάλωσή της σε καύσιμο. Έτσι στις πετρελαιομηχανές, όπου συμπιέζομε καθαρό αέρα, η σχέση συμπιέσεως φθάνει μέχρι και τον αριθμό 20, η δε τελική πίεση συμπιέσεως 35-40 kg/cm². Στις βενζινομηχανές, όπου συμπιέ-

ζομε αεριούχο μίγμα, η σχέση συμπιέσεως δεν υπερβαίνει τον αριθμό 10, η δε τελική πίεση συμπιέσεως τα 12 kg/cm² περίπου λόγω της γνωστής ιδιότητας της εκρηκτικότητας της βενζίνης και του κινδύνου πρόωρης αναφλέξεως.

Στην πραγματικότητα λοιπόν η απόδοση των πετρελαιομηχανών είναι καλύτερη από την απόδοση των βενζινομηχανών, αν δε λάβομε υπ' όψη μας και ότι το πετρέλαιο Diesel είναι φθηνότερο από τη βενζίνη, αντιλαμβανόμαστε ότι ο κινητήρας Diesel είναι και οικονομικότερος από τον κινητήρα Otto.

Όσον αφορά την **ποιότητα της καύσεως**, είναι φανερό ότι, λόγω ελαφρότερου καυσίμου στις βενζινομηχανές είναι καλύτερη ενώ στις πετρελαιομηχανές χαμηλότερη. Γι' αυτό οι κινητήρες Diesel πρώτον μεν χρειάζονται συχνότερο εσωτερικό καθαρισμό, δεύτερον δε λόγω ατελέστερης καύσεως αναδίδουν καυσαέρια που περιέχουν μονοξείδιο του άνθρακα, που ιδιαίτερα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές δημιουργεί κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου.

Άλλη μια σύγκριση αφορά το **βάρος**. Οι βενζινομηχανές, επειδή είναι ελαφρότερες από τις πετρελαιομηχανές, προτιμώνται στα αεροπλάνα, τα αυτοκίνητα και τα μικρά πλοιάρια. Έχουν επίσης μεγάλη ετοιμότητα στην εκκίνηση και την επιτάχυνση. Αντίθετα διατρέχουν μεγαλύτερο **κίνδυνο πυρκαγιάς** λόγω των ατμών της βενζίνης που είναι εύφλεκτοι. Γι' αυτό πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερα και κατά τη λειτουργία της μηχανής, αλλά και κατά τη στιγμή του γεμίσματος της δεξαμενής με βενζίνη. Ηλεκτρικοί **σπνθήρες** ή αναμμένα **τσιγάρα** και μάλιστα όχι πολύ κοντά στο σημείο που γίνεται η παραλαβή βενζίνης, προκαλούν πολλές φορές καταστρεπτικές πυρκαγιές μεγάλης εκτάσεως.

Το **ηλεκτρικό σύστημα αναφλέξεως** των βενζινομηχανών, τις κάνει πολύ ευαίσθητες, γιατί παρουσιάζει εύκολα ανωμαλίες. Από όλα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι και οι δύο τύποι μηχανών έχουν και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επειδή όμως καταναλίσκουν λιγότερα καύσιμα, γι' αυτό στις μεγάλες ιπποδυνάμεις χρησιμοποιούνται κατά κανόνα οι πετρελαιομηχανές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 81

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

81.1 Γενικά.

Στο Κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές τα μέρη, από τα οποία αποτελούνται οι μηχανές εσωτερικής καύσεως.

Η περιγραφή αφορά και τις βενζινομηχανές και τις πετρελαιομηχανές, γιατί η κατασκευή τους είναι παρόμοια και γίνεται με βάση τις ίδιες αρχές. Ξέρομε άλλωστε ότι οι βασικές διαφορές μεταξύ τους βρίσκονται στο καύσιμο και τα όργανα, που σχετίζονται με αυτό. Έτσι οι μεν βενζινομηχανές χρησιμοποιούν εξαεριωτή ή μηχανική έγχυση βενζίνης και ηλεκτρικό κύκλωμα αναφλέξεως, ενώ οι πετρελαιομηχανές μηχανική έγχυση με αντίλια μηχανικής εγχύσεως και εγχυτήρα. Αυτά όμως τα έχομε ήδη αναφέρει στα προηγούμενα Κεφάλαια.

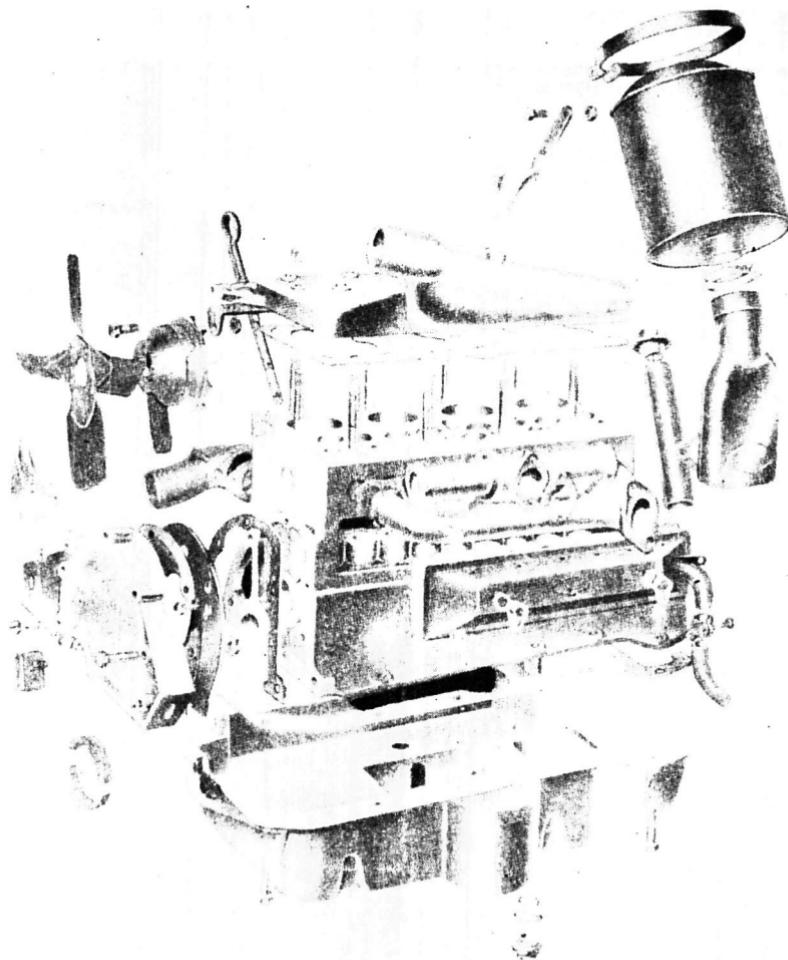
Τα μέρη των Μ.Ε.Κ. γενικά διακρίνονται σε **σταθερά** και **κινητά**. Σταθερά π.χ. είναι η βάση, ο κύλινδρος, το πώμα κ.λπ., κινητά δε αντίστοιχα το έμβολο, ο διωστήρας, ο στροφαλοφόρος άξονας, οι βαλβίδες, τα ωστήρια τους κ.λπ.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία όλων αυτών στη βιομηχανία και δεν είναι δυνατόν να κάνομε εδώ την περιγραφή πολλών τύπων από αυτά. Θα δώσουμε επομένως την περιγραφή των πιο συνηθισμένων ή αντιπροσωπευτικών τύπων αυτών μόνο.

Προτού προχωρήσουμε στην ειδική περιγραφή των διαφόρων μερών των Μ.Ε.Κ., θα παραθέσουμε ορισμένες τυπικές απεικονίσεις μηχανών εσωτερικής καύσεως από τις πιο σύγχρονες, για να γίνει καλύτερη κατανόηση της περιγραφής των επί μέρους τμημάτων.

Το σχήμα 81.1α παριστάνει π.χ. ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου τύπου Morris με παραστατική εξάρμοση των τεμαχίων του.

Το σχήμα 81.1β παριστάνει τετράχρονο αερόψυκτο βενζινο-



Σχ. 81.1α.

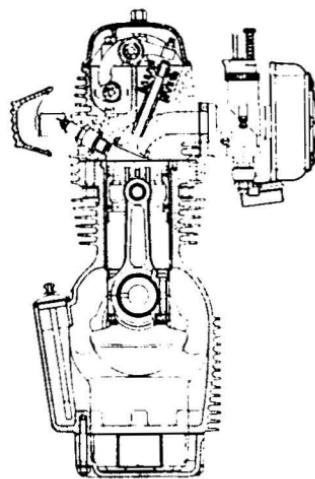
κινητήρα μοτοσυκλέτας Sunbeam, το δε 81.1γ δίχρονο βενζινοκινητήρα μοτοσυκλέτας Zundapp.

Τα σχήματα 81.1δ και 81.1ε παριστάνουν σε διαμήκη και εγκάρσια τομή βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου τύπου Fiat.

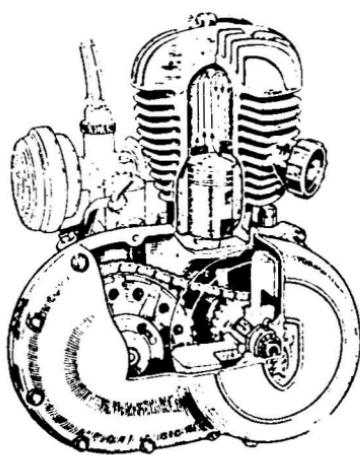
Το σχήμα 81.1στ παριστάνει τετράχρονο βενζινοκινητήρα αεροπλάνου τύπου Pratt and Whitney.

Το σχήμα 81.1ζ παριστάνει οριζόντιο τετράχρονο πετρελαιοκινητήρα Diesel για αυτοκινητάμαξα (ωτομοτρίς).

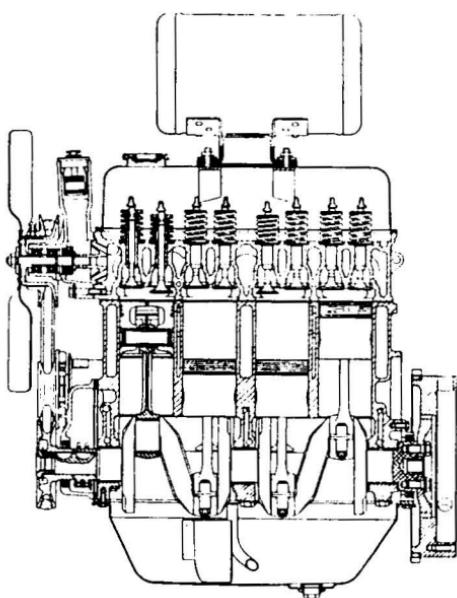
Το σχήμα 81.1η παριστάνει ταχύστροφο κινητήρα Diesel αγροτικού ελκυστήρα σε διαμήκη τομή.



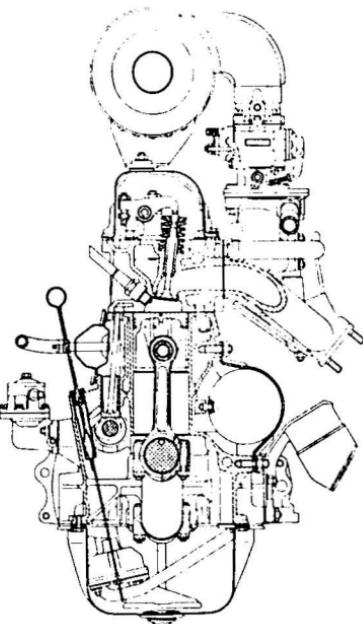
Σχ. 81.1β.



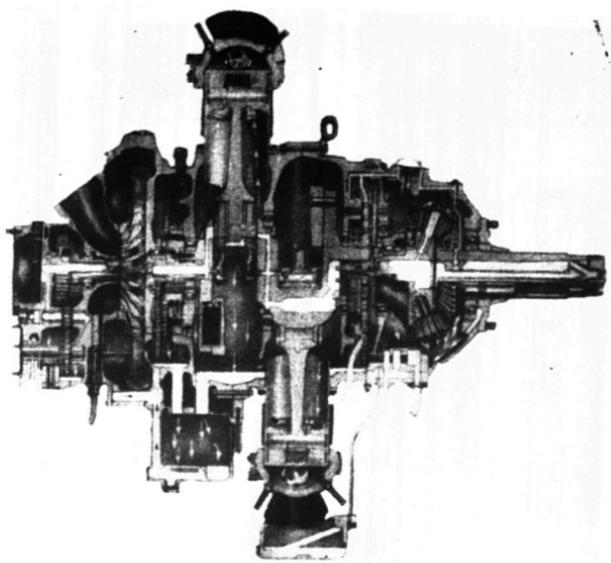
Σχ. 81.1γ.



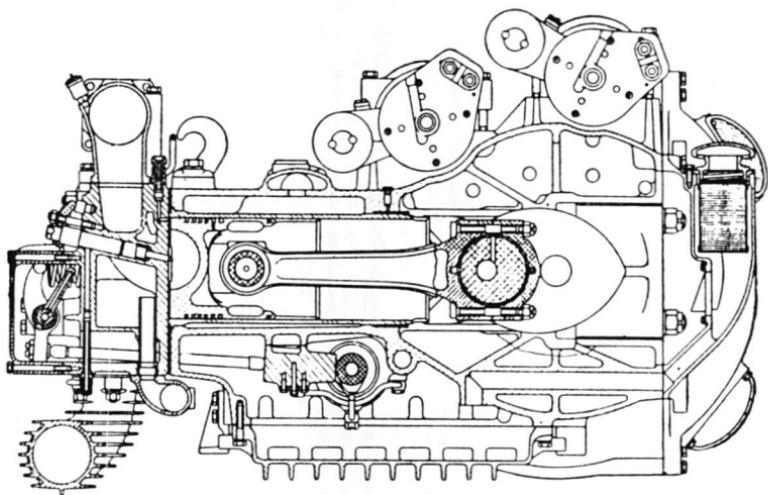
Σχ. 81.1δ.



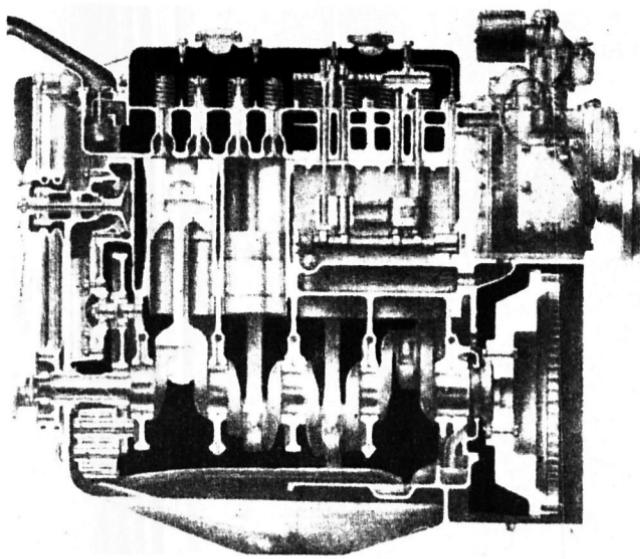
Σχ. 81.1ε.



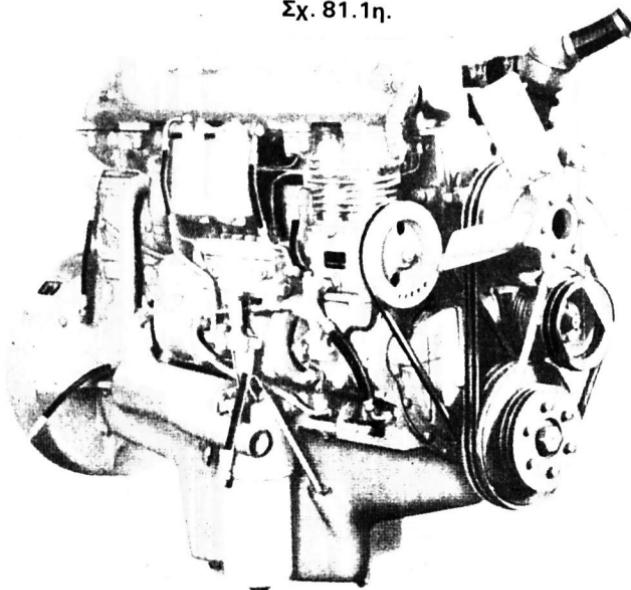
Σχ. 81.1στ.



Σχ. 81.1ζ.



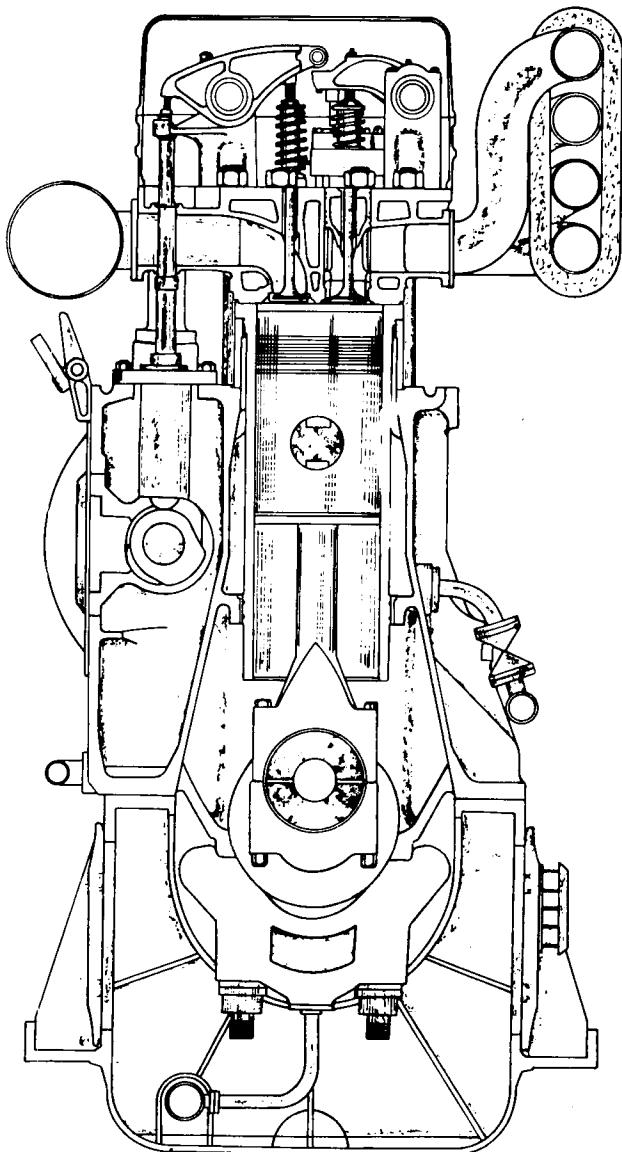
Σχ. 81.1η.



Σχ. 81.1θ

Το σχήμα 81.1θ παριστάνει προοπτικά σε φωτογραφία ταχύστροφο τετράχρονο πετρελαιοκινητήρα αυτοκινήτου Mercedes Benz.

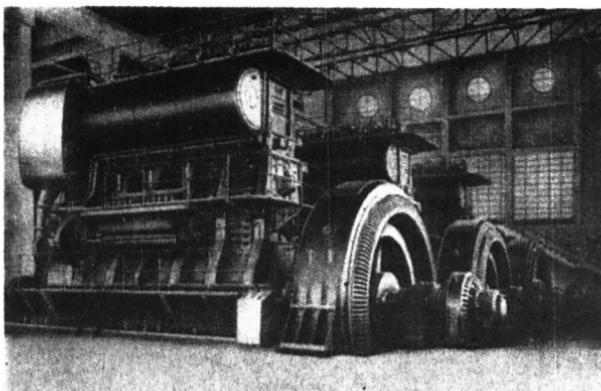
Το σχήμα 81.1ι παριστάνει τετράχρονο κατακόρυφο βιομηχανικό κινητήρα Diesel τύπου Burmeister and Wain (B&W) σε εγκάρσια τομή.



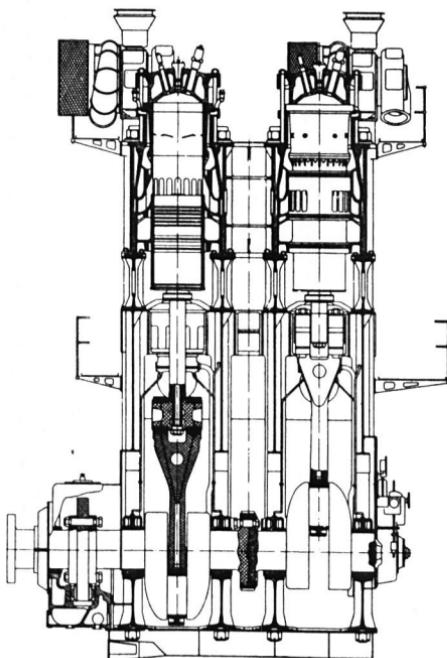
Σχ. 81.1ι.

Το σχήμα 81.1ια παριστάνει δίχρονους πετρελαιοκινητήρες Fiat διπλής ενέργειας, εγκατεστημένους σε εργοστάσιο ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 5.300 PS ο καθένας.

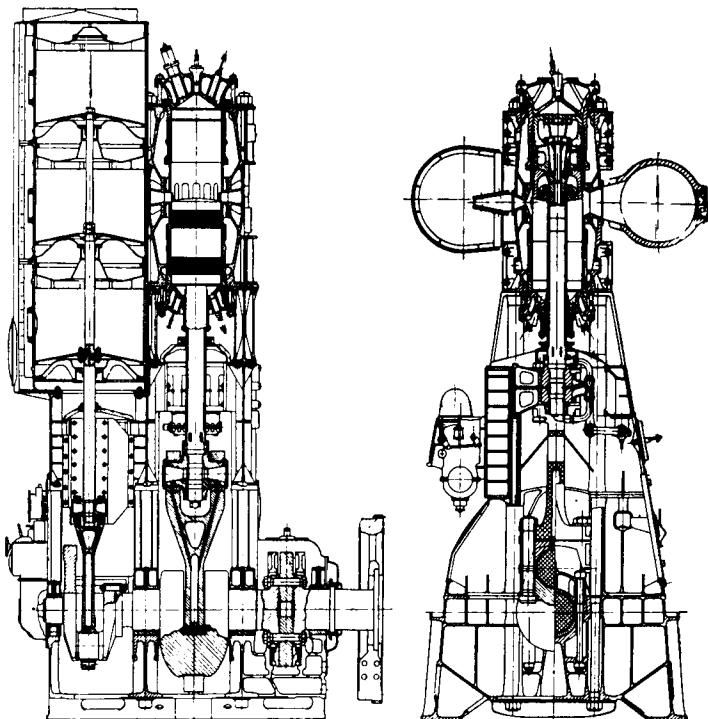
Το σχήμα 81.1ιβ παριστάνει δίχρονο πετρελαιοκινητήρα



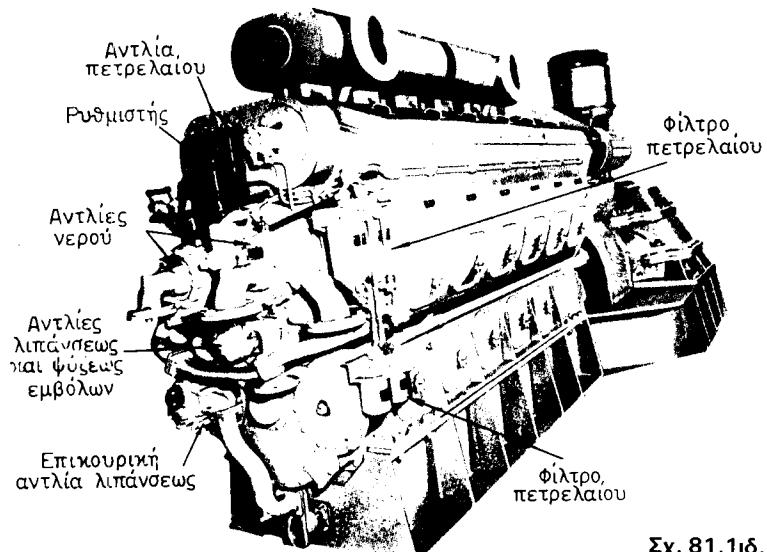
Σχ. 81.1ια.



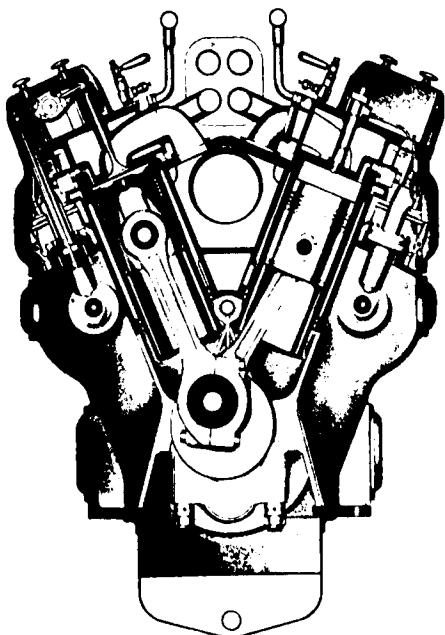
Σχ. 81.1ιβ.



Σχ. 81.1γ.



Σχ. 81.1δ.



Σχ. 81.1ε.

απλής ενέργειας ναυτικής χρήσεως τύπου Fiat 900 S, το δε 81.1ιγ αντίστοιχο διπλής ενέργειας τύπου Fiat 750 D.

Το σχήμα 81.1ιδ παριστάνει δίχρονο ταχύστροφο κινητήρα General Motors δωδεκακύλινδρο τύπου V.

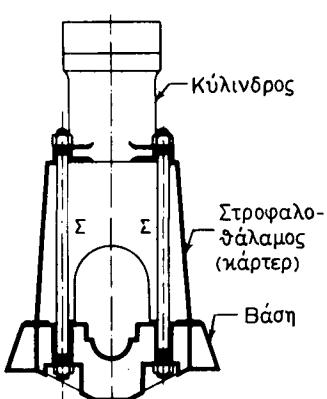
Το σχήμα τέλος 81.1ε παριστάνει τετράχρονο ταχύστροφο πετρελαιοκινητήρα τύπου V των εργοστασίων B.&W.

81.2 Το πλαισίο της μηχανής.

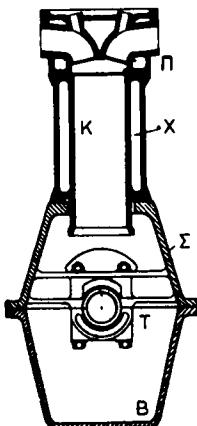
Πλαισίο ονομάζεται το συγκρότητα της μηχανής, που αποτελείται από τον **κύλινδρο** ή τους κυλίνδρους, το **στροφαλοθάλαμο** (κάρτερ) και τη **βάση** της μηχανής.

Το πλαισίο της μηχανής κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο καλής ποιότητας, σε ορισμένες δε ελαφρές κατασκευές από ειδικό κράμα αλουμινίου.

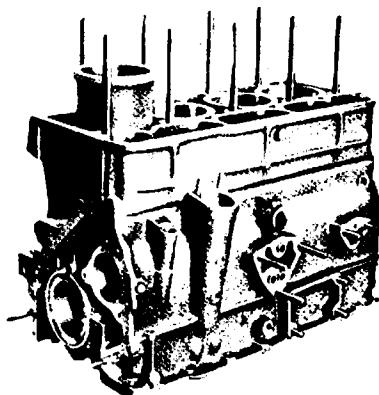
Στο σχήμα 81.2α δίνεται το γενικό πλαισίο μιας μεγάλης πετρελαιομηχανής, όπου διακρίνονται οι ενισχυτικοί στύλοι 'Σ - Σ' ή, όπως αλλιώς ονομάζονται, **ελκυστήρες** ή κοχλίες ντες, οι οποίοι συνδέουν το όλο συγκρότημα από τον κύλινδρο μέχρι τη βάση.



Σχ. 81.2α.



Σχ. 81.2β.



Σχ. 81.2γ.

Στο σχήμα 81.2β δίνεται αντίστοιχα σε εγκάρσια τομή το πλαίσιο της μηχανής μαζί με το πώμα μιας μικρής ταχύστροφης πετρελαιομηχανής ή βενζινομηχανής.

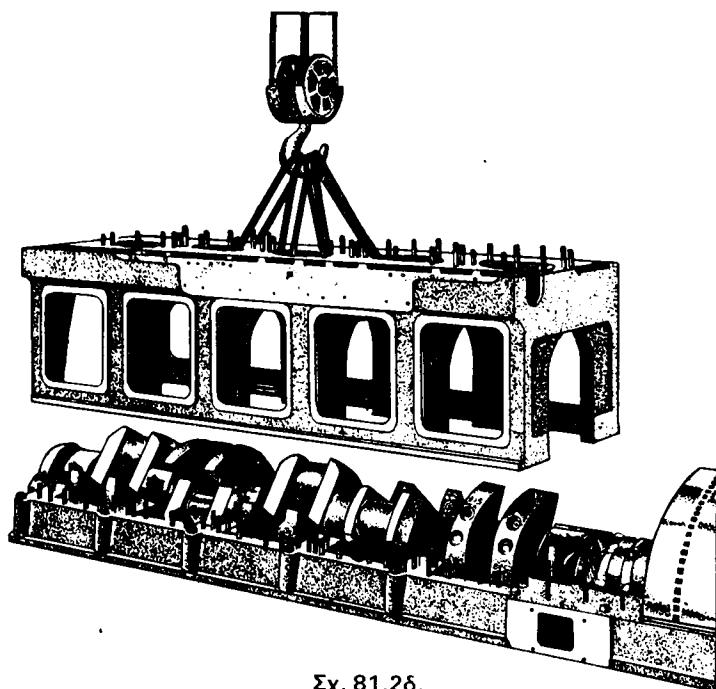
Διακρίνεται η **βάση** (Β), η οποία είναι και ελαιολεκάνη, ο **στροφαλοθάλαμος** (Σ), τα **έδρανα βάσεως** (Τ) του στροφαλοφόρου άξονα, ο **κύλινδρος** (Κ) με τό περιχιτώνιο **θάλαμο φύξεως** (Χ) και το **πώμα** του κυλίνδρου (Π), το οποίο έχει και τους **οχετούς εισαγωγής** αέρα ή αεριούχου μίγματος, ανάλογα, και **εξαγωγής των καυσαερίων** μαζί με τις **έδρες των βαλβίδων**.

Στο σχήμα 81.2γ δίνεται ένα μονοκόμματο συγκρότημα κυλίνδρων ταχύστροφης πετρελαιομηχανής.

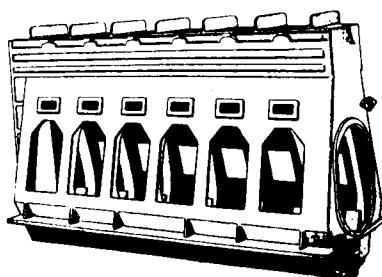
Στο σχήμα 81.2δ εικονίζεται η βάση μιας πεντακύλινδρης μηχανής με το στροφαλοφόρο άξονα τοποθετημένο στα έδρανά του. Κρεμασμένος επάνω από αυτόν εικονίζεται ο σκελετός, ο οποίος είναι στην προκειμένη περίπτωση μονοκόμματος και για τους 5 κυλίνδρους.

Επάνω στο σκελετό αυτό θα τοποθετηθούν οι κύλινδροι της μηχανής.

Το σχήμα 81.2ε παριστάνει μονοκόμματο σύστημα σκελετού



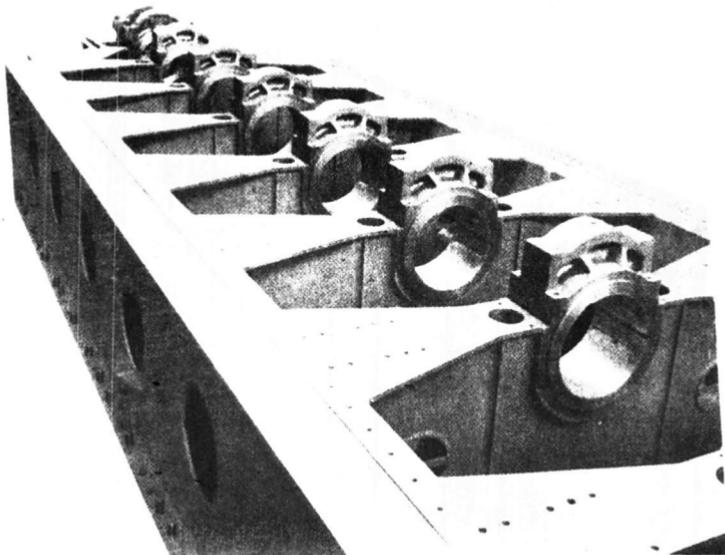
Σχ. 81.2δ.



Σχ. 81.2ε.



Σχ. 81.2στ.



Σχ. 81.2ζ.

και βάσεως πετρελαιοκινητήρα ναυτικού τύπου, το δε 81.2στ το σκελετό πετρελαιοκινητήρα μέσης ισχύος τύπου V.

Το σχήμα 81.2ζ παριστάνει τη βάση ενός κινητήρα.

81.3 Κύλινδροι-χιτώνια.

Οι κύλινδροι σε παλιότερες μηχανές κατασκευάζονταν από ένα τεμάχιο, ενώ σήμερα για λόγους οικονομίας και ευκολίας κατά τις επισκευές εφοδιάζονται εσωτερικά με τα λεγόμενα **χιτώνια** (πουκάμισα).

Ο κύλινδρος φέρει περιφερειακά ένα θάλαμο, όπου κυκλοφορεί νερό ψύξεως.

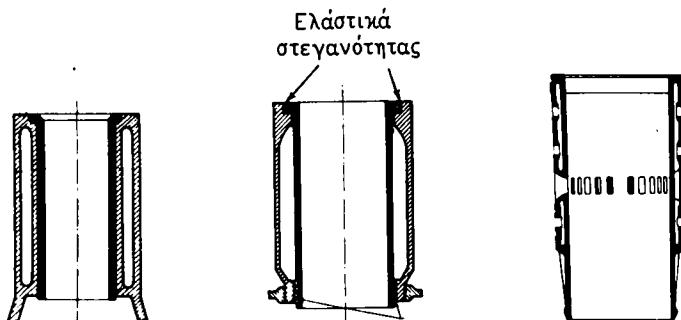
Τα χιτώνια, που κατασκευάζονται συνήθως, είναι τριών ειδών.

α) **Ξηρά χιτώνια** (σχ. 81.3α).

β) **Υγρά χιτώνια** (σχ. 81.3β).

γ) **Χιτώνια με θάλαμο ψύξεως** (σχ. 81.3γ).

Στις βενζινομηχανές και μικρές ταχύτροφες πετρελαιομηχανές χρησιμοποιούνται τα ξηρά και τα υγρά χιτώνια κατά προτίμηση, ενώ σε μεγαλύτερες πετρελαιομηχανές τα χιτώνια με θάλαμο ψύξεως.



Σχ. 81.3α.

Σχ. 81.3β.

Σχ. 81.3γ.

Τα χιτώνια τοποθετούνται μέσα στους κυλίνδρους με απόλυτη εφαρμογή με ισχυρή πίεση (περαστά), επίσης δε στα σημεία, όπου εφαρμόζουν στον κύλινδρο, τοποθετούνται δακτύλιοι από ελαστικό για τη στεγανότητα.

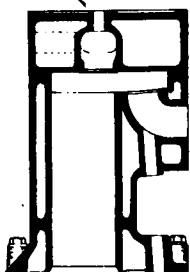
Συνήθως στο επάνω μέρος δεν τοποθετούνται ελαστικοί δακτύλιοι, η δε στεγανότητα επιτυγχάνεται με άριστη εφαρμογή του κάτω προσώπου του χιτωνίου στην αντίστοιχη επιφάνεια (πατούρα) του κυλίνδρου.

Και οι κύλινδροι και τα χιτώνια κατασκευάζονται από καλής ποιότητας σκληρό χυτοσίδηρο.

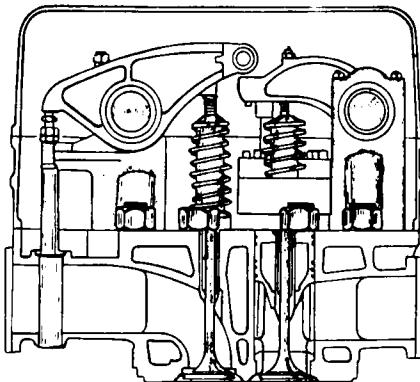
81.4 Πώματα.

Το **πώμα** ή **κεφαλή** της μηχανής (καπάκι) κλείνει τον κύλινδρο από πάνω (σχ. 81.4α). Κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή κράμα αλουμινίου. Έχει τους οχετούς εισαγωγής και εξαγωγής, τα ανοίγματα των βαλβίδων και του εγχυτήρα ή του σπινθηρίστη αντίστοιχα. Εσωτερικά είναι κοίλο, ώστε μέσα από την κοιλότητά του να κυκλοφορεί το νερό ψύξεως για την ψύξη του. Το νερό αυτό εισέρχεται στο πώμα, αφού έχει προηγουμένως κυκλοφορήσει μέσα στο θάλαμο ψύξεως του κυλίνδρου.

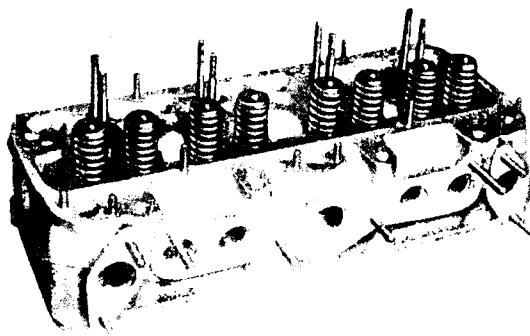
Το σχήμα 81.4α δείχνει ένα πώμα για **πλευρικές βαλβίδες**, οι οποίες ανοίγουν από τα κάτω προς τα πάνω, ενώ το σχήμα 81.4β παριστάνει ένα πώμα για **βαλβίδες ανεστραμμένες**, οι οποίες ανοίγουν από τα πάνω προς τα κάτω και τοποθετούνται ακριβώς πάνω από τον κύλινδρο. Σ' αυτό διακρίνονται επίσης οι οχετοί αέρα και καυσαερίων, οι αγκωνώτοι μοχλοί κινήσεως των βαλβίδων, οι βαλβίδες με τα ελατήριά τους και το προστατευτικό εξωτερικό κάλυμμα του πώματος.



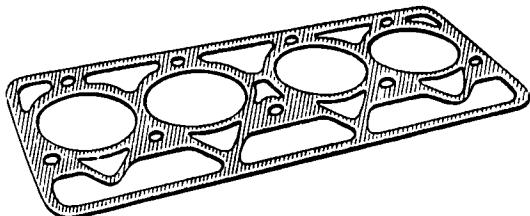
Σχ. 81.4α.



Σχ. 81.4β.



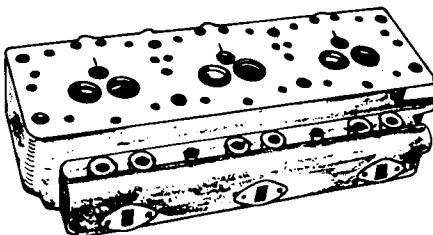
Σχ. 81.4γ.



Σχ. 81.4δ.

Μεταξύ πώματος και κυλίνδρου παρεμβάλλεται για τη στεγανότητα μια **μεταλλοπλαστική ένωση** (τσόντα).

Το σχήμα 81.4γ δείχνει ένα πώμα ενιαίο για τετρακύλινδρη τετράχρονη βενζινομηχανή, το δε σχήμα 81.4δ μια αντίστοιχη μεταλλοπλαστική ένωση στεγανότητας.



Σχ. 81.4ε.

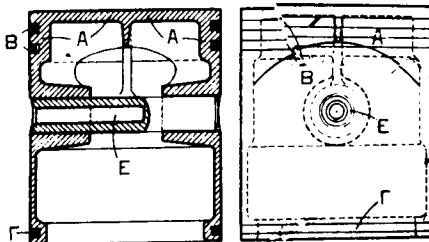
Τέλος το σχήμα 81.4ε παριστάνει ένα πώμα ανεστραμμένο για τρικύλινδρη μηχανή, στην πλευρά του οποίου διακρίνεται προσαρμοσμένος ο οχετός εξαγωγής.

81.5 Έμβολα-ελατήρια-πείροι εμβόλων-βάκτρα.

Τα έμβολα στις τετράχρονες μηχανές κατασκευάζονται με μικρό σχετικά μήκος, ενώ στις δίχρονες πρέπει να έχουν μεγάλο μήκος λόγω των θυρίδων, οι οποίες βρίσκονται στο κάτω μέρος του κυλίνδρου και τις οποίες το έμβολο πρέπει να αποκαλύπτει μεν όταν κατέρχεται μέχρι το Κ.Ν.Σ., να καλύπτει δε, όταν ανέρχεται μέχρι το Α.Ν.Σ. Γι' αυτό στις δίχρονες μηχανές και το χιτώνιο του κυλίνδρου προεκτείνεται αρκετά μέσα στο στροφαλοθάλαμο.

Πάντως τα έμβολα των Μ.Ε.Κ. έχουν οπωσδήποτε μεγαλύτερο μήκος από τα έμβολα των ατμομηχανών, γιατί στις περισσότερες Μ.Ε.Κ. δεν χρησιμοποιείται ευθυντήρια και ζύγωμα, για να εξασφαλίζουν την ομαλή ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου και να εξουδετερώνουν την πλευρική ώθησή του λόγω πλαγιότητας του διωστήρα. Έτσι στις μηχανές αυτές ο κύλινδρος έχει και θέση ευθυντήριας του εμβόλου. Σε μεγάλες όμως μηχανές, όπου ο σκελετός τους είναι όπως των ατμομηχανών με κολώνες, ευθυντήριες, βάκτρο, ζύγωμα κ.λπ., το έμβολο κατασκευάζεται περίπου όμοιο με το έμβολο των ατμομηχανών, το δε ύψος του τότε γίνεται μικρότερο. Τέλος το σύστημα ευθυντήριας βάκτρου ζηγώματος κ.λπ. χρησιμοποιείται αναγκαστικά και στις μηχανές Diesel διπλής ενέργειας.

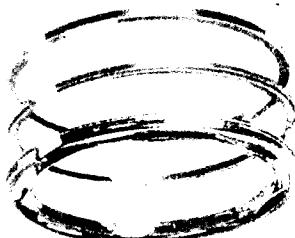
Το έμβολο κατασκευάζεται από καλής ποιότητας χυτοσίδηρο και φέρει περιφερειακά τα **ελατήρια στεγανόπτητας** (σχ. 81.5α), όπου (B) είναι τα **ελατήρια συμπέσεως**, (Γ) το **ελατήριο λαδιού** και (Ε) ο **πείρος** του εμβόλου, ο οποίος το συνδέει με το διωστήρα.



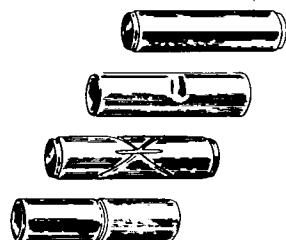
Σχ. 81.5α.



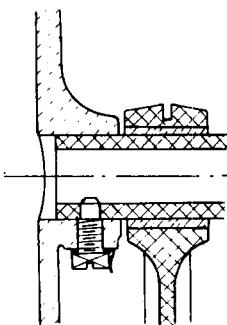
Σχ. 81.5β.



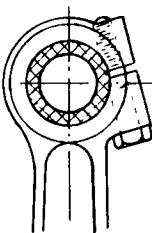
Σχ. 81.5γ.



Σχ. 81.5δ.



①



②



③

Σχ. 81.5ε.

Στα σχήματα 81.5β και 81.5γ φαίνονται τα ελατήρια του εμβόλου. Στο δεύτερο σχήμα (1) είναι το **ελατήριο συμπέσεως**, (2) το **ελατήριο αποξέσεως του λαδιού** και (3) το **ελατήριο περισυλλογής του λαδιού** και επαναφοράς του στην ελαιολεκάνη. Αυτό έχει εσωτερικά και τα λεγόμενα **εντατικά ελατήρια**.

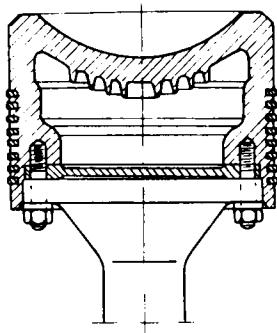
Το σχήμα 81.5δ παριστάνει διάφορους τύπους πείρων εμβόλων με τα αυλάκια για τη λίπανσή τους, ενώ το σχήμα 81.5ε

παριστάνει τρεις διαφορετικούς τρόπους συνδέσεως του πείρου με το έμβολο και το ζύγωμα. Στην (1) ο πείρος σταθεροποιείται με το έμβολο, στη (2) με το διωστήρα και στην (3) είναι ελεύθερος και μέσα στο έμβολο και επάνω στο διωστήρα. Δίπλα διακρίνομε τη λεγόμενη **ασφάλεια** του πείρου του εμβόλου για τη σύνδεση με αριθ. (3).

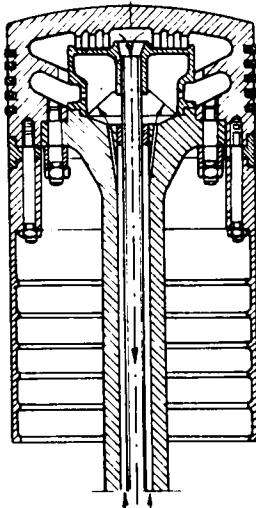
Σε μεγάλες μηχανές και ιδιαίτερα στις δίχρονες, που εργάζονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, είναι ανάγκη να ψύχεται το έμβολο εσωτερικά. Γι' αυτό μέσα στο θάλαμο, που σχηματίζεται στο εσωτερικό του, κυκλοφορεί ψυκτικό υγρό, νερό ή, τις περισσότερες φορές, λάδι.

Το λάδι αυτό έρχεται μέσα από το διωστήρα ή το βάκτρο, που είναι γι' αυτό το λόγο διάτρητα, και, μόλις πραγματοποιήσει την κυκλοφορία του, χύνεται μέσα στο κάρτερ ή επιστρέφει με ειδική σωλήνωση στο δίκτυο.

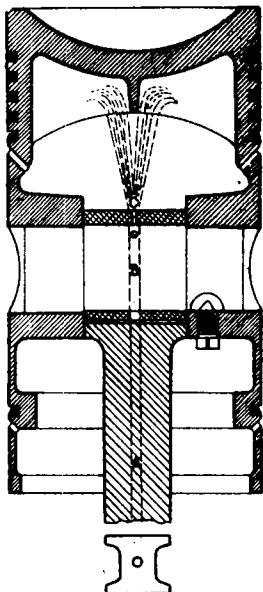
Το σχήμα 81.5στ δείχνει έμβολο με βάκτρο τετράχρονης μηχανής απλής ενέργειας, το 81.5ζ έμβολο με βάκτρο δίχρονης μηχανής απλής ενέργειας με θάλαμο ψύξεως, το 81.5η έμβολο χωρίς βάκτρο απ' ευθείας συνδέσεως με το διωστήρα δίχρονης μηχανής απλής ενέργειας με θάλαμο ψύξεως και το 81.5θ έμβολο δίχρονης μηχανής διπλής ενέργειας με βάκτρο και θάλαμο ψύξεως.



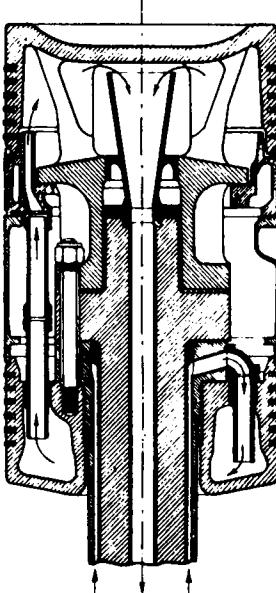
Σχ. 81.5στ.



Σχ. 81.5ζ.



Σχ. 81.5η.

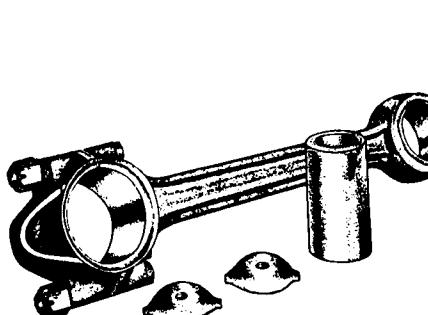


Σχ. 81.5θ.

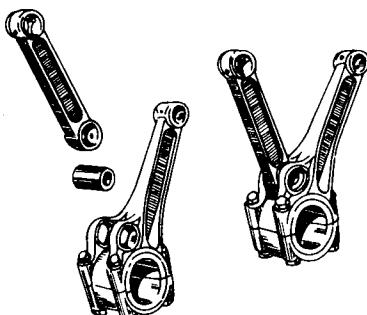
81.6 Διωστήρες - στροφαλοφόροι άξονες - τριβείς.

Οι **διωστήρες** των Μ.Ε.Κ. κατασκευάζονται πάντοτε από σφυρήλατο χάλυβα. Συνδέονται με το έμβολο μέσω πείρου μέσω ζυγώματος και βάκτρου, με το στροφαλοφόρο δε άξονα μέσω του κουμπιού του στροφάλου.

Το σχήμα 81.6α παριστάνει ένα διωστήρα με τον πείρο του, το σχήμα 81.6β ένα συγκρότημα από δύο διωστήρες μηχανής



Σχ. 81.6α.



Σχ. 81.6β.

τύπου V και το σχήμα 81.6γ τους διωστήρες μιας αστεροειδούς μηχανής και τον τρόπο συνδέσεώς τους.

Το σχήμα 81.6δ παριστάνει τους τριβείς του διωστήρα με την εσωτερική επένδυση από λευκό μέταλλο αντιτριβής.

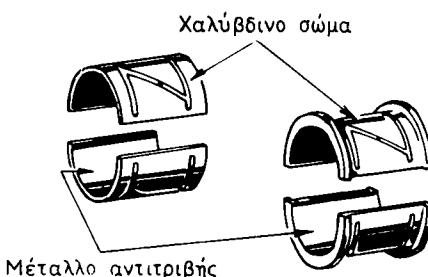
Ο **στροφαλοφόρος άξονας** κατασκευάζεται συνήθως από σφυρήλατο χάλυβα και έχει τόσα κουμπιά όσοι και οι κύλινδροι, όταν οι τελευταίοι τοποθετούνται στη σειρά. Οι στρόφαλοι σχηματίζουν μεταξύ τους τη γωνία σφηνώσεως, η οποία εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από τη σειρά καύσεως.

Το σχήμα 81.6ε παριστάνει ένα στροφαλοφόρο άξονα τετρακύλινδρης μηχανής. Αυτός είναι εσωτερικά διάτρητος για τη μέσω αυτού κυκλοφορία του λαδιού.

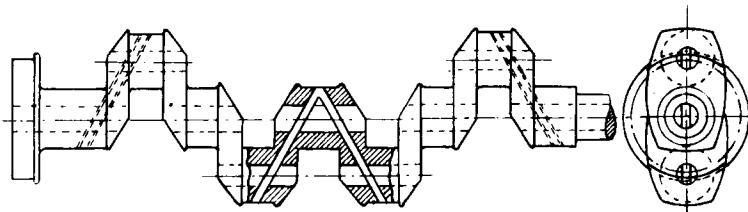
Τα κουμπιά του άξονα τορνίρονται με μεγάλη ακρίβεια, ενανθρακώνονται επιφανειακά (βάφονται) και λειαίνονται (ρεκτιφιάρονται), για να αναπύσσουν τη λιγότερη δυνατή τριβή κατά την περιστροφή τους.



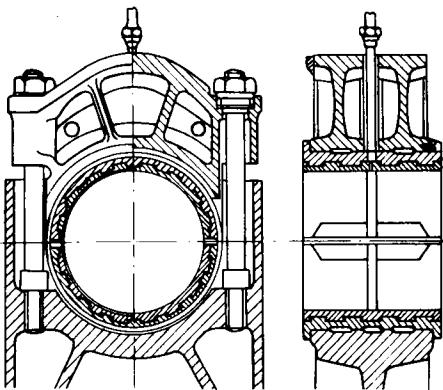
Σχ. 81.6γ.



Σχ. 81.6δ.



Σχ. 81.6ε.



Σχ. 81.6στ.

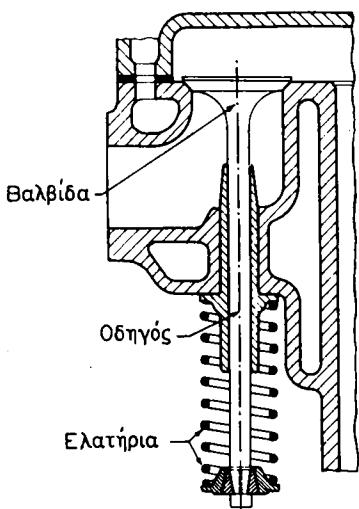
Το σχήμα 81.6στ παριστάνει σε δύο όψεις ένα τριβέα βάσεως με το κάλυμμα του, τους συνδετικούς κοχλίες και το λευκό μέταλλο αντιτριβής στο εσωτερικό του.

Σε νεώτερες μηχανές καμιά φορά για τριβείς με λευκό μέταλλο στα έδρανα βάσεως τοποθετούνται **κυλινδροτριβείς**, για να ελαττώνεται ακόμα περισσότερο η τριβή και επομένως, η φθορά κατά την περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.

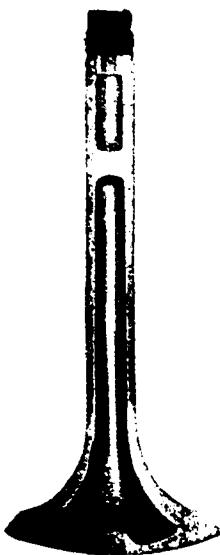
81.7 Βαλβίδες - ωστήρια - έκκεντρα - εκκεντροφόρος άξονας.

Το σχήμα 81.7α παριστάνει ένα συνηθισμένο τύπο βαλβίδας, η οποία παλινδρομεί μέσα στον οδηγό της. Το ελατήριό της την κρατά πάντοτε κλειστή, ώστε να ανοίγει, μόνο όταν το ωστήριο της, το οποίο κινείται από το έκκεντρο, την ωθήσει προς τα πάνω.

Οι βαλβίδες ανοίγουν πάντοτε προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Κατασκευάζονται από καλής ποιότητας χάλυβα και συνή-



Σχ. 81.7α.



Σχ. 81.7β.

θως από ειδικό νικέλιο-χρώμιο-χάλυβα. Σε μεγάλες μηχανές γίνονται κοίλες, ώστε μέσα στην κοιλότητά τους να κυκλοφορεί νερό για την ψύξη τους. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα στις βαλβίδες εξαγωγής.

Άλλοτε στις βαλβίδες εξαγωγής, ιδίως των κινητήρων αεροπλάνων (σχ. 81.7β), η κοιλότητα γεμίζει με αλάτι **λιθίου** και **νατρίου**, το οποίο τήκεται στη θερμοκρασία λειτουργίας της βαλβίδας και απορροφά έτσι ένα μέρος της θερμότητας, την οποία και μεταδίδει ευκολότερα προς το βάκτρο της.

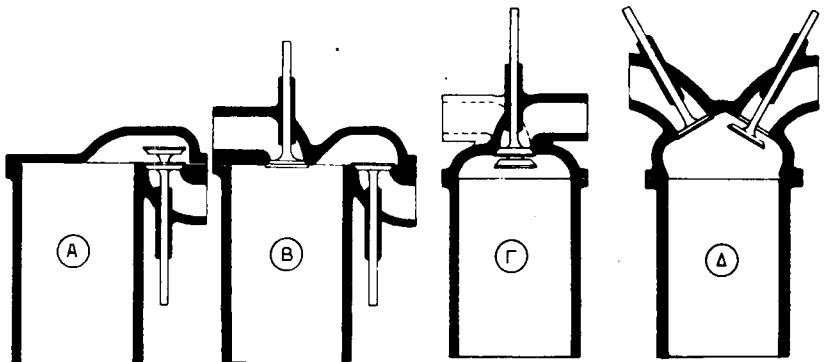
Οι έδρες των βαλβίδων επενδύονται συνήθως με στελλίτη.

Η τοποθέτηση των βαλβίδων γίνεται με πολλούς τρόπους, από τους οποίους τέσσερις παριστάνονται στο σχήμα 81.7γ.

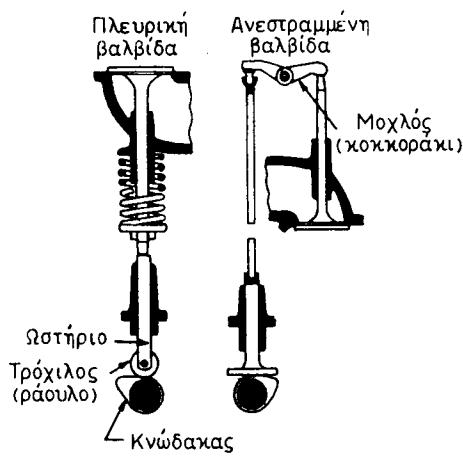
Στο σχήμα 81.7δ παριστάνονται δύο συνηθισμένοι τρόποι ανοίγματος της πλευρικής και της ανεστραμμένης βαλβίδας.

Στις πλευρικές βαλβίδες η μετάδοση της κινήσεως από το έκκεντρο γίνεται κατ' ευθείαν μέσω του ωστηρίου, ενώ στις ανεστραμμένες μεσολαβεί ο αγκωνωτός μοχλός, που διακρίνεται στο σχήμα 81.7δ.

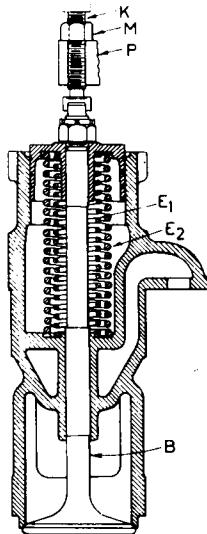
Το σχήμα 81.7ε παριστάνει βαλβίδα εξαγωγής (B) μηχανής Diesel μεσαίου μεγέθους. Διακρίνονται τα δύο ελατήριά της (E_1 - E_2), το άκρο του αγκωνωτού μοχλού (P), που την πιέζει προς τα



Σχ. 81.7γ.



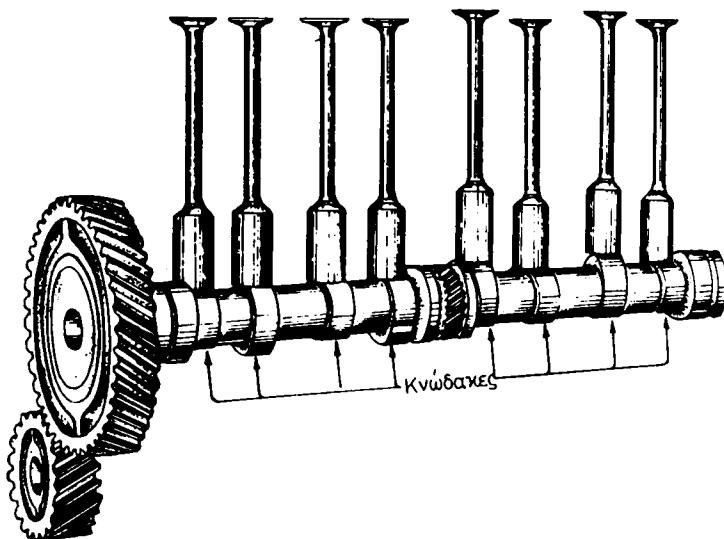
Σχ. 81.7δ.



Σχ. 81.7ε.

κάτω, όταν πρόκειται να ανοίξει, και ο ρυθμιστικός κοχλίας (Κ) με το ασφαλιστικό του περικόχλιο (Μ) (κόντρα παξιμάδι), με τα οποία ρυθμίζεται το διάκενο της βαλβίδας. Η ρύθμιση του διακένου γίνεται, όταν η μηχανή είναι θερμή.

Το σχήμα 81.7στ παριστάνει ένα εκκεντροφόρο άξονα, ο οποίος για κάθε κύλινδρο φέρει και από ένα έκκεντρο (κνώδακα), για τη βαλβίδα της εισαγωγής και άλλο ένα για τη βαλβίδα της εξαγωγής.



Σχ. 81.7στ.

Σε μηχανές, όπου ο εγχυτήρας ανοίγει μηχανικά από έκκεντρο, ο εκκεντροφόρος άξονας φέρει και ανά ένα έκκεντρο για κάθε εγχυτήρα.

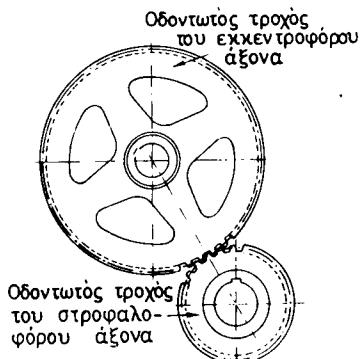
Στις βενζινομηχανές ο εκκεντροφόρος άξονας έχει στο μέσον του περίπου ένα οδοντωτό τροχό (σχ. 81.7στ). Με αυτόν μεταδίδει την κίνηση σε κάθετο άξονα, ο οποίος κινεί την αντλία του λαδιού και το διανομέα (ντιστριμποτέρ).

Σε τετράχρονες μηχανές η σχέση ταχύτητας περιστροφής του εκκεντροφόρου άξονα, σε σύγκριση με αυτή του στροφαλοφόρου, είναι πάντοτε 1:2, γιατί κάθε φάση λειτουργίας, εισαγωγή, εξαγωγή ή έγχυση, γίνεται σε δύο πλήρεις στροφές της μηχανής.

Σε δίχρονους ο εκκεντροφόρος (για τον εγχυτήρα μόνο και τις βαλβίδες εισαγωγής, εάν υπάρχουν) περιστρέφεται με σχέση περιστροφής 1:1, γιατί οι φάσεις αυτής πραγματοποιούνται κάθε μία ανά μία φορά σε μία στροφή της μηχανής.

Τα σχήματα 81.7ζ και 81.7η παριστάνουν τη μετάδοση της κινήσεως από το στροφαλοφόρο προς τον εκκεντροφόρο άξονα τετράχρονης μηχανής με οδοντωτούς τροχούς και με αλυσίδα αντίστοιχα.

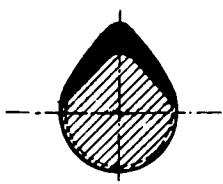
Μεγάλη σπρασία πρέπει να δίνεται κατά το δέσιμο των τροχών αυτών μεταξύ τους ή της αλυσίδας με τους τροχούς, γιατί



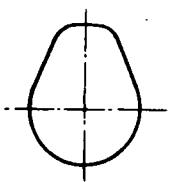
Σχ. 81.7ζ.



Σχ. 81.7η.



Σχ. 81.7θ.



Σχ. 81.7ι.

από τη σωστή εμπλοκή αυτών **εξαρτάται απολύτως** η σωστή ρύθμιση της λειτουργίας της μηχανής. Συνήθως ο κατασκευαστής τοποθετεί διάφορα σημεία (πόντες) στους τροχούς και στην αλυσίδα, ώστε να μην χάνεται η ρύθμιση της μηχανής.

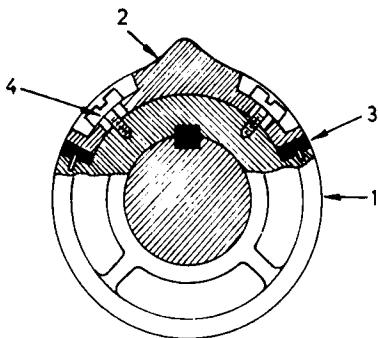
Το υλικό, από το οποίο κατασκευάζονται οι εκκεντροφόροι άξονες, είναι γενικά σφυρήλατος χάλυβας. Επίσης από το ίδιο υλικό κατασκευάζονται και τα ωστήρια των βαλβίδων, ενώ οι αγκωνωτοί μοχλοί των βαλβίδων γίνονται από χυτό χάλυβα.

Τα σχήματα 81.7θ και 81.7ι παριστάνουν όψεις δύο εκκέντρων από τους πιο συνηθισμένους.

Από αυτούς ο πρώτος δίνει ομαλό άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας, ενώ ο δεύτερος περισσότερο απότομο.

Η μαύρη επιφάνεια, που φαίνεται στο σχήμα, δείχνει την επιφανειακή βαφή του εκκέντρου, η οποία γίνεται με σκοπό τη μεγαλύτερη αντοχή του στη φθορά.

Σε μεγάλες μηχανές τα έκκεντρα κατασκευάζονται χωριστά και σφηνώνονται επάνω στον εκκεντροφόρο άξονα. Μερικές φορές τα έκκεντρα των αντλιών πετρελαίου ή των εγχυτήρων ανάλογα μπορούν να αλλάζουν σχετική θέση επάνω στον εκκε-



Σχ. 81.7ια.

ντροφόρο άξονα με μικρή περιστροφή τους και ασφάλιση με ειδικούς κοχλίες. Αυτό το κάνομε, όταν επιθυμούμε να αλλάξουμε μόνιμα τη ρύθμιση της λειτουργίας της μηχανής.

Στο σχήμα 81.7ια παριστάνεται ένα έκκεντρο αυτού του είδους, όπου: (1) είναι το σώμα του εκκέντρου, το οποίο σφηνώνεται επάνω στην άτρακτο διανομής, (2) η εκκεντρική βαθμίδα, (3) οι προσθήκες, με τις οποίες μπορούμε να ρυθμίζουμε τη γωνιακή θέση του εκκέντρου στον εκκεντροφόρο άξονα επομένως και την προπορεία εγχύσεως και την αργοπορία τους τέλους αυτής, ώστε η μηχανή να αποδίδει τη μέγιστη της ιπποδύναμη, και (4) οι κοχλίες συσφίγξεως της εκκεντρικής βαθμίδας στην οριστική της θέση ρυθμίσεως. Σε ορισμένες περιπτώσεις αντί για σφήνα, χρησιμοποιείται γωνιώδες πολύσφηνο, επάνω στο οποίο προσαρμόζεται η εκκεντρική βαθμίδα, που περιβάλλει τον εκκεντροφόρο άξονα, και συσφίγγεται με κοχλίες. Με χαλάρωση των κοχλιών και περιστροφή της βαθμίδας κατά ένα ή δύο δόντια επάνω στο πολύσφηνο επιτυγχάνομε την επιθυμητή ρύθμιση εγχύσεως. Συνήθως κάθε δόντι του πολύσφηνου αντιστοιχεί με 3° - 5° γωνία μεταβολής της προεγχύσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 82

ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

Τα βασικά εξαρτήματα χειρισμού και ελέγχου της λειτουργίας των Μ.Ε.Κ. είναι:

Το **χειριστήριο**: Μοχλός, ο οποίος ενεργεί επάνω στη δικλείδα αέρα του εξαεριωτή ή της αντλίας μηχανικής εγχύσεως της βενζίνης ή του πετρελαίου για να ρυθμίζεται η ποσότητα του καυσίμου, που καίει η μηχανή, δηλαδή η ισχύς και οι στροφές της.

Ο **ρυθμιστής στροφών**: Χρησιμοποιείται σε πολλές μηχανές και παρεμβάλλεται μεταξύ του χειριστήριου μοχλού και της μηχανής. Είναι συνήθως φυγοκεντρικού τύπου και ενεργεί ή μηχανικά ή υδραυλικά με λάδι. Σκοπός του ρυθμιστή είναι να επιδρά στη χορήγηση της ποσότητας του καυσίμου, ώστε να διατηρεί σταθερό αριθμό στροφών ανάλογο με την κάθε φορά τοποθέτηση του χειριστήριου μοχλού από το χειριστή της μηχανής.

Οι **ασφαλιστικές βαλβίδες** των κυλίνδρων: Ανοίγουν σε δεδομένη πίεση, στην οποία είναι ρυθμισμένες, για την πρόληψη ατυχημάτων σε περίπτωση υπερπιέσεως μέσα στον κύλινδρο.

Ο **κρουνός του δυναμοδείκτη**: Επάνω σ' αυτὸν προσαρμόζεται πιεζόμετρο για τη λήψη της πιέσεως συμπιέσεως ή δυναμοδείκτης για τη λήψη δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Ο **εξαεριστικός** κρουνός του κυλίνδρου ή και δοκιμαστικός κρουνός για τον οπτικό έλεγχο της ποιότητας της καύσεως σε ώρα λειτουργίας της μηχανής.

Τα βασικά όργανα παρακολουθήσεως της λειτουργίας της μηχανής είναι:

Τα **θλιβόμετρα** πετρελαίου, αέρα σαρώσεως ή υπερπληρώσεως, νερού ψύξεως, λαδιού λιπάνσεως για την παρακολούθηση των πιέσεών τους.

Τα **θερμόμετρα** νερού, λαδιού για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας τους.

Τα θερμοηλεκτρικά **πυρόμετρα** για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας των αερίων εξαγωγής από κάθε κύλινδρο.

Οι **ενδείκτες** CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα), οι οποίοι εγκαθίστανται σε μεγάλες συνήθως μηχανές και δείχνουν το ποσοστό του CO₂, που περιέχεται μέσα στα καυσαέρια, το οποίο αποτελεί ένα καλό κριτήριο για τον έλεγχο της ποιότητας της καύσεως.

Τα **στροφόμετρα**, μηχανικά ή ηλεκτρικά με τα οποία παρακολουθείται ο αριθμός στροφών της μηχανής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 83

ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

83.1 Γενικά.

Με τον όρο «βοηθητικές λειτουργίες» εννοούμε τις απαραίτητες εκείνες λειτουργίες, οι οποίες βοηθούν τη μηχανή να πραγματοποιήσει το σκοπό της, δηλαδή να αποδώσει το κινητήριο έργο.

Αντίστοιχα **βοηθητικά μηχανήματα** ή **συσκευές** καλούνται όσα μηχανήματα ή συσκευές είναι αναγκαία για την πραγματοποίηση των βοηθητικών αυτών λειτουργιών της μηχανής.

Ως βοηθητικές λειτουργίες, οι οποίες σχετίζονται με την παραγωγή του έργου από τη μηχανή, θεωρούμε την **εισαγωγή του καυστιγόνου αέρα**, την **τροφοδότηση της μηχανής με καύσιμο** και την **εξαγωγή καυσαερίων**.

Εκτός από αυτά υπάρχουν και άλλες βοηθητικές λειτουργίες, που δεν σχετίζονται απ' ευθείας με την καύση και τη μετατροπή της θερμότητας σε έργο, όπως π.χ. η λίπανση της μηχανής, η ψύξη της, η προθέρμανση και η εκκίνηση αυτής και η αναστροφή της, οι οποίες και θα εξετασθούν στα επόμενα Κεφάλαια.

83.2 Η εισαγωγή του αέρα.

Το σύστημα εισαγωγής του αέρα έχει σκοπό να προμηθεύει στη μηχανή τον **καυστιγόνο αέρα**. Επίσης εξυπηρετεί την απόπλυση των διχρόνων μηχανών, την υπερπλήρωση των τετραχρόνων και διχρόνων, τον καθαρισμό του αέρα πριν εισέλθει στη μηχανή, και την ελάττωση του θορύβου, που προκαλεί η αναρρόφησή του.

Η εισαγωγή του αέρα σε τετράχρονες μηχανές γίνεται, όπως είναι γνωστό, με το κενό του εμβόλου, ενώ στις δίχρονες με την αντλία σαρώσεως ή αποπλύσεως. Η υπερπλήρωση του

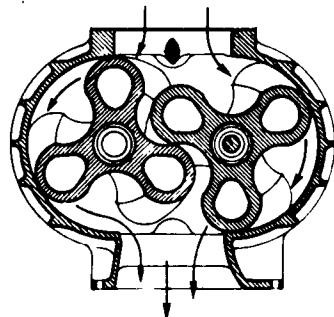
κυλίνδρου γίνεται με συμπιεστή υπερπληρώσεως. Στις δίχρονες μηχανές αυτός ταυτίζεται μερικές φορές με την αντλία σαρώσεως ή αποπλύσεως, η οποία όμως τότε καταθλίβει με υψηλότερη πίεση και σε μεγαλύτερη ποσότητα καυσιγόνο αέρα από εκείνον, που προμηθεύει στην περίπτωση της απλής σαρώσεως.

Στο σχήμα 83.2α δίνεται η τομή μιας αντλίας σαρώσεως - υπερπληρώσεως, η οποία αποτελείται από το κέλυφος, τους οχετούς αναρροφήσεως και καταθλίψεως και τους περιστρεφόμενους λοβούς.

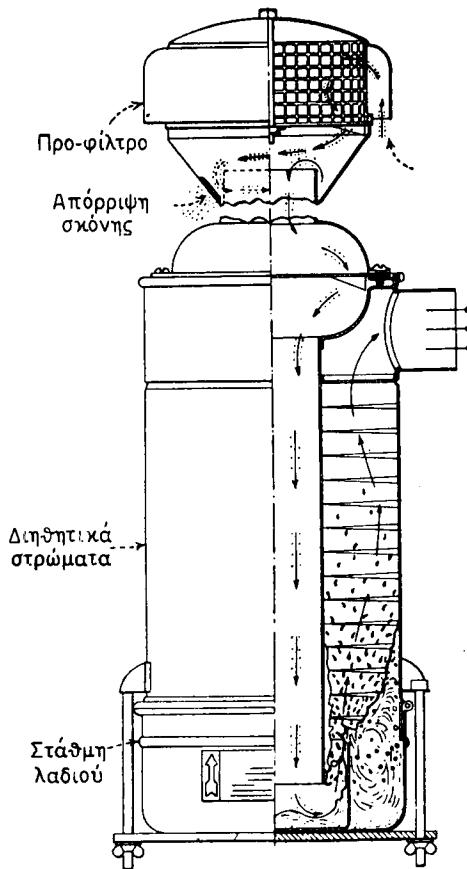
Ο καθαρισμός και η απόσβεση του θορύβου του αέρα εισαγωγής πραγματοποιούνται με το φίλτρο της αναρροφήσεως, το οποίο παίζει το ρόλο σιγαστήρα και τοποθετείται στο κοινό αγωγό της αναρροφήσεως της μηχανής.

Αυτό εφοδιάζεται με αντιηχητικά υλικά για την απορρόφηση του ήχου και με «τρυπητό» και «γάζα» εμποτισμένη σε λάδι. Έτσι ο αέρας φιλτράρεται, δηλαδή καθαρίζεται από τη σκόνη και άλλες ακαθαρσίες, ο δε θόρυβος, που προξενεί, ελαττώνεται στο ελάχιστο.

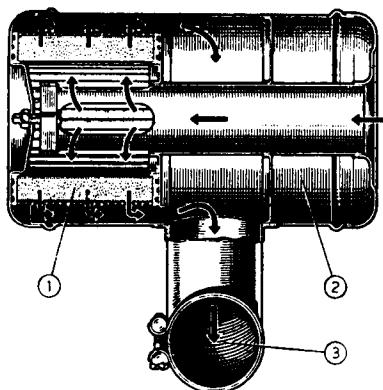
Το σχήμα 83.2β παριστάνει ένα φίλτρο με λουτρό λαδιού, στο οποίο ο αέρας εισέρχεται από το προ-φίλτρο και λόγω αλλαγής κατευθύνσεως απορρίπτει πρώτα τη χονδρόκοκκη σκόνη. Στη συνέχεια πορεύεται στο εσωτερικό του φίλτρου και διέρχεται από λουτρό λαδιού, μέσα στο οποίο τα λεπτά μόρια ακαθαρσιών αλείφονται με λάδι και έτσι, καθώς ο αέρας προχωρά διέρχεται από τα στρώματα του διηθητικού υλικού, τα μόρια αυτά κολλάνε και κατακρατούνται από αυτό και ο αέρας εξέρχεται καθαρός, για να εισέλθει στη συνέχεια στον κύλινδρο.



Σχ. 83.2α.



Σχ. 83.2β.



Σχ. 83.2γ.

Ανάλογη είναι η διάταξη ενός φίλτρου - σιγαστήρα μιας βενζινομηχανής του σχήματος 83.2γ, όπου (1) είναι το διηθητικό υλικό, (2) ο θάλαμος σιγαστήρα και (3) ο σύνδεσμος προσαρμογής στον εξαεριωτή.

83.3 Η τροφοδότηση με καύσιμο.

Το σύστημα τροφοδοτήσεως της μηχανής με βενζίνη ή με πετρέλαιο είναι ήδη γνωστό από τις αντίστοιχες περιγραφές, που δόθηκαν στα ανάλογα Κεφάλαια των βενζινομηχανών και των πετρελαιομηχανών.

Εδώ απλώς επαναλαμβάνομε ότι σε βενζινομηχανές με εξαεριωτή η ροή και η εισαγωγή της βενζίνης στον κύλινδρο πραγματοποιείται με τη δεξαμενή στάθμης ή την αντλία βενζίνης, τον εξαεριωτή και το κενό του εμβόλου. Σε βενζινομηχανές με μηχανική έγχυση ή με συνδυασμό εξαεριωτή και εγχυτήρα, όπως π.χ. στην περίπτωση του εξαεριωτή Bendix - Stromberg, πραγματοποιείται από την αντλία παροχής, την αντλία μηχανικής εγχύσεως και τον εγχυτήρα.

Σε πετρελαιομηχανές γίνεται με τη δεξαμενή στάθμης ή με αντλία παροχής, την αντλία μηχανικής εγχύσεως και τον εγχυτήρα. Στο όλο δίκτυο τροφοδοτήσεως παρεμβάλλονται σε κατάλληλα σημεία φίλτρα διηθήσεως του πετρελαίου.

83.4 Η εξαγωγή των καυσαερίων.

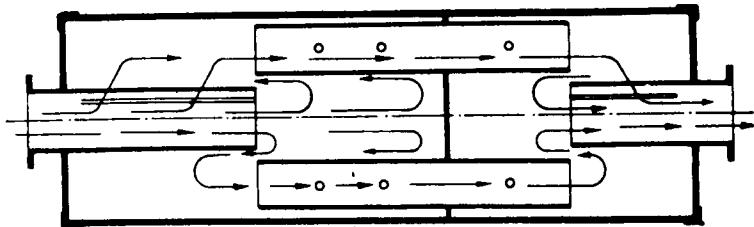
Τα αέρια της εξαγωγής κάθε κυλίνδρου οδηγούνται σε κοινό αγωγό εξαγωγής, εφοδιασμένο με σιγαστήρα, από όπου εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα.

Ο αγωγός και ο σιγαστήρας ψύχονται συνήθως με το νερό ψύξεως, το οποίο προηγουμένως έχει ψύξει την κύρια μηχανή.

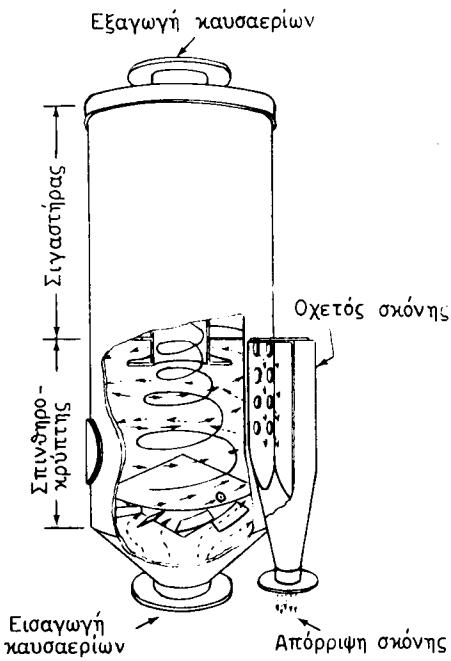
Οι σιγαστήρες είναι βασικά δύο ειδών, ξηρού και υγρού τύπου αντίστοιχα.

Οι ξηροί σιγαστήρες ψύχονται από το νερό, που κυκλοφορεί γύρω από αυτούς, χωρίς να αναμιγνύεται με τα καυσαέρια, ενώ στους υγρούς το νερό της ψύξεως ψεκάζεται μέσα στα καυσαέρια, εξατμίζεται και εξέρχεται μαζί με αυτά ως ατμός και υγρασία προς την ατμόσφαιρα.

Στο εσωτερικό των σιγαστήρων τοποθετούνται διαφράγματα, τα οποία υποχρεώνουν τα καυσαέρια να κάνουν πολλαπλές διαδρομές και έτσι να χάνουν ένα μέρος της κινητικής και ηχητικής ενέργειάς τους.



Σχ. 83.4α.



Σχ. 83.4β.

Στο σχήμα 83.4α παριστάνεται ένας σιγαστήρας ξηρού τύπου και στο σχήμα 83.4β ένας φυγοκεντρικός σιγαστήρας τύπου Vortex, ο οποίος εργάζεται ως **σπινθηροκρύπτης** και σιγαστήρας ταυτόχρονα. Διακρίνεται σ' αυτόν η εισαγωγή των καυσαερίων, η φυγοκέντρισή τους στην περιοχή της απορροφήσεως των σπινθήρων, η απόρριψη της σκόνης, η απορρόφηση της ηχητικής ενέργειας των καυσαερίων και η εξαγωγή τους προς την ατμόσφαιρα.

Τα καυσαέρια των Μ.Ε.Κ. χρησιμοποιούνται συχνά σε ορισμένες εγκαταστάσεις βοηθητικών λεβήτων για την παραγωγή θερμού νερού και ατμού βοηθητικών χρήσεων. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μια σοβαρή εκμετάλλευση των θερμίδων, που περιέχουν, όταν εξέρχονται στην ατμόσφαιρα με θερμοκρασία 350° - 450° C περίπου. (Βλ. Α' Τόμο, παράγ. 17.7, 17.8, 17.9).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 84

Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

Η λίπανση της μηχανής είναι μια αναγκαία λειτουργία για την ελάττωση της τριβής, που αναπτύσσεται μεταξύ των τριβομένων μερών της μηχανής.

Το όλο σύστημα της λιπάνσεως αποτελείται από τις **δεξαμενές** λαδιού, τις **αντλίες**, τα **φίλτρα**, το **ψυγείο** λαδιού και τις **σωληνώσεις**.

Η βάση της μηχανής χρησιμοποιείται κατά κανόνα και ως δεξαμενή λαδιού χρήσεως και ονομάζεται και **ελαιολεκάνη**.

Η λίπανση πραγματοποιείται ως εξής:

Η αντλία λαδιού της μηχανής, η οποία είναι συνήθως γραναζωτή, κινείται από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής στις πετρελαιομηχανές, και από τον εκκεντροφόρο στις βενζινομηχανές.

Αυτή αναρροφά λάδι μέσω ενός φίλτρου από την ελαιολεκάνη της μηχανής και το στέλνει, μέσα από ένα μηχανικό φίλτρο και ένα φίλτρο από βαμβάκι, στο ψυγείο του λαδιού με πίεση $2 - 2,5 \text{ kg/cm}^2$. Μετά από το ψυγείο του λαδιού το διανέμει με τις απαραίτητες σωληνώσεις από ένα γενικό καταθλιπτικό σωλήνα στα διάφορα μέρη της μηχανής. Έτσι το λάδι οδεύει πρώτα στους τριβείς των εδράνων. Αφού λιπάνει τα κουμπιά τους, εισέρχεται μέσα στο στροφαλοφόρο άξονα, ο οποίος είναι διάτρητος, και φθάνει στους τριβείς των ποδών των διωστήρων. Αφού λιπάνει και αυτούς, ανέρχεται μέσα από τους διωστήρες, οι οποίοι είναι και αυτοί διάτρητοι, και φθάνει στους πείρους των εμβόλων, τους οποίους και λιπαίνει, ενώ ταυτόχρονα μια μικρή ποσότητα λαδιού ξεφεύγει από τα άκρα των πείρων και λιπαίνει το εσωτερικό του κυλίνδρου. Μετά από τη λίπανση των πείρων το λάδι επιστρέφει στην ελαιολεκάνη θερμό.

'Άλλη διακλάδωση πάλι μετά από το ψυγείο λιπαίνει με τον ίδιο τρόπο τους τριβείς του εκκεντροφόρου άξονα και των

αγκωνωτών μοχλών των βαλβίδων και τους τριβείς των αξόνων των διαφόρων οδοντωτών τροχών. Τέλος συγκεντρώνεται και αυτή στην ελαιολεκάνη.

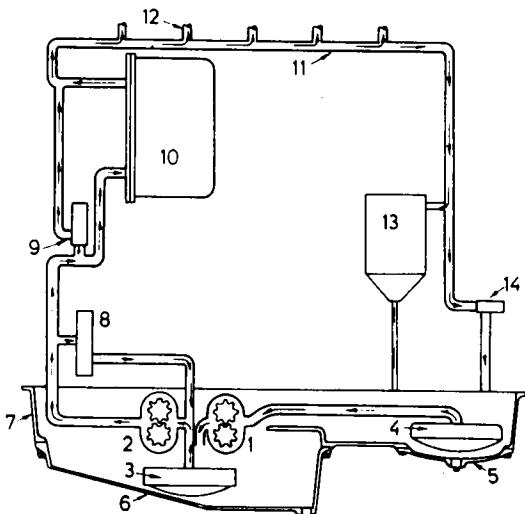
Το σύστημα λιπάνσεως εφοδιάζεται με μια βαλβίδα επιστροφής (μπάι-πας), με την οποία ρυθμίζομε κάθε φορά την πίεση του λαδιού.

Σε μεγάλες πετρελαιομηχανές είναι αναγκαία η εσωτερική λίπανση των κυλίνδρων. Αυτή πραγματοποιείται με ιδιαίτερη αντλία (λουμπρικέτα), η οποία καταθλίβει το λάδι στο μέσο ύψος περίπου και σε πολλά σημεία της περιφέρειας του κυλίνδρου με ειδικά ανεπίστροφα ακροφύσια.

Στις **δίχρονες βενζινομηχανές** ειδικότερα η λίπανση γίνεται με τον εξής ιδιαίτερο τρόπο: Αναμιγνύεται το λάδι μέσα στη βενζίνη σε αναλογία 1:16 έως 1:40 και όπως μέσα από το στροφαλοθάλαμο γίνεται η αναρρόφηση του μίγματος καυσίμου - αέρα, το οποίο όμως περιέχει και λάδι, πραγματοποιείται η λίπανση των διαφόρων μερών της μηχανής και του εσωτερικού του κυλίνδρου. Ήτσι οι μηχανές αυτές μαζί με τη βενζίνη καίνε συνεχώς και μια μικρή ποσότητα λαδιού.

Στις μηχανές, που δεν έχουν εσωτερική λίπανση, η λίπανση του κυλίνδρου γίνεται με τα πόδια των διωστήρων, που βαφτίζονται στο λάδι της ελαιολεκάνης και εξακοντίζουν σταγόνες λαδιού στην εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου.

Στο σχήμα 84α παριστάνεται διαγραμματικά το σύστημα



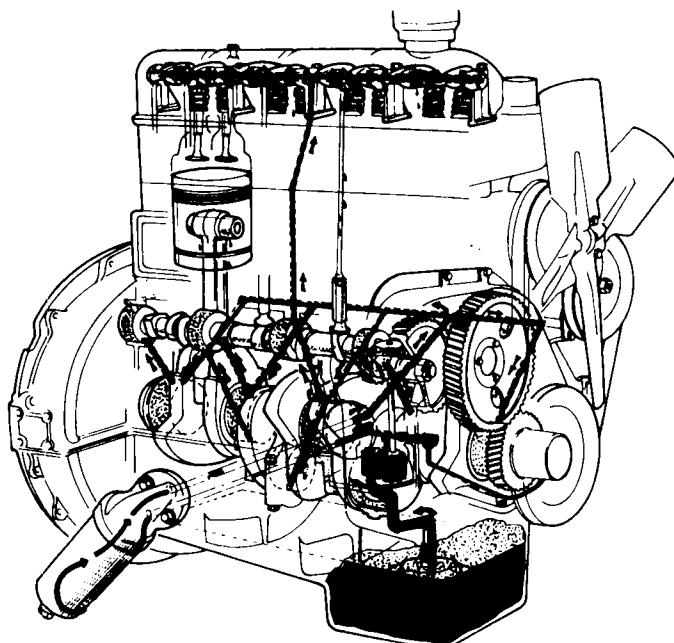
Σχ. 84α.

λιπάνσεως μιας μηχανής Diesel. Σ' αυτό είναι: 1) **Αναρροφητική ή επικουρική αντλία λαδιού**, η οποία το καταθλίβει στην αναρρόφηση της καταθλιπτικής αντλίας με πίεση. Η αναρροφητική αντλία δεν υπάρχει πάντοτε απαραίτητα, παρά σε μεγάλες μηχανές μόνο. 2) **Καταθλιπτική αντλία λαδιού**. 3) - 4) **Φίλτρα αναρροφήσεως**. Το (4) υπάρχει, όταν υπάρχει και η αναρροφητική αντλία. 5) **Πρόσθετο φρέστιο λαδιού** (και αυτό υπάρχει, όταν η μηχανή έχει και αναρροφητική αντλία). 6) **Φρέστιο λαδιού**. 7) **Ελαιολεκάνη**. 8) **Ασφαλιστική βαλβίδα** υπερπιέσεως (επιστροφής). 9) **Ρυθμιστική βαλβίδα** της ποσότητας του λαδιού, που διέρχεται από το ψυγείο. 10) **Ψυγείο λαδιού**. 11) Αγωγός λαδιού προς τη μηχανή. 12) **Σωληνικοί διανομής** του λαδιού. 13) **Φίλτρο λαδιού**. 14) Βαλβίδα ρυθμιστική της πιέσεως (μπάι - πας).

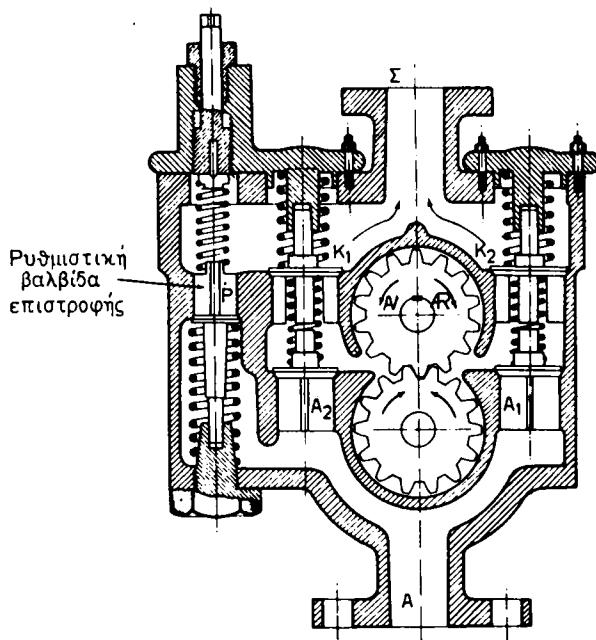
Ανάλογη προοπτική παράσταση ενός συστήματος λιπάνσεως μικρής μηχανής δίνει και το σχήμα 84β.

Το σχήμα 84γ παριστάνει μια γραναζωτή αντλία λιπάνσεως μηχανής Diesel, εφοδιασμένη με **ρυθμιστική βαλβίδα πέσεως**.

Διακρίνονται ο οχετός αναρροφήσεως (Α), ο καταθλιπτικός



Σχ. 84β.



Σχ. 84γ.

σωλήνας του λαδιού (Σ), η αναρροφητική βαλβίδα (A_1) με την αντίστοιχη καταθλιπτική (K_1) για τη μια φορά περιστροφής της μηχανής και αντίστοιχα οι (A_2) και (K_2) για την αντίστροφη. Επίσης η ρυθμιστική βαλβίδα (P), η οποία προφυλάσσει το δίκτυο από την υπερπίεση.

Τα βέλη περιστροφής με τις ενδείξεις AV και AR αντιστοιχούν στην περιστροφή πρόσω (Avant) και ανάποδα (Arriere) της αναστρεφόμενης αυτής μηχανής γαλλικής κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 85

Η ΨΥΞΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

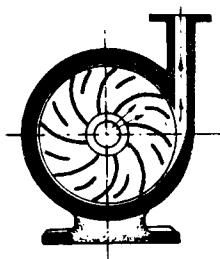
85.1 Γενικά.

Η ψύξη της μηχανής είναι απαραίτητη, για να διατηρήσει τα μέρη της σε χαμηλή θερμοκρασία και να προλάβει τυχόν καταστροφή τους από υπερθέρμανση.

Οι μηχανές εσωτερικής καύσεως είναι **αερόψυκτες** ή **υδρόψυκτες**. Οι αερόψυκτες μηχανές ψύχονται από ρεύμα αέρα και γι' αυτό το σώμα τους κατασκευάζεται πτερυγωτό, ώστε να παρουσιάζει μεγάλη επιφάνεια επαφής με το ρεύμα του αέρα. Αερόψυκτες μηχανές είναι συνήθως οι βενζινομηχανές μικρών αυτοκινήτων, μοτοσυκλετών και αεροπλάνων.

Οι περισσότερες βενζινομηχανές και πετρελαιομηχανές είναι υδρόψυκτες. Η ψύξη σ' αυτές γίνεται με νερό, που κυκλοφορεί με **φυσική** ή με **τεχνητή** κυκλοφορία.

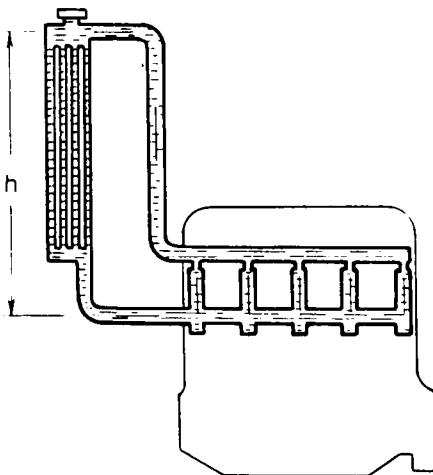
Οι αντλίες, που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του νερού ψύξεως, είναι φυγοκεντρικού τύπου (σχ. 85.1) ή γραναζωτές.



Σχ. 85.1.

85.2 Φυσική κυκλοφορία.

Στη φυσική κυκλοφορία (σχ. 85.2) υπάρχει συνήθως μια δεξαμενή νερού τοποθετημένη υψηλότερα από τη μηχανή. Το ψυχρό νερό κατέρχεται στη μηχανή, κυκλοφορεί μέσα στους θαλάμους ψύξεως της και την ψύχει, ενώ το ίδιο θερμαίνεται,



Σχ. 85.2.

γίνεται ελαφρότερο και γι' αυτό ανέρχεται προς τα πάνω και επιστρέφει στη δεξαμενή.

Η δεξαμενή νερού διαμορφωμένη σαν είδος ψυγείου ψύχεται από ένα ανεμιστήρα, ο οποίος κινείται από τον άξονα της μηχανής.

Με αυτόν τον τρόπο γίνεται μια συνεχής κυκλοφορία από τη δεξαμενή προς τη μηχανή και από τη μηχανή προς τη δεξαμενή.

Το σύστημα αυτό της φυσικής κυκλοφορίας ή, όπως αλλιώς λέγεται, ψύξη με θερμοσίφωνα χρησιμοποιείται μόνο σε βενζινομηχανές μικρών ιπποδυνάμεων.

85.3 Τεχνητή κυκλοφορία.

Στο σύστημα **τεχνητής** κυκλοφορίας υπάρχει πάντοτε η αντίλια κυκλοφορίας, η οποία κυκλοφορεί το νερό μέσα από τους θαλάμους ψύξεως της μηχανής, υπό πίεση.

Στην τεχνητή κυκλοφορία διακρίνομε δύο συστήματα ψύξεως:

α) Το **ανοικτό** σύστημα, στο οποίο το νερό ψύξεως κυκλοφορεί από τη μηχανή, την ψύχει και στη συνέχεια απορρίπτεται.

β) Το **κλειστό** σύστημα στο οποίο χρησιμοποιείται μόνιμα η ίδια ποσότητα νερού. Αυτή ψύχει τη μηχανή και αφού βγει από αυτή θερμό, οδηγείται σε ιδιαίτερο ψυγείο, όπου ψύχεται από άλλο ψυκτικό νερό, το οποίο και απορρίπτεται.

α) Ανοικτό σύστημα ψύξεως.

Στο ανοικτό σύστημα ψύξεως η μηχανή είναι εφοδιασμένη με αντλία κυκλοφορίας του νερού ψύξεως, η οποία αναρροφά νερό από θάλασσα, από λίμνη ή από φρέαρ (πηγάδι) και το καταθλίβει μέσα στο δίκτυο ψύξεως της μηχανής.

Το δίκτυο ψύξεως στην περίπτωση αυτή αποτελείται από έναν αγωγό, από τον οποίο διακλαδίζονται σωληνίσκοι. Αυτοί διακλαδίζονται στα ψυχόμενα μέρη της μηχανής, δηλαδή στους κυλίνδρους, στα πώματα και στο ψυγείο λαδιού. Το νερό που ψύχει εισέρχεται στο κάτω μέρος του περιχιτωνίου θαλάμου κάθε κυλίνδρου και εξέρχεται από το πάνω μέρος αυτού, στη συνέχεια δε εισέρχεται στο πώμα. Μετά από το πώμα εισέρχεται στον οχετό της εξαγωγής και το σιγαστήρα και από εκεί πια εκρέει και απορρίπτεται στη θάλασσα, ποταμό, λίμνη κ.λπ. από όπου προέρχεται.

Στο πιο πάνω σύστημα υπάρχει το μειονέκτημα ότι το νερό της κυκλοφορίας περιέχει **άλατα** και δημιουργεί εναποθέσεις στους χώρους ψύξεως, οι οποίες επειδή είναι δυσθερμαγωγές ελαττώνουν την ψύξη της μηχανής, και επίσης γίνονται πολλές φορές αφορμή ρηγμάτων στα πώματα και τους κυλίνδρους. Τα ρήγματα αυτά προκαλούνται και από τη χαμηλή θερμοκρασία εισόδου του νερού στη μηχανή λόγω μεγάλων τάσεων του υλικού εξ' αιτίας της απότομης διαστολής του.

β) Κλειστό σύστημα ψύξεως.

Στο **κλειστό** σύστημα χρησιμοποιείται μια δεξαμενή στάθμης ή **δεξαμενή διαστολής** ή **διακυμάνσεων**, όπως λέγεται, η οποία περιέχει **απεσταγμένο νερό**.

Η αντλία ψύξεως αναρροφά από τη δεξαμενή και καταθλίβει το απεσταγμένο νερό στα ψυχόμενα μέρη της μηχανής, αφού προηγουμένως το αναγκάσει να περάσει από το ψυγείο, όπου ψύχεται από θαλάσσιο, πηγαίο, λιμναίο κ.λπ. νερό.

Αφού το απεσταγμένο νερό του κλειστού κυκλώματος ψύξει τη μηχανή, επιστρέφει στη δεξαμενή διαστολής, η οποία χρησιμεύει για να συμπληρώνει και τις απώλειες του συστήματος των σωληνώσεων.

Το απεσταγμένο νερό της ψύξεως ψύχει και το λάδι, εάν αυτό δεν ψύχεται με άλλο φυσικό νερό, περνώντας μέσα από το ψυγείο λαδιού.

'Ετσι στο κλειστό σύστημα ψύξεως καθαρίζεται μόνο το ψυ-

γείο νερού ή και του λαδιού και αποφεύγεται ο καθαρισμός των χώρων ψύξεως της ίδιας της μηχανής.

Σε εγκαταστάσεις, όπου δεν υπάρχει θαλασσινό ή λιμναίο κ.λπ. νερό, το νερό ψύξεως ψύχεται ιδιαίτερα σε αερόψυκτους **υδατόπυργους** ψύξεως με **φυσικό ή τεχνητό ρεύμα αέρα** ή σε **τεχνητές δεξαμενές φυσικής ροής και αποψύξεως** (στέρνες), όπως αυτές που έχομε περιγράψει στις παραγράφους 62.2, 62.3 για τις εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων.

Το κλειστό κύκλωμα έχει και το πλεονέκτημα ότι, εκτός από την καθαρότητα του νερού ψύξεως, ρυθμίζεται σ' αυτό και η θερμοκρασία εισαγωγής του νερού, η οποία συνήθως διατηρείται γύρω στους 55° - 70° C. Η παροχή του νερού ρυθμίζεται τόση, ώστε το νερό να εξέρχεται από τη μηχανή θερμότερο κατά 20° C περίπου, δηλαδή με θερμοκρασία 75° - 90° C περίπου.

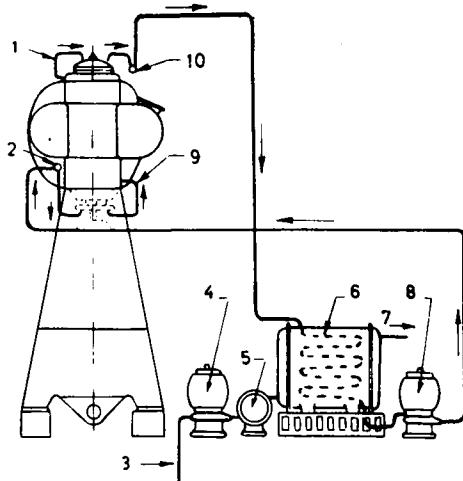
Χαμηλότερες θερμοκρασίες νερού δεν συνιστώνται, γιατί δεν εξασφαλίζουν ομαλές συνθήκες λειτουργίας της μηχανής, επειδή χαμηλές θερμοκρασίες των εσωτερικών τοιχωμάτων των κυλίνδρων της, γίνονται αφορμή οξειδώσεως αυτών.

Η θερμοκρασία εισαγωγής και εξαγωγής είναι δυνατόν να ρυθμίζεται και αυτόμata με ένα θερμοστάτη, ο οποίος κανονίζει το ποσοστό του νερού ψύξεως, που θα περάσει από το ψυγείο, ενώ ταυτόχρονα στέλνει το υπόλοιπο, όπως είναι θερμό, προς τη μηχανή. Εκεί, πριν εισέλθει στη μηχανή, αναμιγνύεται με το ψυχρό, που έρχεται από το ψυγείο.

Μέσα στη μηχανή το νερό κυκλοφορεί όπως και στο ανοικτό σύστημα, με τη διαφορά ότι καταλήγει πάλι στη δεξαμενή.

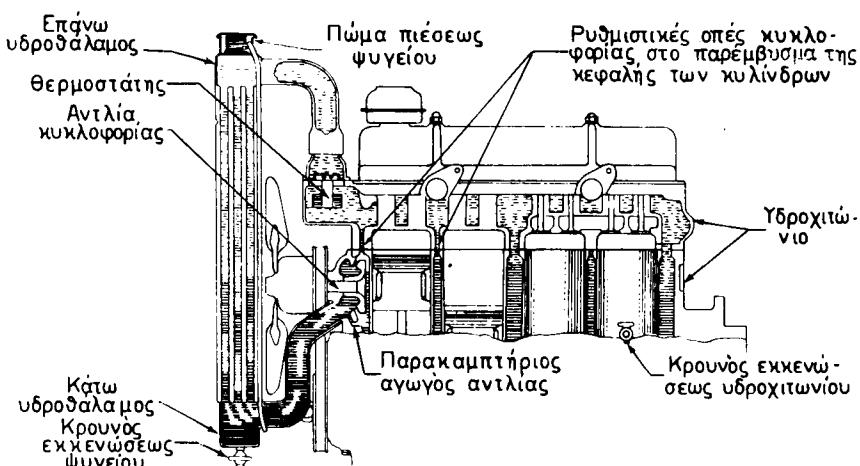
Στο σχήμα 85.3α παριστάνεται ένα τυπικό διάγραμμα ψύξεως με απεσταγμένο νερό σε κλειστό κύκλωμα για κινητήρα Diesel διπλής ενέργειας εγκαταστημένο σε πλοίο.

Για να ολοκληρώσουμε την περιγραφή του κλειστού συστήματος ψύξεως, πρέπει να περιγράψουμε και το σύστημα ψύξεως, που εφαρμόζεται στους κινητήρες Otto ή Diesel των αυτοκινήτων και των υπολοίπων μεταφορικών μέσων (ωτομοτρίς - τρακτέρ κ.λπ.), το οποίο παριστάνεται στο σχήμα 85.3β. Το θερμό νερό, που εξέρχεται από τη μηχανή, πηγαίνει στο αερόψυκτο ψυγείο, από το οποίο το αναρροφά ψυχρό πάλι η αντλία κυκλοφορίας και το στέλνει στη μηχανή. Κατά κανόνα δεν περνά μέσα από το ψυγείο όλο το νερό, που κυκλοφορεί η αντλία. 'Όταν δηλαδή το νερό φύγει θερμό από τη μηχανή διέρχεται από το θερμοστάτη, ο οποίος κρατά σταθερή τη θερμοκρασία του νε-



Σχ. 85.3α.

1) Σωλήνας συνδέσεως μεταξύ κυλίνδρου και πάνω πώματος. 2) Συλλέκτης καταθλίψεως απεσταγμένου. 3) Αναρρόφηση θαλάσσιου νερού. 4) Αντλία θαλάσσιου νερού. 5) Ψυγείο λαδιού. 6) Ψυγείο νερού. 7) Εξαγωγή θαλάσσιου νερού. 8) Αντλία γλυκού νερού (απεσταγμένου). 9) Σωλήνας συνδέσεως μεταξύ κυλίνδρου και κάτω πώματος αυτού. 10) Συλλέκτης εξαγωγής.



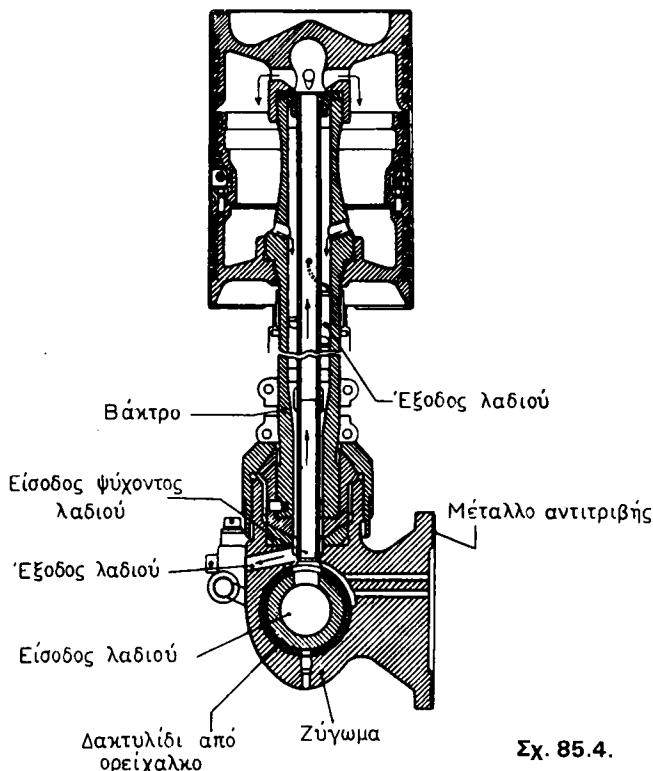
Σχ. 85.3β.

ρού, που φεύγει από τη μηχανή, ανοιγοκλείοντας ανάλογα με τη θερμοκρασία αυτή και αφήνοντας με αυτόν τον τρόπο περισσότερο ή λιγότερο νερό να περάσει προς το ψυγείο.

Το ψυγείο ψύχεται με ρεύμα αέρα, που δημιουργεί ο ανεμιστήρας, ο οποίος κινείται από τον άξονα της μηχανής με ένα ιμάντα. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιείται και ειδική διπλή βαλβίδα υποπιέσεως - υπερπιέσεως στο κάλυμμα του ψυγείου. Ήτοι αποφεύγονται οι υπερπιέσεις μέσα στο ψυγείο, δηλαδή ο βρασμός του νερού ή και οι υποπιέσεις, δηλαδή η απότομη ψύξη, οι οποίες είναι δυνατό να προκαλέσουν την καταστροφή του ψυγείου.

85.4 Η ψύξη των εμβόλων των πετρελαιομηχανών.

Στις μεγάλες μηχανές και ειδικότερα τις δίχρονες, που εργάζονται σε ψηλότερες θερμοκρασίες, είναι απαραίτητη η ψύξη



Σχ. 85.4.

των εμβόλων, η οποία παλαιότερα γινότανε με απεσταγμένο νερό, ενώ σήμερα με λάδι. Γι' αυτό στην εσωτερική κοιλότητα του εμβόλου σχηματίζεται ένας θάλαμος ψύξεως. Το λάδι εισέρχεται στο θάλαμο αυτό από στεγανό σύστημα αρθρωτών σωλήνων, ώστε να είναι δυνατή η κίνησή τους χωρίς εμπόδια μαζί με το κινούμενο έμβολο και εξέρχεται από άλλο σημείο του θαλάμου του εμβόλου μέσω ίδιου συστήματος σωλήνων ή χύνεται στην ελαιολεκάνη.

Σε άλλο σύστημα αυτό το ίδιο το λάδι της λιπάνσεως των τριβέων, αφού λιπάνει και τον πείρο, εισέρχεται στο θάλαμο ψύξεως του εμβόλου και πραγματοποιεί με ανάλογο τρόπο την ψύξη του εμβόλου (σχ. 85.4).

85.5 Οι απώλειες εξ' αιτίας της ψύξεως της μηχανής.

Αυτές αντιπροσωπεύουν το ποσό των θερμίδων, οι οποίες με την ψύξη αφαιρούνται από τη χορηγούμενη στη μηχανή θερμότητα και ανέρχονται σε ποσοστό αυτής 20-25% περίπου, υπολογίζοντάς το με βάση τη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 86

Η ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ Η ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

86.1 Γενικά.

Για να εκκινήσει (ξεκινήσει) μια μηχανή, πρέπει να στραφεί ο στροφαλοφόρος άξονας από εξωτερική δύναμη, ώστε μέσα στους κυλίνδρους να πραγματοποιηθεί αναρρόφηση και συμπίεση και να γίνουν οι πρώτες αναφλέξεις του καυσίμου.

Κατά το ξεκίνημα η μηχανή είναι ακόμη ψυχρή και γι' αυτό πρέπει ο άξονάς της να στραφεί λίγες στροφές, ώστε να απαπτυχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο.

Η ισχύς, που χρειάζεται για την εκκίνηση της μηχανής, είναι περίπου 10 έως 20% της μέγιστης ισχύος. Σε μεγάλες όμως μηχανές η ισχύς αυτή περιορίζεται σε 4 έως 6% περίπου.

Για να διευκολυνθεί η εκκίνηση της μηχανής, ιδίως σε μεγάλης ιπποδυνάμεως μηχανές ή και σε μικρές, όταν ο καιρός είναι πολύ ψυχρός, εφαρμόζονται διάφοροι τρόποι προθερμάνσεως, τους οποίους και θα εξετάσομε πιο κάτω.

86.2 Η προθέρμανση της μηχανής.

Η προθέρμανση έχει σκοπό να θερμάνει με ομαλό τρόπο τα μέρη της μηχανής, ώστε να διασταλούν σιγά, σιγά και όχι απότομα για να μην προκληθούν διάφορες ανωμαλίες λόγω αποτόμων και ισχυρών διαστολών του υλικού τους.

Οι τρόποι προθερμάνσεως, που χρησιμοποιούνται στις μικρές πετρελαιομηχανές, είναι οι εξής:

α) **Με ηλεκτρικούς θερμαντήρες:** Αυτοί αποτελούνται από σπείρες, που τροφοδοτούνται με ρεύμα από τους συσσωρευτές της μηχανής. Τοποθετούνται στον αγωγό αναρροφήσεως αέρα της μηχανής και θερμαίνουν τον αέρα, καθώς ο τελευταίος αναρροφάται από τους κυλίνδρους.

β) **Με ηλεκτρικούς σπνωθριστές** (μπουζί): Αυτοί τροφοδοτούνται από τους συσσωρευτές της μηχανής με ηλεκτρικό

ρεύμα και τοποθετούνται στον οχετό αναρροφήσεως της μηχανής. Προκαλούν την ανάφλεξη μικρής ποσότητας πετρελαίου, η οποία εγχέεται στον οχετό και καταθλίβεται με τη βοήθεια μικρής χειροκίνητης αντλίας. Έτσι στον κύλινδρο αρχικά θα εισέλθουν θερμά καυσαέρια, τα οποία και συντελούν στη βαθμιαία θέρμανσή του.

γ) **Με φυσίγγιο αναφλέξεως:** Αυτό αποτελείται από ειδικό χαρτί εμποτισμένο με νίτρο, τοποθετείται δε στο άκρο ενός πείρου, ο οποίος στρεώνεται με στεγανό τρόπο στο πώμα του κυλίνδρου και ανάβεται. Το άκρο του πείρου προβάλλεται στο χώρο της καύσεως, ώστε να θερμάνει τον αέρα και να διευκολύνει το άναμμα του πετρελαίου, που εγχέει ο καυστήρας.

Οι τρόποι εξ άλλου προθερμάνσεως των μεγαλυτέρων πετρελαιομηχανών είναι:

α) **Με την άφορτη λειτουργία** της μηχανής. Κατά τη μέθοδο αυτή εκκινούμε τη μηχανή και την αφήνομε να εργαστεί άφορτη (στο ρελαντί) για μισή ώρα. Η μηχανή έτσι προθερμαίνεται και είναι έτοιμη να αναλάβει φορτίο.

β) **Με κυκλοφορία θερμού λαδιού** μέσα από τη μηχανή: Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερος προθερμαντήρας λαδιού, ο οποίος με ηλεκτρική αντίσταση ή με ατμό, αν υπάρχει σχετική εγκατάσταση, θερμάνει το λάδι της μηχανής. Το θερμό λάδι κυκλοφορείται με χειραντλία ή ηλεκτραντλία μέσα από τα λιπαινόμενα μέρη της μηχανής. Έτσι η μηχανή θερμαίνεται και είναι, μετά 2 ώρες περίπου, έτοιμη να αναλάβει φορτίο.

γ) **Με κυκλοφορία θερμού νερού:** Κατά τη μέθοδο αυτή θερμαίνομε το νερό κυκλοφορίας ψύξεως μέσα στη δεξαμενή διαστολών. Η θέρμανση αυτή γίνεται με ηλεκτρική αντίσταση ή με ατμό, εάν διαθέτει η εγκατάσταση. Γι' αυτό μέσα στη δεξαμενή διαστολών υπάρχει σπειροειδής σωλήνας, στο εσωτερικό του οποίου διαβιβάζεται ατμός, ο οποίος θερμαίνει το νερό στους 50° - 60°C περίπου. Το θερμό νερό κυκλοφορείται με την αντλία κυκλοφορίας (αν αυτή είναι ανεξάρτητη) ή με άλλη ιδιαίτερη αντλία, μέσα από τους περιχιτώνιους θαλάμους και τους θαλάμους ψύξεως των πωμάτων για 4 περίπου ώρες. Παράλληλα κυκλοφορείται θερμό λάδι από τις αρθρώσεις και τα άλλα λιπαινόμενα μέρη της μηχανής, όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Έτσι η μηχανή προθερμαίνεται αρκετά οπότε διακόπτεται η προθέρμανση και μπαίνει σε λειτουργία.

Σε ορισμένες περιπτώσεις ιδίως πλοίων, τα οποία λόγω περιοδικών δρομολογίων είναι υποχρεωμένα να διατηρούν τη μη-

χανή τους θερμή και έτοιμη να εκκινήσει, επιτυγχάνεται αυτό με συνεχή κυκλοφορία του νερού ψύξεως των πετρελαιομηχανών φωτισμού του πλοίου, καθώς αυτό εξέρχεται από αυτές θερμό, μέσα από το δίκτυο ψύξεως της κύριας μηχανής, η οποία έτσι βρίσκεται συνεχώς σε θερμή κατάσταση.

Για τις βενζινομηχανές δεν υπάρχει συνήθως σοβαρό πρόβλημα προθερμάνσεως. Πάντως σε ορισμένες περιπτώσεις ακολουθείται η μέθοδος προθερμάνσεως με ηλεκτρικούς προθερμαντήρες ή η μέθοδος με άφορτη λειτουργία για 5 λεπτά, για να καταστεί η μηχανή ικανή να αναλάβει φορτίο.

86.3 Η αρχική εκκίνηση της μηχανής.

Οι τρόποι, που χρησιμοποιούνται για την αρχική εκκίνηση της μηχανής είναι οι εξής:

α) **Με χειρομοχλό** (μανιβέλα): Η μέθοδος αφορά την αρχική περιστροφή της μηχανής με τη βοήθεια εξωτερικού **χειρομοχλού**, που μπορεί να αφαιρεθεί. Εφαρμόζεται σε πολύ μικρής ιπποδυνάμεως μηχανές, κυρίως βενζινομηχανές. Ανάλογη είναι η μέθοδος εκκίνησεως με μόνιμο **ποδομοχλό**, όπως στις μοτοσυκλέτες ή η μέθοδος περιστροφής του σφονδύλου με σχοινί, που εφαρμόζεται σε μικρές φορητές βενζιναντλίες και εξωλέμβιες βενζινομηχανές.

β) **Με ηλεκτροκινητήρα** (μίζα): Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε μηχανές μικρής και μεσαίας ιπποδυνάμεως και σε όλες σχεδόν τις βενζινομηχανές.

Στο σύστημα αυτό απαιτούνται ηλεκτρικοί **συσσωρευτές** για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία πρέπει να είναι αμέσως διαθέσιμη. Οι συσσωρευτές αυτοί είναι των 12, 16, 24, ή 32 Volt και των 100 έως 250 Αμπερωρίων. Χρειάζεται επίσης ο **ηλεκτροκινητήρας** (μίζα) συνεχούς ρεύματος, ο οποίος για μικρά χρονικά διαστήμα μπορεί να δίνει τη μέγιστη ισχύ του και να υπερφορτωθεί κατά 100%. Ο ηλεκτροκινητήρας συνδέεται με το στροφαλοφόρο άξονα μέσω οδοντωτού τροχού, όταν στρέφει τη μηχανή, αποσυνδέεται δε αυτόματα αμέσως μόλις η μηχανή αρχίσει να στρέφει μόνη της. Η σύνδεση ηλεκτροκινητήρα και στροφαλοφόρου άξονα πραγματοποιείται μέσω του σφονδύλου (βολάν) της μηχανής, ο οποίος έχει ανάλογη οδόντωση στη στεφάνη του.

γ) **Με πεπεσμένο αέρα:** Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται αεροσυμπιεστής ανεξάρτητος ή εξαρτημένος από την ίδια

τη μηχανή, ο οποίος γεμίζει, όταν λετουργεί, τις αεροφιάλες εκκινήσεως. 'Όταν πρόκειται να εκκινήσει η μηχανή, ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο με πίεση 15 - 30 kg/cm² μέσω βαλβίδας, η οποία λέγεται **βαλβίδα προκινήσεως**. Ο αέρας ωθεί το έμβολο και δίνει στην αρχή λίγες στροφές στη μηχανή, οπότε εισάγεται το καύσιμο και η μηχανή αρχίζει να στρέφει μόνη της.

Κάθε βαλβίδα εκκινήσεως ανοίγει από αντίστοιχο έκκεντρο, όταν το έμβολο του κυλίνδρου βρίσκεται στη διαδρομή της **εκπονώσεως**. Μόλις εκκινήσει η μηχανή, κρατιέται η παροχή του πεπιεσμένου αέρα.

Σε πολυκύλινδρες μηχανές οι μισοί συνήθως κύλινδροι είναι εφοδιασμένοι με βαλβίδες προκινήσεως.

Η χωρητικότητα των αεροφιαλών εκκινήσεως είναι τόση, ώστε ο εναποθηκευμένος σε αυτές αέρας να επαρκεί για 20 περίπου εκκινήσεις της μηχανής, χωρίς να υπάρχει ανάγκη να ξαναγεμίσουν από τον αεροσυμπιεστή.

Σε όλες τις περιπτώσεις, ιδιαίτερα δε στις βαριές μηχανές και μετά την εκκίνησή τους, πρέπει απαραίτητη η επιτάχυνση και η φόρτισή τους να γίνεται όσο το δυνατόν ομαλότερα και βαθμιαία, μέχρι να φθάσουν στο μέγιστο αριθμό στροφών και έτσι αναπτύξουν τη μέγιστη ιπποδύναμή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 87

Η ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

87.1 Γενικά.

Η αναστροφή ή αναπόδιση του τελικού άξονα της μηχανής, δηλαδή η αλλαγή φοράς της περιστροφής του, είναι απαραίτητη κυρίως στα μεταφορικά μέσα, που χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσεως και πραγματοποιείται με αυτούς τους δύο τρόπους:

α) **Με αναστροφέα** (ρεβέρσα): Στο σύστημα αυτό, που εφαρμόζεται σε μικρές και μεσαίου μεγέθους μηχανές, μεταξύ του στροφαλοφόρου άξονα και του άξονα της προεκτάσεως πάρεμβαλλεται ιδιαίτερο συγκρότημα, που καλείται **αναστροφέας** (ρεβέρσα). Ο χειρισμός του αναστροφέα γίνεται μηχανικά, με πεπιεσμένο αέρα ή με λάδι υπό πίεση.

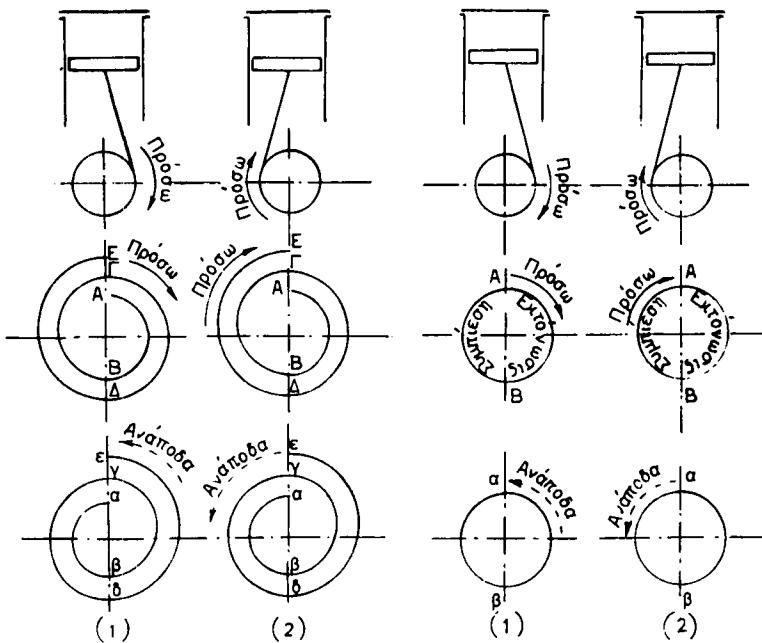
Κατά τη λειτουργία της η μηχανή στρέφει πάντοτε κατά την ίδια διεύθυνση, ο δε αναστροφέας ρυθμίζει την κίνηση του άξονα της προεκτάσεως κατά την αριστερόστροφη ή τη δεξιόστροφη φορά.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται και η αναστροφή της κινήσεως με τη βοήθεια του κιβωτίου ταχυτήτων, που έχουν τα αυτοκίνητα.

β) **Με μηχανισμό αναστροφής της ίδιας της μηχανής:** Στο σύστημα αυτό, που χρησιμοποιείται μόνο στις πετρελαιομηχανές, η ίδια η μηχανή αλλάζει φορά περιστροφής, η δε κίνηση, δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη, μεταδίδεται κατ' ευθείαν στον άξονα της προεκτάσεως. Η μηχανή στην περίπτωση αυτή λέγεται «αναστρεφόμενη» ή κοινώς «τουμπαριστή» ή «μπαταριστή».

87.2 Προϋπόθεση για την αναστροφή των αναστρεφομένων μηχανών.

Στο σχήμα 87.2a παριστάνεται ένας κύλινδρος τετράχρονης



Σχ. 87.2α.

Σχ. 87.2β.

πετρελαιομηχανής σε ένα σημείο του κύκλου λειτουργίας του κατά τη δεξιόστροφη κίνηση.

Το σημείο, όπου βρίσκεται το έμβολο στη θέση (1), είναι σημείο της **αναρροφήσεως** ή της **εκτονώσεως**. Για να δοθεί αριστερόστροφη κίνηση στη μηχανή από τη θέση αυτή, πρέπει η διαδρομή, στην οποία βρίσκεται το έμβολο της θέσεως (1), να γίνει διαδρομή **συμπέσεως** ή **εξαγωγής** αντίστοιχα.

Εάν το έμβολο βρίσκεται στη θέση (2), τότε κατά τη δεξιόστροφη κίνηση το σημείο αυτό είναι σημείο της συμπέσεως ή της εξαγωγής, κατά την αριστερόστροφη δε πρέπει η αντίστοιχη διαδρομή να γίνει διαδρομή της **αναρροφήσεως** ή της **εκτονώσεως**.

Στο σχήμα 87.2β παριστάνεται αντίστοιχα μια δίχρονη μηχανή. Στη θέση (1) το σημείο, όπου βρίσκεται το έμβολο, είναι σημείο της **εκτονώσεως** και, για να αναστραφεί η μηχανή, πρέπει να γίνει σημείο της **συμπέσεως**. Στη θέση (2) πάλι το σημείο, όπου βρίσκεται το έμβολο, είναι σημείο της **συμπέσεως** και πρέπει να γίνει σημείο της **εκτονώσεως**.

Από όλα αυτά αντιλαμβανόμαστε ότι, για να αναστραφεί η

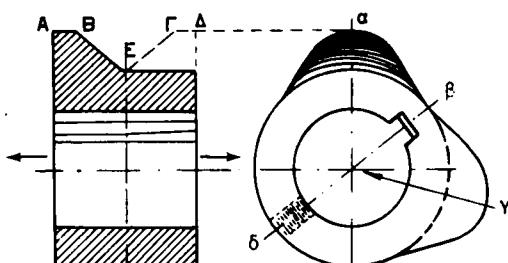
κίνηση της μηχανής, πρέπει να αλλάξουν τα σημεία, στα οποία ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες (αν υπάρχουν), καθώς και ο εγχυτήρας της μηχανής και ακόμη να εκκινήσει αυτή κατά την ανάστροφη φορά.

87.3 Συστήματα αναστροφής αναστρεφομένων μηχανών.

Η αλλαγή των σημείων, όπου ανοίγουν και κλείνουν οι βαλβίδες και ο εγχυτήρας μιας αναστρεφόμενης μηχανής, πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Σε έναν από αυτούς υπάρχουν στον εκκεντροφόρο άξονα αντί για μια-δύο σειρές εκκέντρων, μια για το «πρόσω» και μια για το «ανάποδα». Ανάλογα με τη φορά περιστροφής που επιθυμούμε, βάζομε σε ενέργεια την αντίστοιχη σειρά εκκέντρων, τα οποία θα ενεργήσουν επάνω στα ωστήρια των βαλβίδων και της αντλίας καυσίμου, η οποία με τη σειρά της θα επιδράσει στον καυστήρα μέσω της υδραυλικής πιέσεως.

Στο σχήμα 87.3α παριστάνονται τα δύο έκκεντρα μιας βαλβίδας, ένα για την προς τα πρόσω κίνηση και ένα για την ανάποδα. Ανάλογα με το έκκεντρο, που θα φέρομε κάτω από τον τροχιλό του ωστηρίου της βαλβίδας, για να ενεργήσει σ' αυτήν, θα κινηθεί και η μηχανή μας πρόσω ή ανάποδα, αφού βέβαια δοθεί σ' αυτήν η σωστή αρχική εκκίνηση σύμφωνα με την επιθυμητή φορά περιστροφής με τον πεπιεσμένο αέρα εκκινήσεως. Και αυτό όμως επιτυγχάνεται ταυτόχρονα με δεύτερη σειράς εκκέντρων των βαλβίδων προκινήσεως.

Η μεταφορά του εκκεντροφόρου κατά μήκος της μηχανής γίνεται με **ιδιαίτερο υπρετικό μηχανισμό**. Οι επιφάνειες (AB) και ($\Gamma\Delta$) του εκκέντρου έρχονται σε επαφή με τους τροχίλους, ενώ οι επιφάνειες (BE) και (ΓE), που είναι κεκλιμένες, χρησιμεύουν ώστε αν κατά τη στιγμή που θα σταματήσει η μηχανή, ο τροχιλός βρεθεί μέσα στο τόξο ($\alpha \beta \gamma$), να κατέβει και να ανέβει



Σχ. 87.3α.

ομαλά από το ένα έκκεντρο στο άλλο, καθώς θα μετακινείται ο εκκεντροφόρος άξονας κατά μήκος της μηχανής. Εάν ο τρόχιλος βρεθεί στο τόξο (α δ γ), τότε η μετακίνηση του άξονα δεν παρουσιάζει καμιά δυσκολία.

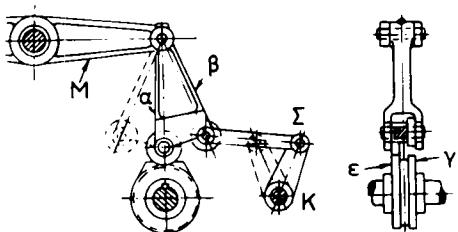
Στο σχήμα 87.3β παριστάνεται άλλος τρόπος αναστροφής με μετακίνηση των ωστηρίων. Με τη μέθοδο αυτή ο εκκεντροφόρος άξονας περιστρέφεται απλώς χωρίς να μετακινηθεί κατά μήκος, η δε κίνηση της μηχανής πρόσωπον ή ανάποδα επιτυγχάνεται με το μοχλό (α) ή (β). Το σημείο (Κ) είναι σταθερό υπομόχλιο, η δε βαλβίδα ανοιγοκλείνει με την κίνηση του μοχλού (Μ). Οι μοχλοί (α) και (β) δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, αλλά ο μεν (α) έρχεται σε επαφή με το ένα έκκεντρο (ε), ο δε (β) με το άλλο (γ).

Η μεταφορά των μοχλών γίνεται από την άρθρωση (Σ), η οποία κινείται από **ιδιαίτερο υπηρετικό μηχανισμό**, που περιστρέφει το μοχλό (Κ- Σ) κατά μια γωνία, ώστε να έρχεται στις δύο ακραίες θέσεις του για το πρόσωπο και για το ανάποδα.

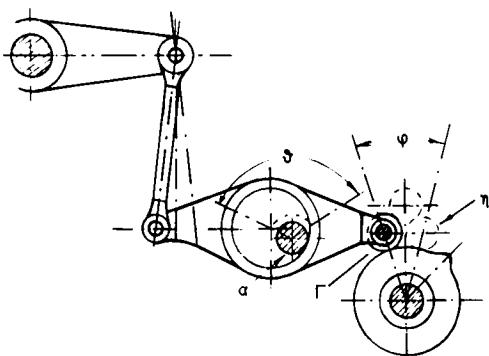
Τα συστήματα αναστροφής, που περιγράφησαν προηγουμένως, αφορούν κυρίως τετράχρονες μηχανές, αλλά εφαρμόζονται και σε δίχρονες. Στις τελευταίες όμως, επειδή το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων είναι σταθερό, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων (εάν υπάρχουν) και των εγχυτήρων μεταβάλλεται και με γωνιακή μόνο μετάθεση των ωστηρίων, συνήθως δε ο χειρισμός περιορίζεται στα έκκεντρα των αντλιών πετρελαίου.

'Ενα σύστημα αυτού του είδους παριστάνεται στο σχήμα 87.3γ, όπου υπάρχει ένα μόνο έκκεντρο και για το πρόσωπο και για το ανάποδα. Η μεταβολή των σημείων ανοίγματος και κλείσιματος γίνεται με την περιστροφή του εκκέντρου (α) κατά τη γωνία (θ), οπότε ο τρόχιλος (Γ) έρχεται στη θέση (η) για το ανάποδα.

Η περιστροφή του εκκέντρου (α) γίνεται και εδώ με **ιδιαίτερο υπηρετικό μηχανισμό**.



Σχ. 87.3β.



Σχ. 87.3γ.

87.4 Χειρισμός αναστροφής.

Η αναστροφή της μηχανής προϋποθέτει ότι η μηχανή λαμβάνει τη μια ή την άλλη κίνηση του «πρόσω» ή του «ανάποδα» από τη θέση «κράτει». Έτσι, αν η μηχανή στρέφεται κατά τη φορά του πρόσω, για να αναποδίσει, πρέπει πρώτα να σταματήσει: Γι' αυτό κλείνομε κατ' αρχήν την παροχή του πετρελαίου με τη βοήθεια του αντίστοιχου χειριστηρίου μοχλού, οπότε η μηχανή επιβραδύνεται, εξακολουθώντας να στρέφει λόγω της κεκτημένης ταχύτητάς της. Μόλις οι στροφές της ελαττώθουν αρκετά, ανοίγομε τον πεπιεσμένο αέρα για το ανάποδα και εκτελούμε το χειρισμό της αναποδίσεως, με τον οποίο θα ενεργοποιήσομε τα έκκεντρα του ανάποδα συμπεριλαμβανομένων και των έκκεντρων των βαλβίδων της προκινήσεως.

Με αυτό τον τρόπο ο πεπιεσμένος αέρας θα εισέλθει διαδοχικά σε όσους κυλίνδρους έχουν προκίνηση και πρώτα μεν θα σταματήσει προσδευτικά τη μηχανή, στη συνέχεια δε θα αναστρέψει τη φορά περιστροφής της.

Μόλις η μηχανή κινθεί ανάποδα από τον πεπιεσμένο αέρα, ανοίγομε την παροχή του πετρελαίου, οπότε η μηχανή συνεχίζει να κινείται ανάποδα, ενώ κλείνομε γρήγορα την παροχή του πεπιεσμένου αέρα. Με το χειριστήριο μοχλό δίνομε στη συνέχεια στη μηχανή μας την αναγκαία ποσότητα πετρελαίου, για να αναπτύξει την επιθυμητή ιπποδύναμη.

Οι αντίστροφοι χειρισμοί γίνονται, όταν θέλομε από την κίνηση στο «ανάποδα» να βάλομε τη μηχανή μας στην κίνηση του «πρόσω».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 88

ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

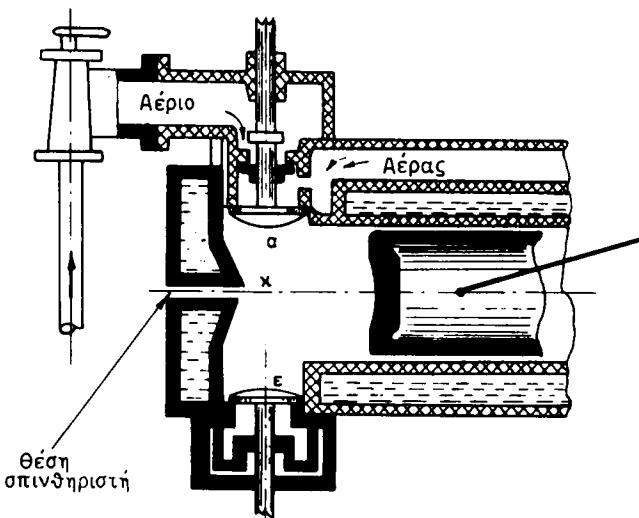
Οι αεριομηχανές, ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών Otto. Εργάζονται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι βενζινομηχανές και είναι τις περισσότερες φορές τετράχρονες, οριζόντιες και έχουν βασικά την ίδια περίπου κατασκευή και διάταξη με τις βενζινομηχανές.

Η βασική διαφορά τους από τις βενζινομηχανές είναι ότι, αντί να καίνε μίγμα βενζίνης - αέρα, καίνε μίγμα από καύσιμο αέριο και ατμοσφαιρικό αέρα.

Το καύσιμο αέριο των αεριομηχανών είναι διάφορης προελεύσεως, όπως π.χ. **αέριο υψηλαρίνων**, στις μεταλλουργικές βιομηχανίες, **φυσικό αέριο**, που εκλύεται σε πολλά μέρη της επιφάνειας της γης, ή αέριο, που παράγεται από ειδικές συσκευές, που ονομάζονται **αεριογόνα** κ.λπ. Αντί για εξαεριωτή στις αεριομηχανές χρησιμοποιείται μια βαλβίδα, η οποία λέγεται **βαλβίδα αναμίξεως**. 'Εργο αυτής είναι η ανάμιξη του αέρα και του καυσίμου αερίου, καθώς αυτά εισέρχονται μέσα στον κύλινδρο από διαφορετικό οχετό το καθένα. Η βαλβίδα αναμίξεως είναι και βαλβίδα εισαγωγής της αεριομηχανής.

Η βαλβίδα αυτή αποτελεί ουσιαστικό εξάρτημα της αεριομηχανής. Πρέπει δηλαδή και να επιτρέπει την είσοδο στον κύλινδρο και ταυτόχρονα την ανάμιξη του καυσίμου αερίου και του αέρα στην πρέπουστα αναλογία. 'Ετσι εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα της καύσεως, και παρεμποδίζεται η εισχώρηση του αέρα στη σωλήνωση του αερίου γιατί σε αντίθετη περίπτωση, θα δημιουργηθεί κίνδυνος εκρήξεως.

Η πρώτη από τις δύο αυτές προϋποθέσεις εξασφαλίζεται με κατάλληλη εκλογή των διατομών του αέρα και του αερίου και με την κατάλληλη ρύθμιση της πιέσεως, με την οποία παρέχονται προς τη μηχανή. Η δεύτερη με κατάλληλη διάταξη, ώστε να ανοίγει πρώτα η δίοδος του αέρα προς τον κύλινδρο και να ρυθμίζεται το ρεύμα ροής του αέρα προς αυτόν, στη συνέχεια δε η δίοδος του αερίου.



Σχ. 88α.

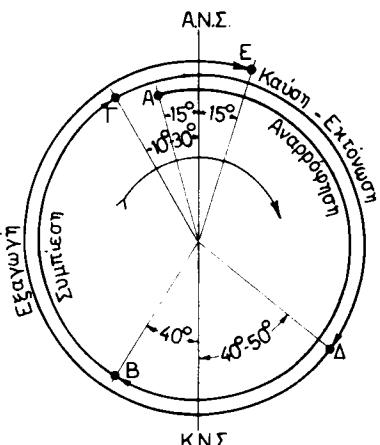
Το σχήμα 88α παριστάνει την κεφαλή του κυλίνδρου (κ) μιας αεριομηχανής, όπου διακρίνεται η βαλβίδα της αναμίξεως (α), η οποία είναι και βαλβίδα εισαγωγής του κυλίνδρου, και η βαλβίδα εξαγωγής (ε).

Παρατηρούμε ότι μόλις η βαλβίδα (α) κινηθεί προς τα κάτω, ανοίγει αμέσως τον αέρα και λίγο αργότερα το αέριο. Αντίστροφα, όταν η βαλβίδα κινηθεί προς τα πάνω, κλείνει πρώτα την είσοδο του αερίου και στη συνέχεια του ατμοσφαιρικού αέρα.

Και οι δύο βαλβίδες (α) και (ε) κινούνται από κατάλληλα έκκεντρα μέσω ωστηρίων, αγκωνωτών μοχλών κ.λπ.

Η βαλβίδα (α) αναμίξεως και εισαγωγής του μίγματος στον κύλινδρο ανοίγει 15° πριν από το Α.Ν.Σ. και κλείνει 40° περίπου μετά το Κ.Ν.Σ. Στον επόμενο χρόνο το μίγμα συμπιέζεται σε $15-20$ περίπου ατμόσφαιρες, οπότε σε $10^{\circ}-30^{\circ}$ πριν από το Α.Ν.Σ. δίνεται ο ηλεκτρικός σπινθήρας, όπως και στις βενζινομηχανές, γίνεται η καύση του μίγματος και αναπτύσσεται πίεση 30 περίπου ατμοσφαιρών ή και περισσότερο.

Ακολουθεί ο κινητήριος χρόνος, δηλαδή η εκτόνωση των αερίων, οπότε $40^{\circ}-50^{\circ}$ πριν από το Κ.Ν.Σ. ανοίγει η βαλβίδα της εξαγωγής (ε) και τα αέρια αρχίζουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα σε όλο τον επόμενο χρόνο της εξαγωγής, μέχρι να κλείσει η βαλβίδα της εξαγωγής, 15° περίπου μετά το Α.Ν.Σ.



Σχ. 88β.

Αυτή η ρύθμιση της αεριομηχανής παριστάνεται στο σπειρο-ειδές διάγραμμά της (σχ. 88β), όπου βλέπομε τις φάσεις λειτουργίας της ως εξής:

Τόξο (ΑΒ): **αναρρόφηση**.

Τόξο (ΒΓ): **συμπίεση**.

Τόξο (ΓΔ): **καύση - εκτόνωση**.

Τόξο (ΔΕ): **εξαγωγή**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 89

ΜΗΧΑΝΕΣ SEMI - DIESEL

89.1 Γενικά.

Οι μηχανές Semi - Diesel λειτουργούν με βάση το λεγόμενο σύστημα μικτής λειτουργίας Otto - Diesel. Χρησιμοποιούν ως καύσιμο, πετρέλαιο Diesel, και βαρύτερο από αυτό μερικές φορές.

Πειραματικά έχει εξακριβωθεί ότι σ' αυτές η καύση του πετρελαίου γίνεται κατά τα $4/_{10}$ περίπου με τρόπο που πλησιάζει την ισόγκη αλλαγή, κατά δε τα $6/_{10}$ με τρόπο που πλησιάζει την ισόθλιπτη.

Οι μηχανές Semi - Diesel απορροφούν πάντοτε καθαρό αέρα κατά το σύστημα των μηχανών Diesel και το συμπιέζουν κατά μέσο όρο σε πίεση 16 έως 20 kg/cm², στην οποία αντιστοιχεί θερμοκρασία 350°C περίπου. Η θερμοκρασία αυτή όμως δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει την ανάφλεξη του πετρελαίου, όπως γίνεται στις μηχανές Diesel, όπου η μεν πίεση φθάνει το λιγότερο τα 35 kg/cm², η δε θερμοκρασία τους 600°C περίπου. Γι' αυτό το λόγο η ανάφλεξη πραγματοποιείται κατά το σύστημα Otto με εξωτερική βοήθεια, δηλαδή με την **πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή**.

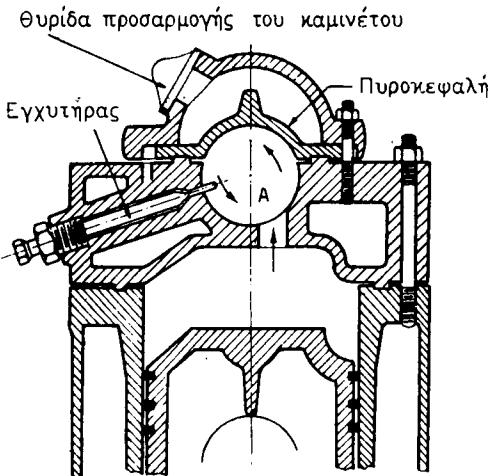
Οι μηχανές αυτές σπάνια χρησιμοποιούνται σήμερα.

89.2 Μηχανή με πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή.

Η πυροκεφαλή (σχ. 89.2) είναι ειδικό πρόσθετο τμήμα, το οποίο τοποθετείται στο πώμα του κυλίνδρου.

'Όταν η μηχανή πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία, θερμαίνομε την πυροκεφαλή με ένα «καμινέτο», μέχρι να ερυθροπυρωθεί.

Ο εγχυτήρας του πετρελαίου είναι τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκτοξεύει το πετρέλαιο επάνω στην πυροκεφαλή. 'Έτσι, όταν η πυρόσφαιρα πυρακτωθεί και η μηχανή στραφεί απότομα με αρκετή ταχύτητα, ώστε να κάνει καλή



Σχ. 89.2.

συμπίεση, το καύσιμο, που εκτοξεύεται από τον καυστήρα, αναφλέγεται και η μηχανή ξεκινά.

'Όταν πια η μηχανή εκκινήσει και αρχίσει να λειτουργεί, τότε η θερμοκρασία της πυρόσφαιρας διατηρείται υψηλή λόγω των διαδοχικών καύσεων και δεν υπάρχει πια ανάγκη «καμινέτου», το οποίο και αφαιρείται.

Στα υπόλοιπα μέρη της η μηχανή έχει τα ίδια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και την ίδια διάταξη με τις γνωστές μας πετρελαιομηχανές Diesel.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 90

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

90.1 Οι απώλειες και οι βαθμοί αποδόσεως.

Απόδοση ή **βαθμός αποδόσεως** μιας Μ.Ε.Κ. ονομάζεται ο λόγος της ενέργειας ή του έργου, που παραλαμβάνομε από αυτήν, προς την ενέργεια ή το έργο το οποίο της χορηγούμε. Το πρώτο είναι πάντοτε μικρότερο από το έργο που δίνομε και αυτό οφείλεται στις διάφορες απώλειες της μηχανής, οι οποίες είναι οι εξής:

α) Απώλειες λόγω καυσαέριων.

Αυτές αντιπροσωπεύουν τη θερμότητα, που απάγεται προς την ατμόσφαιρα από τα καυσαέρια, τα οποία εξέρχονται από τη μηχανή με θερμοκρασία 350° - 450° C περίπου, και κυμαίνονται:

Για κινητήρες Diesel σε 30% περίπου.

Για κινητήρες Otto σε 35% περίπου.

Οι απώλειες των τετραχρόνων κινητήρων είναι μικρότερες από τις απώλειες των διχρόνων.

β) Απώλειες λόγω ψύξεως.

Αντιπροσωπεύουν τη θερμότητα, την οποία απάγει το ψυκτικό νερό, που εγκαταλείπει τη μηχανή με θερμοκρασία 80° - 90° C περίπου και κυμαίνονται:

Για κινητήρες Diesel και Otto σε 20-25% περίπου.

Οι απώλειες τετραχρόνων κινητήρων είναι επίσης μικρότερες από αυτές των διχρόνων.

γ) Απώλειες λόγω ακτινοβολίας.

Οφείλονται στην ακτινοβολία της μηχανής προς το περιβάλλον και κυμαίνονται:

Για κινητήρες Diesel σε 5% περίπου.

Για κινητήρες Otto σε 10% περίπου, και είναι επίσης στους τετράχρονους κινητήρες λίγο μικρότερες.

δ). Απώλειες λόγω τριβών και κινήσεως των βοηθητικών μηχανημάτων.

Οφείλονται στις τριβές του μηχανισμού και στο έργο, που απορροφάται για την κίνηση των βοηθητικών μηχανημάτων και κυμαίνονται:

Για τετράχρονους κινητήρες Otto ή Diesel σε 3-4% περίπου.

Για δίχρονους κινητήρες Otto ή Diesel σε 4-6% περίπου.

Τα ποσοστά για κάθε μια απώλεια μετρώνται με βάση τη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου, που χρησιμοποιούμε στη μηχανή μας.

Οι απώλειες αυτές χαρακτηρίζουν και τους διάφορους βαθμούς αποδόσεως των Μ.Ε.Κ.

'Ετσι διακρίνομε πρώτα τον **ενδεικτικό βαθμό αποδόσεως η_δ**. Αυτός παριστάνεται με λόγο του έργου, που λαμβάνομε από τον κύλινδρο επάνω στο έμβολο (λέγεται και **εσωτερικό** ή **ενδεικτικό** έργο), προς το έργο, που χορηγούμε εμείς, με τις θερμίδες, που περιέχει το καύσιμο. Ο βαθμός αυτός είναι προφανώς μικρότερος από τη μονάδα. Η διαφορά του οφείλεται στις απώλειες λόγω καυσαερίων, ψύξεως και ακτινοβολίας.

Στη συνέχεια έχομε το **μηχανικό βαθμό αποδόσεως η_μ** ο οποίος παριστάνεται με το λόγο του έργου, που παίρνομε στον άξονα της μηχανής, προς το έργο, που δίνει ο κύλινδρος (δηλαδή προς το εσωτερικό ή ενδεικτικό έργο, που αναφέραμε προηγουμένως). Και αυτός επίσης είναι μικρότερος από τη μονάδα, η δε διαφορά του από αυτή οφείλεται στο έργο, που χάνεται λόγω τριβών και λόγω της κινήσεως των βοηθητικών μηχανημάτων, αντλίας πετρελαίου, αντλίας ψύξεως, αντλίας λιπάνσεως, αντλίας αποπλύσεως, ρυθμιστή στροφών κ.λπ.

Τέλος έχομε τον **πραγματικό ή αφέλιμο βαθμό αποδόσεως η_π**, ο οποίος παριστάνεται με το λόγο του έργου, που λαμβάνομε στον άξονα της μηχανής, προς την ενέργεια, που αντιπροσωπεύουν οι θερμίδες του χορηγούμενου καυσίμου. Αυτός καλείται και **συνολικός βαθμός αποδόσεως**, προκύπτει δε ως γινόμενο των δύο άλλων:

$$\eta_{\pi} = \eta_{\delta} \times \eta_{\mu}.$$

Στους υπολογισμούς, οι οποίοι γίνονται για τους βαθμούς

αποδόσεως, πρέπει **τα διάφορα ποσά να μετρώνται με ομοειδείς μονάδες**, δηλαδή ή όλα με μονάδες έργου ή όλα με μονάδες θερμότητας. Η μετατροπή μεταξύ αυτών είναι εύκολη από τις γνωστές σχέσεις:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 427 \text{ kgm} \text{ και } 1 \text{ kgm} = 1/427 \text{ kcal} \\ \text{και} \quad 1 \text{ B.T.U.} &= 778 \text{ ft.lb} \text{ και } 1 \text{ ft.lb} = 1/778 \text{ B.T.U.} \end{aligned}$$

Στον πιο κάτω Πίνακα δίνονται συγκριτικά οι βαθμοί αποδόσεως των διαφόρων τύπων Μ.Ε.Κ.

Τύπος Μηχανής	$\eta_{\delta}\%$	$\eta_{\mu}\%$	$\eta_{\pi}\%$
2χρονος Diesel	35-45	88	30-42
4χρονος Diesel με υψηλή υπερπλήρωση	35-50	90-93	32-45
Semi Diesel	27-33	75	20-25
Βενζινομηχανές	25-37	80	20-30
Αεριομηχανές	26-38	85	22-32

90.2 Μέθοδοι αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως.

Για να αυξήσουμε την απόδοση των μηχανών, προσπαθούμε να ελαττώσουμε τις αντίστοιχες απώλειες, ως εξής:

α) Με καλή ψέκαση του πετρελαίου και χορηγία της ακριβής όσο το δυνατόν ποσότητας του αναγκαίου καυσιγόνου αέρα, ώστε η καύση να γίνεται τέλεια μέσα στον κύλινδρο και να μην απάγονται καύσιμα συστατικά μαζί με τα καυσαέρια προς την ατμόσφαιρα.

β) Χρησιμοποιούμε επωφελώς την ενέργεια ή θερμότητα, που περιέχουν τα καυσαέρια, για άλλες επωφελείς χρήσεις στη μηχανή ή μέσα στην εγκατάσταση. Γι' αυτό σε μεγάλες μηχανές η κίνηση του στροβιλοσυμπιεστή της υπερπληρώσεως γίνεται με την ενέργεια των καυσαερίων, ενώ σε πολλές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται τα καυσαέρια σε βιοθητικούς λέβητες για παραγωγή ατμού.

Και για τις δύο αυτές μεθόδους έχουμε ήδη μιλήσει στα προηγούμενα.

γ) Χρησιμοποιούμε τη θερμότητα, που περιέχει το νερό της ψύξεως. Η μέθοδος αυτή όμως εφαρμόζεται λίγο λόγω των δυσκολιών, που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία και τη συντήρησή της. Χρησιμοποιείται σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις, όπως π.χ. στη λεγόμενη μηχανή Still, όπου το θερμό νερό

ψύξεως της Diesel χρησιμοποιείται ως τροφοδοτικό νερό ενός βοηθητικού λέβητα, ο οποίος παράγει ατμό από αυτό με τη βοήθεια των καυσαερίων. Ο ατιμός αυτός χρησιμοποιείται στην ίδια τη μηχανή στο κάτω μέρος του κυλίνδρου της που είναι διαμορφωμένος σαν κύλινδρο ατμομηχανής. Έτσι έχομε κέρδος από τη χρησιμοποίηση της θερμότητας των καυσαερίων και του νερού ψύξεως της Diesel.

90.3 Ειδική κατανάλωση των Μ.Ε.Κ.

Ονομάζεται ειδική κατανάλωση (b_e) της M.E.K. σε καύσιμο, το ποσόν του καυσίμου σε γραμμάρια, που καταναλίσκει η μηχανή σε μια ώρα, για να αποδώσει πραγματική ισχύ 1 PS. Η κατανάλωση αυτή προσδιορίζεται συνήθως στην πράξη ως «κατανάλωση της μηχανής σε γραμμάρια ανά ίππο και ώρα» ή σε «γραμμάρια ανά ωριαίο ίππο» και παριστάνεται με το σύμβολο (b_e).

Οι ειδικές καταναλώσεις των M.E.K. κυμαίνονται στα πιο κάτω όρια:

Για δίχρονες Diesel 180-220 gr/PS.h.

Για τετράχρονες Diesel 160-200 gr/PS.h.

Για τετράχρονες Diesel με υψηλή υπερπλήρωση φθάνουν μέχρι 140 gr/PS.h.

Για βενζινομηχανές συνηθισμένες 235- 250 gr/PS.h.

Για βενζινομηχανές με καύση βενζίνης υψηλού αριθμού οκτανίων φθάνουν μέχρι 215 - 220 gr/PS.h.

Από τη Θερμοδυναμική γνωρίζομε ότι:

1 ωριαίος ίππος PS·h = 75 kgm/sec x 3.600 sec

$$\text{ή } 1 \text{ PS.h} = 270.000 \text{ kgm} \text{ ή } 1 \text{ PS.h} = \frac{270.000}{427} \text{ kcal,}$$

άρα $1 \text{ PS.h} = 632 \text{ kcal}$.

Για την παραγωγή 1 ωριαίου ίππου, δηλαδή 632 kcal, χρησιμοποιούμε έστω (b_e) γραμμάρια καυσίμου θερμαντικής ικανότητας (H) σε kcal/kg ή $\frac{H}{1.000}$ σε kcal/gr.

Εάν δε έχομε (η_{π}) τον πραγματικό βαθμό αποδόσεως της μηχανής, έπειται ότι το γινόμενο $\eta_{\pi} \cdot b_e \cdot \frac{H}{1.000}$ θα ισούται με

τον 1 ωριαίο ίππο, που λαμβάνομε στον άξονα της μηχανής, ώστε να έχομε ότι:

$$\eta_{\pi} \cdot b_e \cdot \frac{H}{1.000} = 632,$$

όπου (b_e) η **ειδική κατανάλωση** σε γραμμάρια ανά ωριαίο ίππο gr/PS·h και (H) η θερμαντική ικανότητα του καυσίμου σε **θερμίδες ανά χιλιόγραμμα** kcal/kg.

Από την προηγούμενη σχέση, λαμβάνομε ότι:

$$\eta_{\pi} = \frac{632 \times 1.000}{b_e \cdot H} \quad (1)$$

και $b_e = \frac{632 \times 1.000}{\eta_{\pi} \cdot H} \quad (2)$

Περαιτέρω ονομάζεται **συνολική ωριαία κατανάλωση** (b_h) της μηχανής σε καύσιμο το γινόμενο της πραγματικής ιπποδυνάμεως αυτής (N_{π}) επί την ειδική κατανάλωση, δηλαδή:

$$b_h = b_e \cdot N_{\pi} \text{ σε γραμμάρια (gr)}$$

και $b_h = \frac{b_e \cdot N_{\pi}}{1.000} \text{ σε χιλιόγραμμα,} \quad (3)$

άρα $N_{\pi} = \frac{1.000 \cdot b_h}{b_e}$

ή $N_{\pi} = \frac{1.000 \cdot b_h}{\frac{632 \times 1.000}{\eta_{\pi} \cdot H}}$

ή τέλος $N_{\pi} = \frac{b_h \cdot \eta_{\pi} \cdot H}{632} \text{ σε PS.} \quad (4)$

Από αυτό βρίσκομε την πραγματική ιπποδύναμη της μηχανής, εάν γνωρίζομε τη συνολική ωριαία κατανάλωσή της σε kg,

τον πραγματικό βαθμό αποδόσεώς της και τη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου σε kcal/kg.

90.4 Εφαρμογές σχετικά με το βαθμό αποδόσεως και την ειδική κατανάλωση.

α) Αν γνωρίζομε ότι η ειδική κατανάλωση καυσίμου μιας μηχανής, η οποία καίει πετρέλαιο θερμαντικής ικανότητας $H = 10.000 \text{ kcal/kg}$, είναι $b_e = 200 \text{ gr/PS} \cdot \text{h}$, βρίσκομε αμέσως ότι ο βαθμός αποδόσεως αυτής θα είναι:

$$\eta_{\pi} = \frac{632 \times 1.000}{b_e \cdot H},$$

άρα $\eta_{\pi} = \frac{632 \times 1.000}{200 \times 10.000} = 0,316,$

δηλαδή $\eta_{\pi} = 31,6\%.$

β) Εάν πάλι γνωρίζομε το βαθμό αποδόσεως μιας μηχανής, ίσον προς $\eta_{\pi} = 40\%$ και γνωρίζομε επίσης ότι χρησιμοποιούμε στη μηχανή αυτή πετρέλαιο Diesel θερμαντικής ικανότητος $H = 10.000 \text{ kcal/kg}$, βρίσκομε ότι η ειδική κατανάλωση αυτής της μηχανής σε γραμμάρια ανά πραγματικό ίππο και ώρα θα είναι:

$$b_e = \frac{632 \times 1.000}{0,40 \times 10.000}$$

ή $b_e = 158 \text{ gr/PS} \cdot \text{h}.$

Και αν η μηχανή αυτή έχει ισχύ 500 PS, βρίσκομε ότι θα καταναλίσκει ωριαίως:

$$b_h = \frac{b_e \cdot N_{\pi}}{1.000} \text{ kg},$$

άρα $b_h = \frac{158 \times 500}{1.000} = 79 \text{ kg},$

δηλαδή θα καταναλίσκει ωριαίως 79 χιλιόγραμμα πετρελαίου Diesel θερμαντικής ικανότητας 10.000 kcal/kg.

γ) Εάν τώρα μια μηχανή Diesel καιεί συνολικά ανά ώρα 60 kg πετρελαίου θερμαντικής ικανότητας 10.000 kcal/kg, έχει δε γνωστό βαθμό αποδόσεως $\eta_{\pi} = 35\%$, βρίσκομε την πραγματική της ισχύ σε ίππους από τον τύπο:

$$N_{\pi} = \frac{b_h \cdot \eta_{\pi} \cdot H}{632}$$

$$\dot{\eta} \quad N_{\pi} = \frac{60 \times 0,35 \times 10.000}{632}$$

$$\dot{\eta} \quad N_{\pi} = 332 \text{ PS περίπου}$$

δ) Εάν τέλος μια βενζινομηχανή καιεί ωριαίως 9 kg βενζίνης θερμαντικής ικανότητας $H = 11.000 \text{ kcal/kg}$, έχει δε βαθμό αποδόσεως $\eta_{\pi} = 24\%$, θα έχει ιπποδύναμη:

$$N_{\pi} = \frac{9 \times 0,24 \times 11.000}{632},$$

$$\text{δηλαδή } N_{\pi} = 37,5 \text{ πραγματικούς ίππους PS.}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 91

Ο ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ 'Η ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ - ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΥΤΟΥ

91.1 Ο δυναμοδείκτης και η λήψη του διαγράμματος.

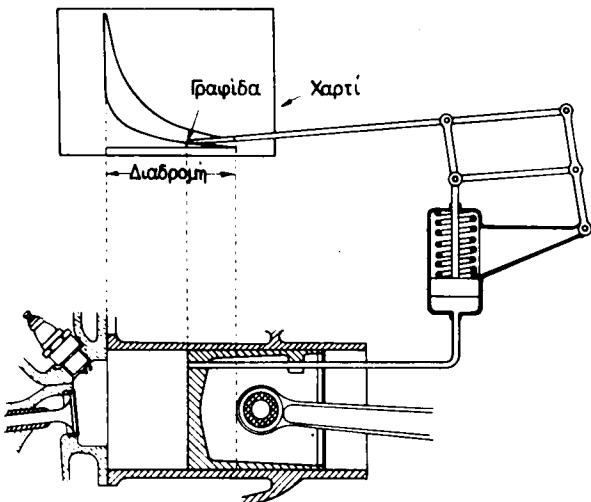
Ο **δυναμοδείκτης** είναι, όπως γνωρίζομε (Α' Τόμος, Κεφ. 34), το όργανο με το οποίο λαμβάνομε το **δυναμοδεικτικό ή ενδεικτικό διάγραμμα** του κυλίνδρου. Αυτό παριστάνει την πραγματική λειτουργία της μηχανής, για τη στιγμή κατά την οποία το χαράζει ο δυναμοδείκτης.

Η λειτουργία του δυναμοδείκτη βασίζεται στο συνδυασμό δύο κινήσεων: 1) Της παλινδρομικής του εμβόλου, η οποία στην πραγματικότητα παρέχεται με τη γωνιακή κίνηση μεταξύ δύο ακραίων ορίων του τυμπάνου του δυναμοδείκτη, όπου έχει τοποθετηθεί κατάλληλο χαρτί και 2) της παλινδρομικής κινήσεως μιας γραφίδας, της οποίας η μετακίνηση κατά το ύψος είναι ανάλογη με την πίεση που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο της μηχανής. Η σχέση της μετακίνησεως της γραφίδας με την πίεση του κυλίνδρου προκύπτει από το τέντωμα (ένταση) ενός ελατηρίου, που παρεμβάλλεται μεταξύ του κυλίνδρου και της γραφίδας.

Ο συνδυασμός των δύο αυτών κινήσεων μας δίνει μια κλειστή καμπύλη, δηλαδή το δυναμοδεικτικό διάγραμμα, το οποίο παίρνομε όταν πιέσομε με το χέρι τη γραφίδα επάνω στο χαρτί του τυμπάνου του δυναμοδείκτη.

Το σχήμα 91.1α παριστάνει συμβολικά τη μέθοδο λήψεως του δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Το χαρτί όπου θα χαραχθεί το διάγραμμα, μετακινείται συνεχώς από τη μια άκρη της διαδρομής στην άλλη. Στην πραγματικότητα τυλίγεται στο τύμπανο του δυναμοδείκτη, το οποίο εκτελεί γωνιακή ή εναλλασσόμενη περιστροφική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων ορίων. Τα ορία αυτά προσδιορίζουν τη διαδρομή του εμβόλου υπό κλίμακα ή και τον όγκο που δημιουργείται από το έμβολο (πάλι υπό κλίμακα).



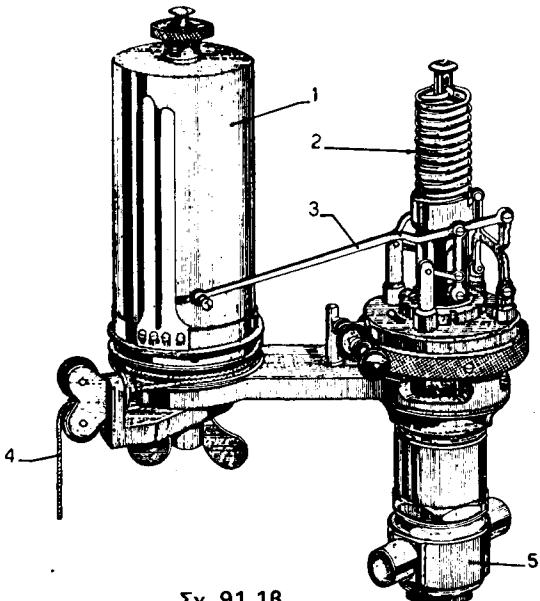
Σχ. 91.1α.

Η κίνηση μεταδίδεται στο τύμπανο μέσω μοχλών και ιμάντα ή ενός κορδονιού από ένα σημείο του σταυρού ή του ζυγώματος, που κινείται παλινδρομικά. Η γραφίδα κινείται ανάλογα με την πίεση που ασκεί ο κύλινδρος μέσω μοχλών και συστήματος μικρού εμβόλου με αναστατωτικό ελατήριο (σχ. 91.1α).

'Ενας συνηθισμένος τύπος δυναμοδείκτη (του James Watt) είναι ο εικονιζόμενος στο σχήμα 91.1β. Αποτελείται από: τον κύλινδρο (1), το ελατήριο (2), το μοχλό με τη γραφίδα (3), τον ιμάντα ή κορδόνι κινήσεως του τυμπάνου (4) και το σύνδεσμο (5), με τον οποίο το όργανο προσαρμόζεται στο πώμα του κυλίνδρου της μηχανής που βρίσκεται στο δυναμοδεικτικό κρουνό.

Εκτός από αυτόν το δυναμοδείκτη χρησιμοποιούνται πολλοί άλλοι νεώτεροι τύποι, ιδίως στις δοκιμές των μηχανών στα εργοστάσια, όπως οι δυναμοδείκτες Farnboro, με ταχύστροφους κινητήρες, ηλεκτρικοί δυναμοδείκτες με παλμογράφο καθοδικών ακτίνων ή με πιεζοηλεκτρικό στοιχείο κ.λπ. Αυτοί μας δίνουν καλύτερες και συνεχείς εικόνες του διαγράμματος της ενδεικτικής λειτουργίας της μηχανής.

Δυναμοδεικτικά διαγράμματα λαμβάνονται συνήθως στις μεγάλες πετρελαιομηχανές, ενώ στις μικρές ταχύστροφες και τις βενζινομηχανές είναι συνήθως αρκετό να λαμβάνεται η πίεση συμπιέσεως και η μέγιστη πίεση κατά την καύση με ειδικό



Σχ. 91.1β.

όργανο, που ονομάζεται **ενδείκτης μέγιστης πέσεως**. Τα στοιχεία αυτά είναι αρκετά για να δώσουν ικανοποιητική εικόνα της εσωτερικής καταστάσεως του κυλίνδρου από πλευράς στεγανότητας ελατηρίων, βαλβίδων κ.λπ. καθώς επίσης και της ποιότητας καύσεως, δηλαδή της καλής λειτουργίας του.

91.2 Η χρησιμότητα του δυναμοδεικτικού διαγράμματος.

Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα μας χρησιμεύει, για να συγκρινομενεί αυτό προς το γνωστό μας διάγραμμα της ιδανικής πραγματικής λειτουργίας της μηχανής και να βγάζομε από τη σύγκριση χρήσιμα συμπεράσματα, ως προς τη λειτουργία και τη ρύθμιση της μηχανής μας, και να επεμβαίνομε ανάλογα.

Από την καταμέτρηση του εμβαδού του δυναμοδεικτικού διαγράμματος μπορούμε να βρούμε και το ενδεικτικό έργο της μηχανής, λαμβάνοντας υπ' όψη την κλίμακα των διαδρομών ή όγκων και την κλίμακα του ελατηρίου.

Η μέτρηση του εμβαδού του διαγράμματος γίνεται με τις γνωστές από τη γεωμετρία μεθόδους των τραπέζοειδών, των μέσων υψών, του Σίμψωνος (Simpson) ή τέλος με ειδικό όργανο, που λέγεται **πλανίμετρο**.

Εάν διαιρέσομε το μετρούμενο εμβαδόν διά της ίδιας της διαδρομής ή του όγκου (υπό την ανάλογη κλίμακα πάλι), θα βρούμε ένα ύψος, το οποίο παριστάνει τη λεγόμενη **μέση ενδεικτική πίεση**. Αυτή την παριστάνομε ως (p_i) και είναι η σταθερή εκείνη πίεση, η οποία έαν ενεργούσε σε όλη τη διαδρομή του εμβόλου, θα μας έδινε το ίδιο έργο, που μας δίνει τώρα η μεταβλητή πίεση που υπάρχει μέσα στον κύλινδρο. Με τη μέση αυτή ενδεικτική πίεση υπολογίζομε την ενδεικτική ιπποδύναμη του κυλίνδρου και αθροίζοντας τις επί μέρους ενδεικτικές ιπποδυνάμεις όλων των κυλίνδρων, βρίσκομε τη συνολική **ενδεικτική ιπποδύναμη** της μηχανής μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 92

Η ΙΣΧΥΣ Ή ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

92.1 Η ενδεικτική ιπποδύναμη.

Η **εσωτερική** ή **ενδεικτική** ισχύς, που αναπτύσσεται επάνω στο έμβολο μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως, λέγεται **ενδεικτική ή δυναμοδεικτική** ιπποδύναμη και συμβολίζεται με το σύμβολο N_e ή I.H.P. Υπολογίζεται, όπως και στην παλινδρομική ατμομηχανή, με βάση τη μέση ενδεικτική πίεση (p_i), που επικρατεί μέσα στον κύλινδρο, τη διαδρομή του εμβόλου (S), την επιφάνεια του εμβόλου (A), η οποία βρίσκεται από τη διάμετρό του (d) ($\omega_s A = \pi \frac{d^2}{4}$) και του αριθμού (n) των στροφών της μηχανής ανά λεπτό.

Κατά τον υπολογισμό αυτόν πρέπει να λαμβάνομε υπ' όψη εάν η μηχανή είναι **δίχρονη** ή **τετράχρονη** και αντίστοιχα **απλής** ή **διπλής ενέργειας**.

Για τον υπολογισμό της I.H.P. μιας M.E.K. εργαζόμαστε ως εξής:

Από το εμβαδόν του δυναμοδεικτικού διαγράμματος ενός κυλίνδρου (και για ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας του), που παριστάνει το ενδεικτικό έργο W_i μετρούμενο σε kgm, βρίσκομε πρώτα τη μέση ενδεικτική πίεση (p_i). Αυτή προκύπτει από τη διάρεση του εμβαδού του δυναμοδεικτικού διαγράμματος με το δημιουργούμενο όγκο του εμβολισμού της μηχανής (V_h), οπότε έχομε:

$$p_i = \frac{W_i}{V_h} .$$

Τον όγκο V_h το βρίσκομε εύκολα από τον τύπο:

$$V_h = A \cdot S, \text{ δηλαδή } V_h = \pi \frac{d^2}{4} \cdot S.$$

Η ενδεικτική ισχύς επομένως της μηχανής θα είναι ίση με το γινόμενο του έργου (W_i) επί τον αριθμό (v) των κύκλων, που διαιρέφει η μηχανή σε 1 sec. Εάν αυτό το διαιρέσομε διά 75, θα έχομε την ενδεικτική ισχύ σε PS (ίππους μετρικούς) σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot V_h \cdot v}{75}$$

Ο αριθμός (v) πάλι σε μια μηχανή απλής ενέργειας τετράχρονη είναι $\frac{n}{120}$, και στη δίχρονη $\frac{n}{60}$, όπου n είναι ο αριθμός στροφών της μηχανής ανά λεπτό (r.p.m.). Αντίστοιχα για τετράχρονη διπλής ενέργειας θα είναι $\frac{n}{60}$ και δίχρονη διπλής ενέργειας $\frac{n}{30}$.

Εάν σ' αυτὸν τον τύπο τοποθετήσομε, όπου V_h , το ίσον αυτού A.S. θα πάρομε το γενικό τύπο της ενδεικτικής ιπποδυνάμεως:

$$\text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot A \cdot S \cdot v}{75}$$

και εάν, αντί για v, τοποθετήσομε τις αντίστοιχες τιμές του για κάθε τύπο μηχανής όπως παραπάνω θα έχομε τους πιο κάτω τύπους υπολογισμού της I.H.P ανάλογα με τον τύπο μηχανής στο μετρικό σύστημα:

Για 4χρονη απλής ενέργειας:

$$\text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{75 \times 120}$$

$$\text{δηλαδή} \quad \text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{9.000} \quad (1)$$

Για 2χρονη διπλής ενέργειας:

$$\text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{75 \times 60}$$

$$\text{δηλαδή} \quad I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{4.500} . \quad (2)$$

Για 4χρονη διπλής ενέργειας:

$$I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{75 \times 60}$$

$$\text{δηλαδή} \quad I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{4.500} . \quad (3)$$

Για 2χρονη διπλής ενέργειας:

$$I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{75 \times 30}$$

$$\text{δηλαδή} \quad I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{2.250} . \quad (4)$$

Στους τύπους αυτούς η ισχύς βρίσκεται σε μετρικούς ίππους PS, εφ' όσον τα υπόλοιπα μεγέθη, που περιέχονται σ' αυτούς, μετρηθούν ως εξής:

η πίεση p_i σε kg/cm^2 ,

η διαδρομή S σε m ,

η επιφάνεια εμβόλου A σε cm^2 .

Στο αγγλικό σύστημα μετρήσεως με την ίδια μέθοδο βρίσκονται οι τύποι υπολογισμού της I.H.P. σε HP ως εξής:

Για 4χρονη απλής ενέργειας:

$$I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{66.000} . \quad (5)$$

Για 2χρονη απλής ενέργειας:

$$I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{33.000} . \quad (6)$$

Για 4χρονη διπλής ενέργειας:

$$I.H.P. = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{33.000} . \quad (7)$$

Για 2χρονη διπλής ενέργειας:

$$\text{I.H.P.} = \frac{p_i \cdot S \cdot A \cdot n}{16.500} . \quad (8)$$

Στους τύπους αυτούς η ισχύς βρίσκεται σε αγγλικούς ίππους HP, εφ' όσον τα υπόλοιπα μεγέθη, που περιέχονται σ' αυτούς, μετρηθούν ως εξής:

η πίεση p_i σε p.s.i,

η διαδρομή S σε ft,

η επιφάνεια του εμβόλου A σε in².

Περαιτέρω η μέση ενδεικτική πίεση (p_i) παίρνει τις ακόλουθες περίπου τιμές:

Σε 4χρονους Diesel $p_i = 8,5 - 11 \text{ kg/cm}^2$.

Σε 2χρονους Diesel $p_i = 6,5 - 8,5 \text{ kg/cm}^2$.

Σε βενζινομηχανές $p_i = 10 - 11 \text{ kg/cm}^2$.

Σε μηχανές με υπερπλήρωση η (p_i) είναι αντίστοιχα μεγαλύτερη από την υπερπλήρωση των αντίστοιχων μηχανών χωρίς υπερπλήρωση κατά το λεγόμενο **ποσοστό υπερπληρώσεως**. Δηλαδή κατά το ποσοστό της επί πλέον ιπποδυνάμεως, που παράγει η μηχανή με υπερπλήρωση, και το οποίο κυμαίνεται από 30% - 50% κ.ο.κ. ανάλογα με τον τύπο της μηχανής.

92.2 Η πραγματική ιπποδύναμη.

Είναι η ιπποδύναμη, που λαμβάνεται στον άξονα της μηχανής και μετριέται με την πέδη (φρένο) του Prony, με το υδραυλικό φρένο του Freud, με ηλεκτρικό φρένο, με στρεψιμέτρο κ.λπ., όπως γίνεται και για τις ατμομηχανές και τους ατμοστροβίλους. Γι' αυτό καλείται και **ιπποδύναμη πέδης** ή **φρένου**, και παριστάνεται δε με το σύμβολο N_π ή B.H.P.

Την πραγματική ιπποδύναμη την υπολογίζομε επίσης και από την ενδεικτική, αν γνωρίζομε το μηχανικό βαθμό αποδόσεως (η_{μ}) της μηχανής μας.

'Ετσι για όλες τις περιπτώσεις των προηγουμένων τύπων (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7) και (8) ισχύει η γενική σχέση:

$$\text{B.H.P} = \eta_{\mu} \cdot \text{I.H.P.}, \quad (9)$$

με μόνη τη διαφορά ότι ο μηχανικός βαθμός αποδόσεως (η_{μ}) έχει και διαφορετική τιμή για τους διάφορους τύπους μηχανών, όπως άλλωστε δίνεται στον Πίνακα της παραγράφου 90.1.

Ανάλογη τώρα προς τη μέση ενδεικτική πίεση (p_i) είναι και η

λεγόμενη μέση πραγματική πίεση (p_e), η οποία θα ισούται όπως είναι φανερό προς το γινόμενο της (p_i) επί το μηχανικό βαθμό αποδόσεως (η_μ), δηλαδή:

$$p_e = \eta_\mu \cdot p_i \quad (10)$$

Η μέση πραγματική πίεση παίρνει επομένως τις πιο κάτω τιμές:

Σε 4χρονους Diesel $p_e = 7,0 - 9,5 \text{ kg/cm}^2$.

Σε 2χρονους Diesel $p_e = 5,5 - 6,5 \text{ kg/cm}^2$.

Σε βενζινομηχανές $p_e = 8,0 - 9,0 \text{ kg/cm}^2$.

Και εδώ ισχύει η ίδια παρατήρηση ως προς τη μηχανή υπερπληρώσεως, ότι δηλαδή η μέση πραγματική πίεσή της είναι μεγαλύτερη από αυτή της μηχανής χωρίς υπερπλήρωση κατά το ποσοστό υπερπληρώσεως.

92.3 Εφαρμογές.

α) Έστω ότι ζητάμε την ενδεικτική και την πραγματική ιπποδύναμη μιας δίχρονης μηχανής Diesel απλής ενέργειας, της οποίας γνωρίζομε τα εξής στοιχεία:

Διαδρομή εμβόλου $S = 0,3 \text{ m}$.

Διάμετρο εμβόλου $d = 20 \text{ cm}$.

Αριθμό στροφών $n = 600 \text{ r.p.m.}$

Αριθμό κυλίνδρων $z = 6$.

Βρίσκομε πρώτα την επιφάνεια του εμβόλου (A) ίση προς:

$$A = \pi \frac{d^2}{4},$$

δηλαδή: $A = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ cm}^2$

Εφαρμόζομε στη συνέχεια τον τύπο (2), αφού λάβομε ως μέση ενδεικτική πίεση αυτής $p_i = 7 \text{ kg/cm}^2$ περίπου, οπότε θα έχουμε την ιπποδύναμη του ενός κυλίνδρου:

$$\text{I.H.P.} = \frac{7 \times 0,3 \times 314 \times 600}{4.500} = 88 \text{ PS} \text{ ενδεικτική ιπποδύναμη ενός κυλίνδρου.}$$

Η συνολική ιπποδύναμη της μηχανής θα είναι με μεγάλη προσέγγιση και με την προϋπόθεση ότι όλοι οι κύλινδροι εργάζο-

νται κάτω από το ίδιο φορτίο, ίση με το γινόμενο της ιπποδυνάμεως του ενός κυλίνδρου επί τον αριθμό των κυλίνδρων z:

I.H.P. = $6 \times 88 = 528$ PS συνολική ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στην προκειμένη περίπτωση θα πρέπει να υπολογίσουμε χωριστά την (p_i) για κάθε έναν από τους κυλίνδρους από το δυναμοδεικτικό διάγραμμα του καθ' ενός και από αυτή να βρούμε την I.H.P. κάθε κυλίνδρου και να αθροίσουμε τις ιπποδυνάμεις των 6 κυλίνδρων.

Από τη συνολική ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής μας βρίσκουμε την πραγματική της ιπποδύναμη B.H.P., αν δεχθούμε μηχανικό βαθμό αποδόσεώς της (η_m) ίσο προς 86% περίπου από τον τύπο (9), δηλαδή:

B.H.P. = $0,86 \times 528 = 454$ PS συνολική πραγματική ιπποδύναμη της μηχανής.

β) 'Εστω ότι θέλομε να βρούμε την ενδεικτική και πραγματική ιπποδύναμη μιας τετράχρονης μηχανής Diesel διπλής ενέργειας, της οποίας γνωρίζομε ότι είναι:

Διαδρομή εμβόλου $S = 0,6$ ft.

Διάμετρος εμβόλου $d = 6,25$ in.

Αριθμός στροφών $n = 1.200$ r.p.m.

Αριθμός κυλίνδρων $z = 8$.

Πρώτα βρίσκουμε την επιφάνεια του εμβόλου (A) ίση προς:

$$A = \pi \frac{d^2}{4} ,$$

δηλαδή: $A = \pi \frac{5,25^2}{4} = 306 \text{ in}^2$

Λαμβάνομε ως (p_i) για την περίπτωση αυτή ίση προς $p_i = 9$ kg/cm², δηλαδή $p_i = 128$ p.s.i. και εφαρμόζουμε τον τύπο (7), οπότε θα έχουμε:

$$\text{I.H.P.} = \frac{128 \times 0,6 \times 306 \times 1.200}{33.000} = 85,5 \text{ HP ενδεικτική ιπ-$$

ποδύναμη του ενός κυλίνδρου.

Η συνολική ιπποδύναμη της μηχανής προκύπτει στη συνέχεια ίση με το γινόμενο πάλι της ιπποδυνάμεως του ενός κυλίνδρου επί τον αριθμό των κυλίνδρων z:

I.H.P. = $8 \times 86,5 = 692$ HP συνολική ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής.

Η πραγματική αντίστοιχα, εάν δεχθούμε $\eta_{\mu} = 90\%$ θα είναι κατά τον τύπο (9):

B.H.P. = $0,90 \times 691 = 622$ HP συνολική πραγματική ιπποδύναμη της μηχανής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 93

ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

93.1 Γενικά.

Στα προηγούμενα Κεφάλαια εξετάσθηκαν βασικά οι συνηθισμένοι τύποι των μηχανών εσωτερικής καύσεως, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως στις βιομηχανικές εφαρμογές.

Στο Κεφάλαιο αυτό θα εξετασθούν σύντομα ορισμένοι ειδικοί τύποι Μ.Ε.Κ. από εκείνους, οι οποίοι λόγω ειδικής διατάξεως και χαρακτηριστικών πλεονεκτημάτων χρησιμοποιούνται συνεχώς και περισσότερο.

Οι μηχανές, που θα εξετασθούν, είναι οι εξής:

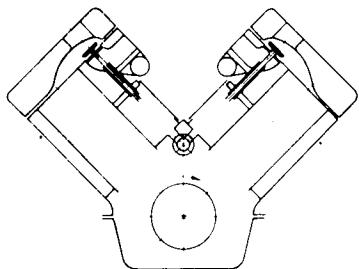
- α) Μηχανές τύπου «V» (βε).
- β) Μηχανές αστεροειδείς.
- γ) Μηχανές με διπλά έμβολα.
- δ) Μηχανές τύπου «Δ» (δέλτα).
- ε) Μηχανές με περιστρεφόμενους λοβούς τύπου «Wankel».

93.2 Μηχανές τύπου «V».

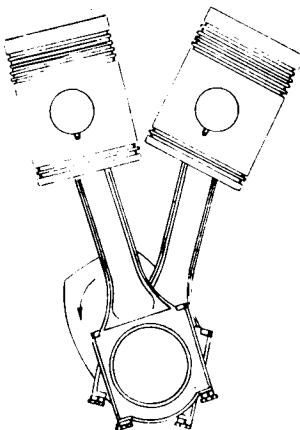
Στις μηχανές αυτές οι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι σε δύο ομάδες, οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους το γράμμα «V».

Το κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι υπάρχει ένας κοινός στρόφαλος για κάθε ζεύγος κυλίνδρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ο ένας απέναντι στον άλλο. Έτσι σε μια μηχανή αυτής της κατηγορίας ο αριθμός των στροφάλων είναι ίσος με το μισό του αριθμού των κυλίνδρων της μηχανής.

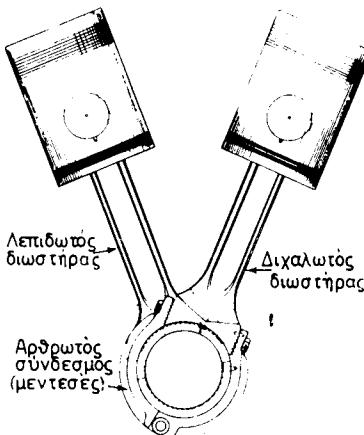
Στο σχήμα 93.2a παριστάνεται διαγραμματικά η διάταξη μιας μηχανής του τύπου «V». Παρατηρούμε ότι οι δύο σειρές των κυλίνδρων έχουν τον ίδιο εκκεντροφόρο άξονα, τοποθετημένο μεταξύ των δύο συγκροτημάτων (μπλοκ) στην εσοχή του «V». Αυτό συμβαίνει απαραίτητα σε όλες τις μηχανές τύπου «V», στις οποίες συνήθως προβλέπονται διαφορετικοί εκκεντροφόροι άξονες για κάθε συγκρότημα κυλίνδρων.



Σχ. 93.2α.



Σχ. 93.2β.



Σχ. 93.2γ.

Στο σχήμα 93.2β εικονίζεται η συνηθισμένη σύνδεση των δύο διωστήρων επάνω στον κοινό στρόφαλο. Ο ένας διωστήρας βρίσκεται δίπλα στον άλλο, το δε κουμπί του στροφάλου έχει διπλό μήκος. Τα επίπεδα των αξόνων των κυλίνδρων, που βρίσκονται ο ένας απέναντι στον άλλο, δεν συμπίπτουν μεταξύ τους.

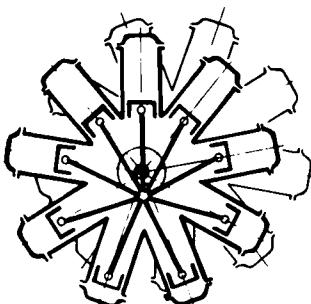
Είναι όμως δυνατή και μάλιστα χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις η σύνδεση των διωστήρων με τρόπο, ώστε τα επίπεδα των αξόνων των κυλίνδρων να ταυτίζονται σε ένα και το κουμπί του στροφάλου να είναι κοινό.

Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν διάφορες διατάξεις, πιο συνηθισμένη όμως είναι της General Motors, κατά την οποία οι διωστήρες δεν είναι όμοιοι, αλλά ο ένας καταλήγει σε ένα λεπιδωτό πέδιλο ή πέλμα, ο δε άλλος είναι διχαλωτός, μπλέκονται δε με τον τρόπο του σχήματος 93.2γ.

Το πλεονέκτημα των μηχανών τύπου «V» είναι ότι με αυτές επιτυγχάνεται οικονομία σε **όγκο** και **βάρος**, γιατί υπάρχει κοινός στροφαλοφόρος άξονας και βάση της μηχανής, καθώς επίσης μικρότερο **μήκος** εγκαταστάσεως.

93.3 Μηχανές αστεροειδείς.

Στις μηχανές αυτές όλοι οι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι στο ίδιο επίπεδο σε περιφερειακή διάταξη, ώστε να σχηματίζουν ένα είδος αστέρα (σχ. 93.3). Οι διωστήρες τους αρθρώνονται στον ίδιο στρόφαλο.



Σχ. 93.3.

Ο τύπος αυτός κατασκευάζεται κατά κανόνα μόνο ως βενζινομηχανή τετράχρονη και αερόψυκτη, είναι δε σήμερα ο μόνος σχεδόν τύπος εμβολοφόρου Μ.Ε.Κ., που χρησιμοποιείται σε μικρά σχετικά αεροπλάνα.

Για λόγους ομοιομορφίας στη χρονική απόσταση αναφλέξεως μεταξύ δύο διαδοχικών κυλίνδρων, οι τετράχρονες μηχανές κατασκευάζονται με περιττό αριθμό κυλίνδρων επάνω στο ίδιο επίπεδο, που είναι κάθετο προς το στροφαλοφόρο άξονα.

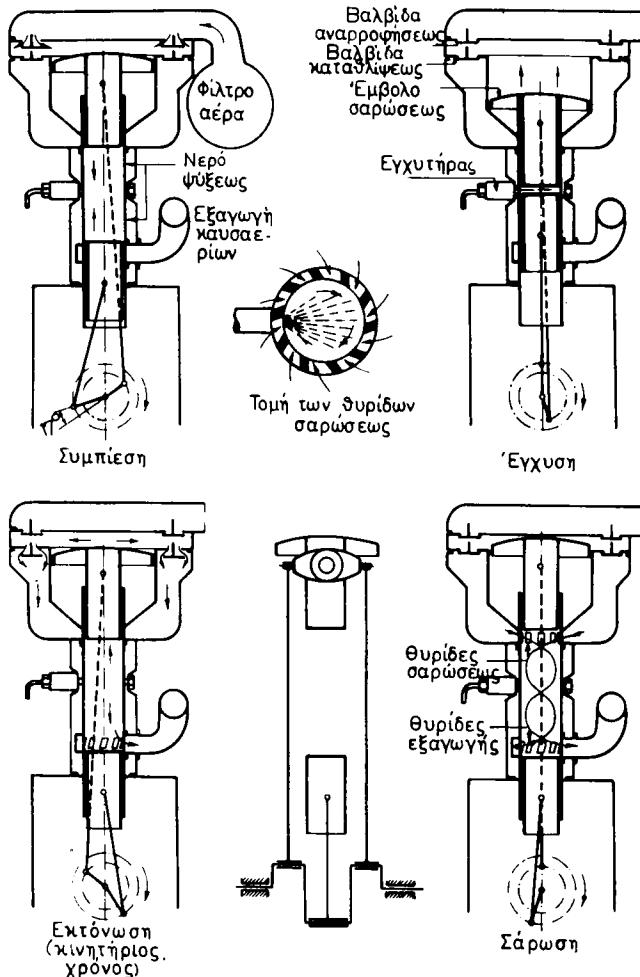
Και στις μηχανές αυτές έχουμε πολύ **μικρό μήκος** και οικονομία σε **όγκο** και **βάρος**.

93.4 Μηχανές με διπλά έμβολα.

Αυτές οι μηχανές είναι δίχρονες και μέσα σε κάθε κύλινδρο έχουν δύο έμβολα, τα οποία κινούνται αντίθετα, δηλαδή από το μέσον του κυλίνδρου προς τα άκρα και από τα άκρα προς το

μέσον. Ο θάλαμος καύσεώς τους σχηματίζεται στο μέσον του κυλίνδρου και εκεί γίνεται η έγχυση του καυσίμου.

Το **κάτω έμβολο** συνδέεται με τον κύριο στρόφαλο απ' ευθείας με κεντρικό διωστήρα και ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων **εξαγωγής**. Το **πάνω έμβολο**, που ρυθμίζει το άνοιγμα και το κλείσιμο των θυρίδων εισαγωγής, έχει ένα οριζόντιο ζυγό, στα άκρα του οποίου βρίσκονται μακροί πλευρικοί διωστήρες, που συνδέονται σε αντίστοιχα κουμπιά επάνω στο στροφαλοφόρο άξονα (σχ. 93.4). Έτσι για κάθε κύλινδρο έχουμε 3 κουμπιά στροφάλου, 1 κεντρικό και 2 πλευρικά.



Σχ. 93.4.

Μηχανές αυτού του είδους είναι τύπου Junkers, Doxford, κ.λπ.

Στο σχήμα 93.4 δίνεται η διάταξη μιας μηχανής αυτής της κατηγορίας και ο τρόπος λειτουργίας της, δηλαδή οι διάφορες φάσεις συμπιέσεως, εγχύσεως, εκτονώσεως και σαρώσεως.

Σε άλλες μηχανές αυτής της κατηγορίας, κατασκευής των εργοστασίων Fairbanks - Morse, τα άνω έμβολα μέσω δικών τους διωστήρων κινούν έναν ιδιαίτερο οριζόντιο στροφαλοφόρο άξονα, τοποθετημένο στο υψηλότερο σημείο της μηχανής, ενώ τα κάτω έμβολα κινούν τον κάτω, οριζόντιο επίσης, στροφαλοφόρο άξονα.

Οι δύο άξονες συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός κατακόρυφου άξονα και κωνικών οδοντωτών τροχών. Κύριος άξονας στην προκειμένη περίπτωση είναι ο κάτω στροφαλοφόρος άξονας, ο οποίος παραλαμβάνει και τη ροπή στρέψεως και από τον άνω στροφαλοφόρο άξονα.

Και αυτές οι μηχανές γενικά παρουσιάζουν μικρό **μήκος**, οικονομία σε **όγκο** και **βάρος**, ενώ αντίθετα είναι **υψηλότερες** από τις μηχανές απλών εμβόλων.

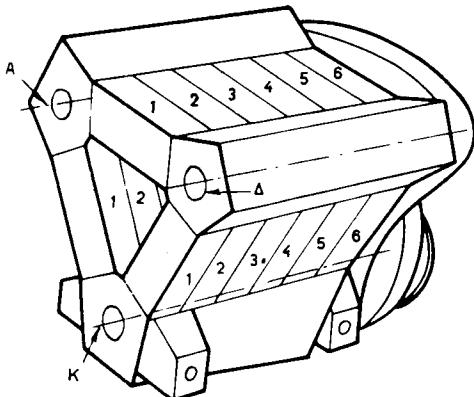
93.5 Μηχανές τύπου «Δ» (Δέλτα).

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε ταχύτατα μικρά σκάφη αναψυχής ή άλλου ειδικού προορισμού και είναι βασικά μηχανές με διπλά έμβολα, οι άξονες των οποίων συναντώνται σε σχήμα τριγώνου. Από το σχήμα τους ονομάσθηκαν και μηχανές τύπου Δέλτα, επειδή η διάταξή τους μοιάζει με το ελληνικό γράμμα (Δ). Συναντώνται επίσης και σε σχήματα **τετραγωνικής** ή **εξαγωνικής** διατάξεως.

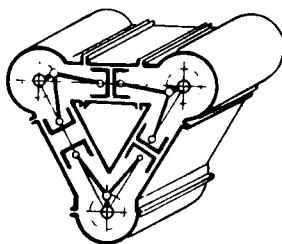
Το σχήμα 93.5α παριστάνει μια μηχανή τύπου «Δέλτα». Διακρίνεται η διάταξη για έξι κυλίνδρους επάνω σε κάθε πλευρά του τριγώνου. Κάθε κύλινδρος περιέχει δύο αντίθετα κινούμενα έμβολα. Οι διωστήρες των εμβόλων ενώνονται στον αριστερό στροφαλοφόρο άξονα (A), στο δεξιό (Δ) και στον κάτω (K), όπως παριστάνεται και στο σχήμα 93.5β.

Η κίνηση από τους άξονες (A) και (Δ) με σύστημα οδοντωτών τροχών μεταφέρεται στον κάτω άξονα (K), ο οποίος και προεκτείνεται ως τελικός άξονας της μηχανής.

Οι μηχανές αυτής της κατηγορίας παρουσιάζουν επίσης μικρό **μήκος**, **οικονομία όγκου** και **βάρους** και **ομαλότητα κινήσεως** κατά τη λειτουργία τους, η οποία γίνεται σχεδόν **χωρίς κραδασμούς**.



Σχ. 93.5α.



Σχ. 93.5β.

93.6 Μηχανή με περιστρεφόμενα λοβοειδή έμβολα τύπου «Wankel».

Η μηχανή αυτή καλείται απλά και «κινητήρας Wankel», από το όνομα του μηχανικού, ο οποίος την επινόησε. Αντί για τα γνωστά μας κυλινδρικά έμβολα, που κινούνται παλινδρομικά, χρησιμοποιεί τριγωνικό δισκοειδές έμβολο, που λέγεται και «λοβοειδές έμβολο» ή και απλά «λοβός». Αυτό κινείται μέσα σε κοιλότητα με κατάλληλο σχήμα, η οποία παίζει ρόλο κυλίνδρου. Μέσα σ' αυτόν πραγματοποιείται η τετράχρονη λειτουργία των βενζινομηχανών με τρόπο, ώστε το λοβοειδές έμβολο να περιστρέφεται πάντοτε κατά την ίδια φορά.

Η μετάδοση της κινήσεως γίνεται με οδοντωτούς τροχούς ειδικής μορφής.

Τη λειτουργία του βενζινοκινητήρα αυτού Wankel παρακολουθούμε στις τέσσερις θέσεις (1), (2), (3) και (4) του σχήματος 93.6.

'Ετσι έχομε:

Στη Θέση (1):

Α: 'Έναρξη συμπιέσεως.

Β: Φάση εκτονώσεως.

Γ: Τέλος της εξαγωγής.

Στη Θέση (2):

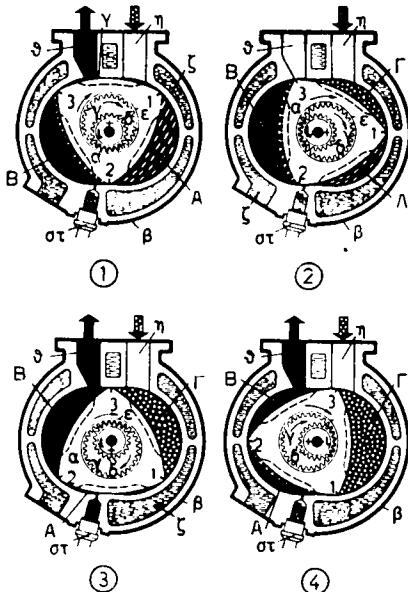
Α: Φάση της συμπιέσεως.

Β: Μέγιστο της φάσεως εκτονώσεως.

Γ: Αναρρόφηση.

Στη Θέση (3):

Α: Μέγιστο της φάσεως συμπιέσεως.



Σχ. 93.6.

1), 2), 3) Ακμές του στροφείου με τα στοιχεία στεγανότητάς του. α) Στροφείο. β) Εξωτερικό κέλυφος. γ) Δακτύλιος με εσωτερική οδόντωση. δ) Οδοντωτός τροχός συνδεδεμένος με τον κινητήριο άξονα. ε) Εμπλοκή των οδόντων. στ) Σπινθηριστής. ζ) Θάλαμος ψύξεως του κινητήρα. η) Οχετός εισαγωγής. θ) Οχετός εξαγωγής. ι) Άξονας του κινητήρα.

B: 'Εναρξη της εξαγωγής.

Γ: Φάση της αναρροφήσεως.

Στη Θέση (4):

Α: 'Εναρξη της εκτονώσεως.

Β: Φάση της εξαγωγής.

Γ: Μέγιστο της φάσεως της αναρροφήσεως.

Ο κινητήρας Wankel παρουσιάζει βασικά τα εξής πλεονεκτήματα:

α) Έλλειψη ή ελάττωση των αζυγοσταθμήτων μαζών, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν παλινδρομούντα τμήματα και ο κινητήρας εργάζεται χωρίς σχεδόν **κραδασμούς**. β) Ελάττωση των κινουμένων μερών του κινητήρα και επομένως πιο **απλή κατασκευή του**. γ) Ελάττωση του **όγκου** και του **βάρους** του σε σύγκριση με τους παλινδρομικούς βενζινοκινητήρες συνηθισμένου τύπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 94

ΟΙ ΠΙΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ BENZINOKINHTHΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

94.1 Οι πιο συνηθισμένες ανωμαλίες των βενζινομηχανών και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους είναι οι εξής:

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

1. Η μηχανή δεν στρέφει διά του εκκινητού (μίζας).
 - a) Ο συσσωρευτής δεν δίνει κανονικό ρεύμα και πρέπει ή να καθαρίσομε τους πόλους του ή να τον φορτίσομε ή τέλος να τον αντικαταστήσομε.
 - β) Ο οδοντωτός τροχός εμπλοκής του εκκινητή είναι πολύ ακάθαρτος ή έχει σπάσει και πρέπει να τον καθαρίσομε ή να τον αντικαταστήσομε.
 - γ) Η μηχανή είναι πολύ σφικτή. Πρέπει να ρυθμίσομε τις αρθρώσεις στις κανονικές τους ανοχές (ελευθερίες), ιδιαίτερα δε τους τριβείς των εδράνων.
2. Η μηχανή στρέφει, αλλά δεν (εκκινεί) ξεκινά.
 - a) Η βενζίνη δεν φθάνει στον εξαεριωτή. Πρέπει να ελέγχομε την αντλία βενζίνης και τους σωληνίσκους του συστήματος τροφοδοτήσεως.
 - β) Η μηχανή έχει μπουκώσει με μίγμα και πρέπει να ανοίξομε τη δικλείδα του αέρα και να προσπαθήσομε να τη θέσομε σε κίνηση με τον εκκινητή. Εάν δεν ξεκινήσει πάλι, τότε πρέπει να κλείσομε το διακόπτη, να αφαιρέσομε τους σπινθηριστές (μπουζί) και να στρέψωμε τη μηχανή με τη μίζα μέχρις ότου εξαερισθεί.
3. Η μηχανή δεν εργάζεται.
 - a) Ο εξαεριωτής δεν είναι ρυθμισμένος. Πρέπει να ρυθμίσομε τους κοχλίες της άφορ-

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

- ται ομαλά στην άφορ- τη λειτουρ- γία (ρελα- ντί).
- της λειτουργίας και του αέρα και να επιθε- ωρήσομε τον αναβρυτήρα (ζικλέρ) του «ρελαντί», για να διαπιστώσομε ότι αυτός δεν είναι φραγμένος.
- β) Ελαττωματική ανάφλεξη. Πρέπει να ρυθμί- σομε την προανάφλεξη (αβάνς), ιδίως όταν χρησιμοποιούμε διαφόρων ποιοτή- των βενζίνες.
4. Η μηχανή δεν αναπτύσσει όλη της την ισχύ.
- a) Η βενζιναντλία δεν κάνει καλή αναρρό- φηση. Επιθεωρούμε τη μεμβράνη της και αν χρειάζεται την αντικαθιστούμε.
- β) Το μίγμα δεν είναι κανονικό. Πρέπει να καθαρίσομε το φίλτρο της βενζίνης και το φίλτρο του αέρα.
- γ) Πολύ μικρή η προανάφλεξη (αβάνς). Πρέ- πει να τη ρυθμίσομε ανάλογα.
- δ) Υπάρχουν κολλημένες ή ακάθαρτες βαλβί- δες ή ελατήρια εμβόλων σπασμένα ή ο θάλαμος καύσεως είναι γενικά ακάθαρτος. Πρέπει να επιθεωρήσομε τις βαλβίδες και τα ελατήρια και να τρίψουμε, αν χρειάζε- ται, τις βαλβίδες, να καθαρίσομε το θάλα- μο καύσεως και να αντικαταστήσομε προ- φανώς όσα ελατήρια ή βαλβίδες βρούμε σε κακή κατάσταση ή σπασμένα. Στην περίπτωση αυτή πιθανόν να απαιτη- θεί να λειανθούν οι έδρες των βαλβίδων (ρεκτιφίε) και οι βαλβίδες ή και να αντικα- τασταθούν. Επίσης πιθανόν να απαιτηθεί λείανση (ρεκτιφίε) των κυλινδρων και αντικατάσταση των εμβόλων με έμβολα υπερδιαμετρήματος (οβερσάϊ) με τα αντί- στοιχα ελατήριά τους.
5. Η μηχανή χτυπά κατά τη λειτουρ- γία.
- a) Πολύ προανάφλεξη. Πρέπει να την ελατ- τώσομε.
- β) Ακατάλληλη βενζίνη με χαμηλό βαθμό ο- κτανίου. Να χρησιμοποιήσομε βενζίνη με υψηλότερο βαθμό οκτανίου.

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

- γ) Ακάθαρτος θάλαμος καύσεως. Να τον ξεκαπνίσουμε.
- δ) Υπερφορτωμένη μηχανή. Να τη φορτώσουμε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
6. Κτύποι των τριβέων. Χαλαροί τριβείς. Να ελέγξουμε τη σύσφιγξη και να τους περιστείλομε (μάζεμα των κουζινέτων), ρυθμίζοντας τα διάκενά τους στα κανονικά.
7. Κτύποι των βαλβίδων. a) Το διάκενό τους είναι μεγάλο. Να το ρυθμίσουμε με το «φίλερ», όταν η μηχανή είναι θερμή.
β) Ελατήρια βαλβίδων σπασμένα. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα αντικαταστήσουμε αν χρειάζεται.
8. Η μηχανή καπνίζει. a) Οχετός αναρροφήσεως ή φίλτρο αέρα είναι ακάθαρτα ή έχουν φραχθεί. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα καθαρίσουμε.
β) Η μηχανή καίει λάδι ο δε καπνός τότε είναι γαλάζιος. Να επιθεωρήσουμε ή να αντικαταστήσουμε τα ελατήρια λαδιού των εμβόλων.
γ) Νερό στη βενζίνη, οπότε ο καπνός είναι λευκός. Να εξυδατώσουμε τη δεξαμενή βενζίνης και το δίκτυο.
δ) Κακή καύση, οπότε ο καπνός είναι μαύρος. Να ελέγξουμε τη ρύθμιση των βαλβίδων και της προαναφλέξεως και να καθαρίσουμε αν χρειάζεται, τις βαλβίδες και το σπινθηριστή.
ε) Φτωχό μίγμα, οπότε ο καπνός είναι λευκός, ή πολύ πλούσιο μίγμα, οπότε ο καπνός είναι μαύρος. Να ελέγξουμε τον εξαεριωτή, τους αναβρυτήρες και γενικά την κατάσταση και τη ρύθμισή του.
στ) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να την επαναφέρουμε το γρηγορότερο στο κανονικό της φορτίο.

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

9. Χαμηλή πίεση λαδιού.
- a) Απώλειες λαδιού στο δίκτυο. Να το ελέγχουμε με προσοχή και να σφίγξουμε καλά όλους τους συνδέσμους (ρακόρ).
 - β) Η αντλία λαδιού δεν λειτουργεί καλά. Να επιθεωρήσουμε τους οδοντωτούς τροχούς μήπως υπάρχουν φθορές και στην ανάγκη να την αντικαταστήσουμε.
 - γ) Η ανακουφιστική βαλβίδα είναι ελαττωματική. Να επιθεωρήσουμε το ελατήριο και να τη ρυθμίσουμε κανονικά.
 - δ) Το λάδι είναι πολύ θερμό ή περισσότερο λεπτόρρευστο από το κανονικό. Να ελέγχουμε την ψύξη του λαδιού και να χρησιμοποιήσουμε βαρύτερο λάδι, πάντοτε όμως σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
 - ε) Οι τριβείς έχουν μεγάλα διάκενα. Να τους επιθεωρήσουμε και να τα ρυθμίσουμε κανονικά. Στην περίπτωση αυτή μπορεί λόγω φθοράς των κουμπιών του στροφαλοφόρου άξονα να απαιτείται λείανσή του (ρεκτιφιέ) και τοποθέτηση νέων τριβέων υποδιαμετρήματος (αντερσάιζ).
10. Υψηλή πίεση λαδιού.
- a) Οι σωληνώσεις είναι φραγμένες. Να τις επιθεωρήσουμε και να τις καθαρίσουμε.
 - β) Η βαλβίδα ανακουφίσεως εργάζεται ελαττωματικά. Να επιθεωρήσουμε το ελατήριό της και να τη ρυθμίσουμε.
 - γ) Το λάδι είναι πολύ παχύρρευστο. Να χρησιμοποιήσουμε λεπτότερο ανάλογα και με την εποχή του έτους και πάντοτε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
11. Η μηχανή κατά τη λειτουργία θερμαίνεται πολύ.
- a) Υπερφόρτωση της μηχανής ή λίγο το νερό της κυκλοφορίας. Να εξέγξουμε το φορτίο της μηχανής και να συμπληρώσουμε το νερό ψύξεως.
 - β) Οι μάντας του ανεμιστήρα έχει χαλαρωθεί ή έχει σπάσει. Να ρυθμίσουμε την έντασή του ή να τον αντικαταστήσουμε.

Ενδος ανωμαλιας: Πιθανά αιτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

- γ) Ακάθαρτο ψυγείο. Να το καθαρίσουμε με πεπιεσμένο αέρα, αν είναι κυψελωτό ή αν είναι έμμεσης κυκλοφορίας, να το καθαρίσουμε με διάλυση υδροχλωρικού οξέος 1:8.
- δ) Ο θερμοστάτης δεν λειτουργεί. Να τον αντικαταστήσουμε.
- ε) Η υδραντλία δεν λειτουργεί. Να την επιθεωρήσουμε και την επισκευάσουμε ή και να την αντικαταστήσουμε εξ ολοκλήρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 95

ΟΙ ΠΙΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

95.1 Οι πιο συνηθισμένες ανωμαλίες των πετρελαιομηχανών και οι τρόποι αποκαταστάσεως αυτών είναι οι εξής:

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

- 1) Η μηχανή δεν εκκινεί (ξεκινά).
 - a) Δεν υπάρχει πετρέλαιο στη δεξαμενή. Πρέπει να τη γεμίσουμε.
 - b) Η μηχανή είναι ακόμη ψυχρή. Πρέπει να την προθερμάνουμε κανονικά.
 - c) Υπάρχει αέρας στη σωλήνωση του πετρελαίου. Να γίνει καλός εξαερισμός του δικτύου και να ελεγχθούν τα παρεμβύσματα στεγανότητας της αντλίας πετρελαίου.
 - d) Κακή στεγανότητα των βαλβίδων ή κολλημένα ή σπασμένα ελατήρια με συνέπεια η μηχανή να μην κάνει καλή συμπίεση. Να επιθεωρήσουμε βαλβίδες και ελατήρια.
 - e) Η μηχανή είναι πολύ σφικτή. Να ελέγχουμε τη σύσφιγξη των αρθρώσεων και να ρυθμίσουμε τα διάκενα των τριβέων.
 - f) Ο αέρας εκκινήσεως δεν έχει αρκετή πίεση. Να συμπληρώσουμε τον αέρα των αεροφιαλών στην κανονική πίεση και να δοκιμάσουμε ξανά να την εκκινήσουμε. (Εάν η μηχανή έκκινει με «μίζα», να ελέγχουμε συσσωρευτές και μίζα όπως και στις (βενζινομηχανές)).
2. Το πετρέλαιο δεν αναφλέγεται.
 - a) Νερό στο πετρέλαιο. Να εξυδατώσουμε τη δεξαμενή χρήσεως και να αδειάσουμε το δίκτυο. Να γεμίσουμε στη συνέχεια το δίκτυο με καθαρό πετρέλαιο.

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

- β) Το φίλτρο του πετρελαίου έχει φραχθεί.
Να το καθαρίσομε ή να το αντικαταστήσομε.
 - γ) Κακή στεγανότητα βαλβίδων, ασθενής συμπίεση και χαμηλή θερμοκρασία συμπιέσεως. Να καθαρίσομε ή να τρίψουμε τις βαλβίδες ή να τις αντικαταστήσουμε.
 - δ) Κακή ρύθμιση της αντλίας πετρελαίου. Να τη ρυθμίσουμε έτσι ώστε χρειάζεται η μηχανή.
 - ε) Ακάθαρτος εγχυτήρας. Κακή έγχυση. Να καθαρίσουμε τον εγχυτήρα ή και να αλλάξουμε το ακροφύσιό του.
3. Η μηχανή επιβραδύνεται ή σταματά.
- α) Ανωμαλία στην αντλία πετρελαίου. Να ελέγξουμε την κατάστασή της.
 - β) Νερό ή αέρας στο πετρέλαιο. Να ελέγξουμε τη σωλήνωση του πετρελαίου και να εξυδατώσουμε τη δεξαμενή χρήσεως.
 - γ) Υπερφόρτωση ή υπερθέρμανση της μηχανής. Να ελαττώσουμε το φορτίο της ή και να τη σταματήσουμε τελείως.
 - δ) Ρήγμα στο πώμα, ή στο χιτώνιο από το οποίο εισέρχεται νερό στον κύλινδρο. Να αντικαταστήσουμε το πώμα ή το χιτώνιο που ράγισε.
 - ε) Βαλβίδα εξαγωγής κολλημένη σε ανοικτή θέση. Να κρατήσουμε τη μηχανή και να εξαρμόσουμε και να καθαρίσουμε τη βαλβίδα, το ελατήριό της και τον οδηγό της.
4. Η μηχανή υπερταχύνεται.
- α) Τυχαία μετάθεση του μοχλού του χειριστηρίου. Να τον επαναφέρουμε στη θέση του.
 - β) Κακή λειτουργία του ρυθμιστή στροφών. Να ελέγξουμε την κατάστασή του, ώστε να εντοπίσουμε το σφάλμα του.
5. Η μηχανή δεν εργάζεται κανονικά.
- α) Ο ρυθμιστής δεν εργάζεται κανονικά. Να τον ελέγξουμε.
 - β) Νερό ή αέρας στο πετρέλαιο. Να εξυδατώ-

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

σομε το δίκτυο πετρελαίου και τη δεξαμενή χρήσεως. Να εξαερίσουμε επίσης το δίκτυο πετρελαίου.

6. Κτύποι στους κυλίνδρους. a) Μεγάλη γωνία προεγχύσεως του πετρελαίου. Να ρυθμίσουμε την αντλία πετρελαίου.
 β) Κακή ποιότητα πετρελαίου. Να χρησιμοποιήσουμε πετρέλαιο των προδιαγραφών που δίνει ο κατασκευαστής.
 γ) Ακάθαρτοι ή απορρυθμισμένοι εγχυτήρες και υπερφόρτωση της μηχανής. Να καθαρίσουμε τους εγχυτήρες και να ρυθμίσουμε την πίεσή τους ή να αλλάξουμε τα ακροφύσιά τους και να ρυθμίσουμε το φορτίο της μηχανής.
7. Κτύποι τριβέων. Χαλαροί τριβείς. Να ελέγξουμε τη σύσφιξή τους και να ρυθμίσουμε τα διάκενά τους στα κανονικά, αλλιώς να περιστείλομε τους τριβείς, δηλαδή να «μαζέψουμε τα κουζινέτα».
8. Κτύποι βαλβίδων. a) Το διάκενο αυτών είναι μεγάλο. Να το ρυθμίσουμε με το φίλερ, όταν η μηχανή είναι θερμή.
 β) Ελατήρια βαλβίδων σπασμένα. Να τα επιθεωρήσουμε και να τα αντικαταστήσουμε αν χρειάζεται.
9. Η μηχανή καπνίζει. a) Οχετός εισαγωγής ακάθαρτος ή έχει φραχθεί. Να τον καθαρίσουμε με προσοχή.
 β) Φίλτρο αέρα εισαγωγής ακάθαρτο. Να το καθαρίσουμε με προσοχή.
 γ) Η μηχανή καίει λάδι, οπότε και ο καπνός βγαίνει κυανούς (γαλάζιος). Να επιθεωρήσουμε ή να αντικαταστήσουμε τα ελατήρια λαδιού των εμβόλων. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να απαιτηθεί η λείανση (ρεκτιφίε) των κυλίνδρων και η τοποθέτηση εμβόλων ελατηρίων υπερδιαμετρή-

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

ματος (οβερσάιζ).

- δ) Νερό στο πετρέλαιο, οπότε ο καπνός βγαίνει λευκός. Να εξυδατώσουμε το δίκτυο και τη δεξαμενή.
 - ε) Ακάθαρτοι εγχυτήρες. Να τους καθαρίσουμε.
 - στ) Κακή καύση, οπότε ο καπνός εξέρχεται μαύρος. Να ελέγξουμε τη ρύθμιση και κατάσταση των βαλβίδων και εγχυτήρων. Πιθανόν να απαιτηθεί λείανση (ρεκτιφίε) εδρών και βαλβίδων ή και αντικατάσταση των βαλβίδων.
 - ζ) Πολύς αέρας καύσεως, οπότε ο καπνός εξέρχεται λευκός. Λίγος ο αέρας καύσεως, οπότε ο καπνός εξέρχεται μαύρος. Να ελέγξουμε πάλι τη ρύθμιση της μηχανής, την κατάσταση των βαλβίδων και του εγχυτήρα και την κατάσταση της αντλίας σαρώσεως ή υπερπληρώσεως, αν υπάρχουν.
 - η) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να επαναφέρουμε αυτή στο κανονικό της φορτίο.
10. Χαμηλή πίεση λαδιού υπάντασεως.
- α) Αντλία λαδιού δεν λειτουργεί καλά. Να την επιθεωρήσουμε και ιδίως τα παρεμβύσματα στεγανότητάς της.
 - β) Απώλειες λαδιού στο δίκτυο. Να το ελέγξουμε προσεκτικά και να συσφίγξουμε καλά όλους τους συνδέσμους (ρακόρ).
 - γ) Ελαττωματική λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας. Να την επιθεωρήσουμε και να τη ρυθμίσουμε κανονικά.
 - δ) Το λάδι είναι πολύ θερμό ή περισσότερο λεπτόρρευστο από το κανονικό. Να ελέγξουμε την ψύξη του και να χρησιμοποιήσουμε λάδι βαρύτερο, σύμφωνα πάντοτε με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
 - ε) Μεγάλα διάκενα στους τριβείς. Να τους επιθεωρήσουμε και να ρυθμίσουμε τα διάκενά τους στα κανονικά, κοινώς να «μα-

Είδος ανωμαλίας: Πιθανά αίτια - Τρόποι αποκαταστάσεως:

ζέψομε τα κουζινέτα», αν αυτό προβλέπεται σ' αυτά, με προσθήκη. Στην περίπτωση αυτή πάντως πιθανόν λόγω φθοράς των κουμπιών του στροφαλοφόρου άξονα να απαιτηθεί λείανσή του (ρεκτιφιέ) και αντικατάσταση των τριβέων με νέους τριβείς υποδιαμετρήματος (αντερσάϊζ).

11. Υψηλή πίεση λαδιού.
- a) Οι σωληνώσεις έχουν φραχθεί. Να τις επιθεωρήσομε και να τις καθαρίσομε.
 - β) Η βαλβίδα ανακουφίσεως εργάζεται με τρόπο ελαττωματικό. Να επιθεωρήσομε το ελατήριό της και να τη ρυθμίσομε.
 - γ) Το λάδι, που χρησιμοποιούμε, είναι παχύρρευστο. Να το αλλάξομε με περισσότερο λεπτόρρευστο ανάλογα με την εποχή του έτους και πάντα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
12. Η μηχανή θερμαίνεται πολύ κατά τη λειτουργία της.
- a) Υπερφόρτωση της μηχανής. Να ελέγχομε το φορτίο της και να το ελαττώσομε στο κανονικό.
 - β) Ανεπάρκεια ψυκτικού νερού. Να συμπληρώσομε τη δεξαμενή διαστολών με νερό.
 - γ) Χαλαρός ή σπασμένος ιμάντας του ανεμιστήρα. Να ρυθμίσομε την έντασή του ή να τον αντικαταστήσομε.
 - δ) Θερμοστάτης δεν λειτουργεί. Να τον επιθεωρήσομε και αν χρειάζεται να τον αντικαταστήσομε.
 - ε) Ψυγείο ακάθαρτο. Να το καθαρίσομε με πεπιεσμένο αέρα, αν είναι κυψελωτό ή αν είναι έμμεσης κυκλοφορίας, να το καθαρίσομε με διάλυση υδροχλωρικού οξείος 1:8.
 - στ) Η υδραντλία δεν λειτουργεί. Να την επιθεωρήσομε και να αντικαταστήσομε ό,τι βρούμε σ' αυτήν κατεστραμμένο, στην ανάγκη δε να αντικαταστήσομε ολόκληρη την αντλία.

95.2 Οι πιο πάνω ανωμαλίες των βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων είναι βέβαια πιο συνηθισμένες. Εκτός από αυτές όμως υπάρχουν και πολλές άλλες, που μπορεί να εμφανισθούν, όταν η μηχανή εργάζεται. Η τέλεια γνώση της μηχανής μας σε όλες τις λεπτομέρειες, η καλή της συντήρηση, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, οι κανονικές περιοδικές επιθεωρήσεις της και η προσωπική μας πείρα, με γνώμονα επίσης τις προηγούμενες γενικές οδηγίες, αποτελούν τα πιο πολύτιμα στοιχεία, με τα οποία κάθε φορά θα αντιμετωπίσομε με επιτυχία τις ανωμαλίες της και θα τη διατηρήσομε σε καλή κατάσταση και περισσότερο χρόνο σε ζωή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 47

47.1	Γενικά	1
47.2	Εξέλιξη του ατμοστροβίλου	2
47.3	Το κύκλωμα λειτουργίας του ατμοστροβίλου	4
47.4	Η αρχή της δράσεως.....	5
47.5	Η αρχή της αντιδράσεως.....	7
47.6	Ορισμός στροβίλων δράσεως και αντιδράσεως. Βαθμός αντιδράσεως	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 48

ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ

48.1	Στροφείο και κέλυφος	12
48.2	Τα προφύσια ή ακροφύσια και η ροή του ατμού μέσα από αυτά. Μορφές προφυσίων	13
48.3	Τα πτερύγια των ατμοστροβίλων	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 49

ΤΡΟΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΤΜΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΣΤΡΟΒΙΛΟ	23
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 50

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 51

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗΣ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥ.....	30
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 52

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΔΡΑΣΕΩΣ

52.1 Ο απλός στρόβιλος δράσεως ή τροχός de Laval.....	32
---	----

52.2	Οι διαβαθμίσεις στους στροβίλους δράσεως. Διάγραμμα πιέσεως και ταχύτητας	34
52.3	Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση ταχύτητας Curtis.....	41
52.4	Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως.....	44
52.5	Ατμοστρόβιλος δράσεως με διαβάθμιση πιέσεως και ταχύτητας (σύνθετος).....	51
52.6	Ατμοστρόβιλοι δράσεως διπλής ροής.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 53

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΜΙΚΤΩΝ

53.1	Ο στρόβιλος αντιδράσεως (Parson's).....	56
53.2	Ο μικτός στρόβιλος δράσεως-αντιδράσεως.....	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 54

ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ

54.1	Γενικά.....	64
54.2	Ο ατμοστρόβιλος ακτινικής ροής	64
54.3	Ο ατμοστρόβιλος περιφερειακής ροής.....	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 55

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

55.1	Γενικά.....	68
55.2	Η βάση και η στήριξη των ατμοστροβίλων.....	68
55.3	Το κέλυφος.....	70
55.4	Το στροφείο	72
55.5	Οι τριβείς εδράσεως και ο τριβέας ισορροπήσεως	72
55.6	Τα συστήματα στεγανότητας του άξονα	75
55.7	Τα ακροφύσια και τα ενδιάμεσα διαφράγματα	78
55.8	Τα ππερύγια.....	80
55.9	Τα παρελκόμενα του στροβίλου.....	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 56

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

56.1	Γενικά.....	85
------	-------------	----

56.2	Ρυθμιστές στροφών.....	86
56.3	Αυτόματοι διακόπτες υπερταχύνσεως.....	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 57
Η ΖΥΓΟΣΤΑΘΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

57.1	Γενικά	92
57.2	Η στατική ζυγοστάθμηση.....	93
57.3	Η δυναμική ζυγοστάθμηση.....	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 58
Ο ΚΡΙΣΙΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ 96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 59
ΤΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ 100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 60
ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

60.1	Γενικά	103
60.2	Το κύριο ψυγείο.....	104
60.3	Το βοηθητικό ψυγείο	106
60.4	Η αντλία κυκλοφορίας	106
60.5	Αντλία κυκλοφορίας βοηθητικού ψυγείου.....	106
60.6	Η εξαγωγική αντλία συμπυκνώματος.....	107
60.7	Εκχυτήρες κενού	108
60.8	Δεξαμενή εξερισμού	110
60.9	Οι τροφοδοτικές αντλίες.....	112
60.10	Οι τροφοδοτικές δεξαμενές	112
60.11	Ο βραστήρας ή αποστακτήρας	113
60.12	Αντλίες λαδιού λιπάνσεως - Ψυγείο λαδιού - Φυγοκεντρικό ελαιοκαθαριστήριο - Χειραντλία λαδιού	113

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 61
Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ 114

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 62
Η ΨΥΞΗ ΣΤΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

62.1 Γενικά.....	116
62.2 Οι υδατόπυργοι.....	117
62.3 Υδατοδεξαμενές στάθμης	118

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 63

ΟΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΑΤΤΩΣΕΩΣ ΤΟΥΣ

63.1 Γενικά.....	119
63.2 Περιγραφή των απωλειών.....	119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 64

Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

64.1 Γενικά.....	123
64.2 Οι βαθμοί αποδόσεως του στροβίλου	123

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 65

Η ΙΣΧΥΣ Ή ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

65.1 Γενικά.....	126
65.2 Η εσωτερική ιπποδύναμη (N_e).....	126
65.3 Η πραγματική ιπποδύναμη (N_h)	127
65.4 Εφαρμογές.....	128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 66

Η ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

66.1 Γενικά.....	129
66.2 Η μετάδοση μέσω μειωτήρων με οδοντωτούς τροχούς	130
66.3 Η υδραυλική μετάδοση.....	131
66.4 Η ηλεκτρική μετάδοση	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 67

ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

67.1 Γενικά.....	133
67.2 Προετοιμασία - προθέρμανση και ετοιμότητα του στροβίλου για φόρτιση.....	133

67.3	Η αναστροφή του στροβίλου	135
67.4	Τα κατά τη λειτουργία του στροβίλου λαμβανόμενα μέτρα.....	136
67.5	Η κράτηση και η απομόνωση του στροβίλου	137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 68
ΟΙ ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ 138

	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 69	
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΚΕΝΩΝ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ		140

	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 70	
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ		143

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ
ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ
(ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 71
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΗ ΟΥΣΙΑ - ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

71.1	Γενικά	145
71.2	Η εργαζόμενη ουσία και τα καύσιμα των Μ.Ε.Κ.....	145
71.3	Οι δύο μεγάλες κατηγορίες των Μ.Ε.Κ.	147
71.4	Ο τρόπος λειτουργίας των Μ.Ε.Κ. Οι διάφορες φάσεις	147
71.5	Οι 4 χρόνοι του τετράχρονου κινητήρα	149
71.6	Οι 2 χρόνοι του δίχρονου κινητήρα.....	151
71.7	Τρόπος εναύσεως του καυσίμου. Βασική διάκριση των Μ.Ε.Κ.	152

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 72
Η ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ

72.1	Η κατάταξη των Μ.Ε.Κ.	155
72.2	Οι χρήσεις των Μ.Ε.Κ.	160
72.3	Σύγκριση των Μ.Ε.Κ. με τις ατμομηχανές.....	161
72.4	Βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία για τη μελέτη της λειτουρ- γίας των διαφόρων Μ.Ε.Κ.	162

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 73

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ ΤΩΝ BENZINOMΗΧΑΝΩΝ

73.1	Περιγραφή της μονοκύλινδρης βενζινομηχανής.....	164
73.2	Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	168
73.3	Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	171
73.4	Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης βενζινομηχανής και η ρύθμισή της. Γραφική παράσταση αυτής στο σπειροειδές διάγραμμα	174
73.5	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	177
73.6	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης βενζινομηχανής.....	179
73.7	Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής	180
73.8	Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.....	182
73.9	Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης βενζινομηχανής. Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα	184
73.10	Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης βενζινομηχανής.....	186
73.11	Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης βενζινομηχανής.....	187
73.12	Σύγκριση τετραχρόνων και διχρόνων βενζινομηχανών.....	187

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 74

ΚΑΥΣΗ BENZΙΝΗΣ

74.1	Εξαερίωση και καύση της βενζίνης.....	190
74.2	Κρουστική καύση, εκρηκτικότητα και βαθμός οκτανίου της βενζίνης	191
74.3	Το σύστημα τροφοδοτήσεως σε βενζινομηχανές με εξαεριωτή. Βασικές αρχές της λειτουργίας του εξαεριωτή.....	194
74.4	Η τροφοδότηση του εξαεριωτή με βενζίνη. Δεξαμενή στάθμης - Αντλία βενζίνης - Βενζιναντλία κενού	198
74.5	Οι χαρακτηριστικοί τύποι των εξαεριωτών.....	202
74.6	Ο σύγχρονος εξαεριωτής.....	202
74.7	Ο εξαεριωτής Zenith (Ζενίθ)	205
74.8	Άλλοι τύποι εξαεριωτών.....	206
74.9	Απαιτήσεις εξαεριωτών αεροπλάνων.....	207
74.10	Εξαεριωτής με εγχυτήρα τύπου Bendix-Stromberg	209

74.11 Η μηχανική έγχυση της βενζίνης	211
74.12 Το δίκτυο τροφοδοτήσεως του κινητήρα με μηχανική έγχυση βενζίνης - Αντλίες και καυστήρας μηχανικής εγχύσεως	213

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 75

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΛΕΞΕΩΣ ΣΤΗ BENZINOMΗΧΑΝΗ

75.1 Γενικά	218
75.2 Σύστημα αναφλέξεως με συσσωρευτές	218
75.3 Σύστημα αναφλέξεως με μαγνητοηλεκτρική μηχανή (μανιατό)	224
75.4 Η σειρά καύσεως στις βενζινομηχανές	224

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 76

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

76.1 Γενική περιγραφή της μονοκύλινδρης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	226
76.2 Η θεωρητική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχα- νής <i>Diesel</i>	230
76.3 Το θεωρητικό διάγραμμα της τετράχρονης πετρελαιομηχα- νής <i>Diesel</i>	232
76.4 Η πραγματική λειτουργία της τετράχρονης πετρελαιομηχα- νής <i>Diesel</i> και η ρύθμισή της. Γραφική παράστασή της στο σπειροειδές διάγραμμα.....	234
76.5 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της τετρά- χρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	236
76.6 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα και η μέση ενδεικτική πίεση της τετράχρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	238
76.7 Η θεωρητική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	238
76.8 Το θεωρητικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	240
76.9 Η πραγματική λειτουργία της δίχρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i> . Γραφική παράστασή της στο κυκλικό διάγραμμα	242
76.10 Το διάγραμμα της πραγματικής λειτουργίας της δίχρονης πετρελαιομηχανής <i>Diesel</i>	243
76.11 Το δυναμοδεικτικό διάγραμμα της δίχρονης πετρελαιομη- χανής <i>Diesel</i>	245
76.12 Σύγκριση τετραχρόνων και διχρόνων πετρελαιομηχανών	245

76.13 Πετρελαιομηχανές Diesel μικτού κυκλώματος.....	246
76.14 Συσχέτιση της λειτουργίας των μηχανών Diesel μικτού κυκλώματος με τις μηχανές Otto και Diesel.....	247

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 77

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΠΛΥΣΕΩΣ ΤΩΝ ΔΙΧΡΟΝΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

249

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 78

ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡΠΛΗΡΩΣΕΩΣ

78.1 Η υπερπλήρωση των μηχανών και η υπερφόρτωση	254
78.2 Συστήματα υπερπληρώσεως.....	255

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 79

Η ΕΓΧΥΣΗ ΚΑΙ Η ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

79.1 Γενικά.....	260
79.2 Βραδύτητα αυταναφλέξεως του πετρελαίου. Αριθμός σε- τανίου	261
79.3 Θάλαμοι καύσεως και διαμόρφωσή τους. Στροβιλισμός αέ- ρα και καυσίμου.....	262
79.4 Σύστημα τροφοδοτήσεως των πετρελαιομηχανών με πετρέ- λαιο.....	270
79.5 Αντλίες εγχύσεως του πετρελαίου.....	273
79.6 Εγχυτήρες.....	280
79.7 Συνδυασμός αντλίας και εγχυτήρα σε ενιαίο συγκρότημα εγχυτήρα τύπου General Motors.....	283
79.8 Η σειρά καύσεως στις πετρελαιομηχανές.....	287

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 80

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ BENZINΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΜΗΧΑΝΩΝ 290

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 81

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

81.1 Γενικά.....	292
------------------	-----

81.2	Το πλαίσιο της μηχανής.....	300
81.3	Κύλινδροι - χιτώνια.....	303
81.4	Πώματα.....	304
81.5	Έμβολα - ελατήρια - πείροι εμβόλων - βάκτρα	306
81.6	Διωστήρες - στροφαλοφόροι άξονες - τριβείς	309
81.7	Βαλβίδες - ωστήρια - έκκεντρα - εκκεντροφόρος άξονας.....	311

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 82

ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

317

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 83

ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

83.1	Γενικά.....	319
83.2	Η εισαγωγή του αέρα.....	319
83.3	Η τροφοδότηση με καύσιμο	322
83.4	Η εξαγωγή των καυσαερίων.....	322

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 84

Η ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

325

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 85

Η ΨΥΞΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

85.1	Γενικά	329
85.2	Φυσική κυκλοφορία	329
85.3	Τεχνητή κυκλοφορία	330
85.4	Η ψύξη των εμβόλων των πετρελαιομηχανών.....	334
85.5	Οι απώλειες εξ' αιτίας της ψύξεως της μηχανής.....	335

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 86

Η ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ Η ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

86.1	Γενικά	336
86.2	Η προθέρμανση της μηχανής	336
86.3	Η αρχική εικίνηση της μηχανής	338

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 87
Η ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

87.1 Γενικά.....	340
87.2 Προϋπόθεση για την αναστροφή των αναστρεφομένων μηχανών.....	340
87.3 Συστήματα αναστροφής αναστρεφομένων μηχανών.....	342
87.4 Χειρισμός αναστροφής.....	344

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 88

ΑΕΡΙΟΜΗΧΑΝΕΣ	345
--------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 89
ΜΗΧΑΝΕΣ SEMI - DIESEL

89.1 Γενικά.....	348
89.2 Μηχανή με πυρόσφαιρα ή πυροκεφαλή	348

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 90

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ. ΕΙΔΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

90.1 Οι απώλειες και οι βαθμοί αποδόσεως	350
90.2 Μέθοδοι αυξήσεως του βαθμού αποδόσεως	352
90.3 Ειδική κατανάλωση των Μ.Ε.Κ.	353
90.4 Εφαρμογές σχετικά με το βαθμό αποδόσεως και την ειδική κατανάλωση.....	355

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 91

Ο ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ Ή ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ - ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΥΤΟΥ

91.1 Ο δυναμοδείκτης και η λήψη του διαγράμματος	357
91.2 Η χρησιμότητα του δυναμοδεικτικού διαγράμματος	359

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 92

Η ΙΣΧΥΣ Ή ΙΠΠΟΔΥΝΑΜΗ ΤΩΝ Μ.Ε.Κ.

92.1 Η ενδεικτική ιπποδύναμη	361
------------------------------------	-----

92.2	Η πραγματική ιπποδύναμη	364
92.3	Εφαρμογές	365

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 93

ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

93.1	Γενικά	368
93.2	Μηχανές τύπου "V"	368
93.3	Μηχανές αστεροειδείς	370
93.4	Μηχανές με διπλά έμβολα	370
93.5	Μηχανές τύπου "Δ" (Δέλτα)	372
93.6	Μηχανή με περιστρεφόμενα λοβοειδή έμβολα τύπου "Wankel"	373

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 94

ΟΙ ΠΙΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ BENZINOKINΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

94.1	Οι πιο συνηθισμένες ανωμαλίες των βενζινομηχανών και οι τρόποι αποκαταστάσεώς τους είναι οι εξής	375
------	---	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 95

ΟΙ ΠΙΟ ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥΣ

95.1	Οι πιο συνηθισμένες ανωμαλίες των πετρελαιομηχανών και οι τρόποι αποκαταστάσεως αυτών είναι οι εξής	380
------	--	-----