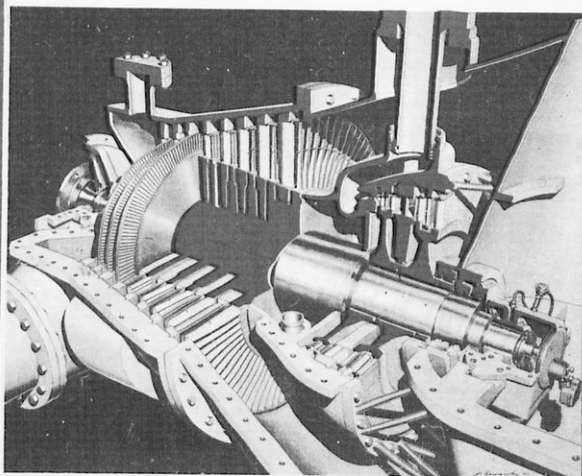




Β' Τεχνικού Λυκείου

ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Γ. Φ. Δανιήλ
ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ ΜΗΧ. ε.α.





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΡΕΝΙΔΟΥ
ΚΕΝΤΡΟ ΜΕΤΑΦΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ



Ε 13
Δανιήλ Γ Φ
Β' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΚΙΝΗΤΗΡΙΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Γ. Φ. ΔΑΝΙΗΛ

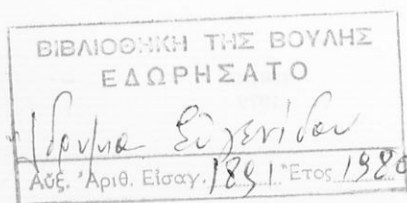
ΥΠΟΝΑΥΑΡΧΟΥ ΜΗΧ. Ε.Σ.

π. ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΣΧΟΛΗΣ Ν. ΔΟΚΙΜΩΝ (ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)

ΑΘΗΝΑ
1979



002
ΛΠΕ
ΕΤ2Β
2132



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἰδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καὶ σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγή, θά ἦταν ἀναγκαῖος καὶ ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ ἔθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδῆλωσε μὲ τὴ γενναϊόφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νὰ κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος ποῦ θά εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

Ἔτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956 συστήθηκε τὸ «Ἰδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποῦν τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαρϊάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερα ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. Ὅμως ἀπ' αὐτὲς ἡ σημαντικότερη, ποῦ κρίθηκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρώτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἐκδοσὴ βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὲς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερα ἐκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, ποῦ ἔχουν διατεθεῖ σὲ πολλὰ ἑκατομμύρια τεύχη, καὶ καλύπτουν ἀνάγκας τῶν Κατώτερων καὶ Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὁργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἐργατικοῦ Δυναμικοῦ (ΟΑΕΔ) καὶ τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καὶ εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψηὶ ὅχι μόνον ἐπιστημονικὴ, παιδαγωγικὴ καὶ γλωσσικὴ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ἀποψηὶ ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καὶ παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σὲ πολλὰς ἐπεξεργασίας καὶ βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδοσὴν.

Ἰδιαίτερη σημασία ἀπέδωσε τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιατί πιστεύει ὅτι καὶ τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα ἄρτια καὶ ὁμοιόμορφη ἀλλὰ καὶ κατάλληλη γιὰ τὴ στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νὰ συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγώγησιν τῶν μαθητῶν.

Ἔτσι μὲ ἀπόφασιν ποῦ πάρθηκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὲς Σχολές, ὅπως ἀργότερα καὶ γιὰ τίς Σχολές τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδου, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ καθαρεύουσα. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλόλογους τοῦ Ἰδρύματος καὶ ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξις καὶ ὁρολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαισθητὴ σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στὶς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι υποχρέωσή του, σύμφωνα μὲ τὸ πνεῦμα του ἰδρυτῇ του, νὰ θέσει στὴν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἐκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικὲς καὶ Ἑπαγγελματικὲς Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικά καὶ Ἑπαγγελματικὰ Λύκεια, σύμφωνα μὲ τὰ Ἀναλυτικὰ Προγράμματα τοῦ Κ.Ε.Μ.Ε.

Τὰ χρονικὰ περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νὰ παρουσιάσουν ἀτέλειες στὴ συγγραφὴ ἢ στὴν ἐκτύπωση, ποὺ θὰ διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἐκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὅλων ὅσων θὰ χρησιμοποιοῦσαν τὰ βιβλία, ὥστε νὰ μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νὰ συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς, Ὁμ. Καθηγητὴς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ. Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Ἀντιπρόεδρος.

Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητὴς ΕΜΠ, Διοικητὴς ΔΕΗ.

Παναγιώτης Χατζημάνου, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/τῆς Ἐπαγ/κῆς Ἑκπ. Ὑπ. Παιδείας.

Ἐπιστημ. Σύμβουλος, **Γ. Ροῦσσος**, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος **Κ.Α. Μανάφης**, Καθηγητὴς Φιλοσοφικῆς Σχολῆς Παν/σίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, **Δ.Π. Μεγαρίτης**.

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδής † (1955 – 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ. Ἀγγελος Καλογεράς † (1957 – 1970)

Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνις** (1957 – 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπετσιέρης**

(1956 – 1959). **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 – 1967) **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 – 1976)

Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ.

Οι Κινητήριες Μηχανές αποτελούν ένα από τα κύρια θέματα με τα οποία ασχολείται η Μηχανολογία, έχουν δέ ιδιαίτερη σημασία στη σύγχρονη ζωή του ανθρώπου, γιατί με την κατανάλωση ενέργειας ορισμένων μορφών παρέχουν πολύτιμη κινητική ενέργεια ή όποια χρησιμοποιείται για την κίνηση όχημάτων, πλοίων, αεροπλάνων, μηχανών ηλεκτροπαραγωγής, έργομηχανών και διαφόρων άλλων ποικίλων μηχανισμών.

Σύμφωνα με τό πρόγραμμα του ΚΕΜΕ, η ύλη του βιβλίου περιλαμβάνει στην αρχή ορισμένες βασικές γνώσεις από τη Θερμοδυναμική, αναγκαίες για την κατανόηση της λειτουργίας των Θερμικών Κινητηρίων Μηχανών και περιγραφή των Άτμολεβήτων, που παρέχουν τόν άτμο για τη λειτουργία των Άτμομηχανών. Στη συνέχεια από τό σύνολο των Κινητηρίων Μηχανών περιγράφονται:

α) Οι Άτμομηχανές (έμβολοφόρες ή παλινδρομικές και περιστροφικές ή άτμοστρόβιλοι).

β) Οι Άεριοστρόβιλοι.

Η περιγραφή των έμβολοφόρων άτμομηχανών γίνεται σέ πολύ γενικές γραμμές, έπειδή οι μηχανές αυτές έλάχιστα χρησιμοποιούνται σήμερα. Έτσι τό μεγαλύτερο ποσοστό της ύλης διατίθεται για τούς άτμοστρόβιλους που χρησιμοποιούνται εύρύτατα.

Οι άεριοστρόβιλοι έξ άλλου περιγράφονται σέ άρκετή έκταση, γιατί είναι και αυτοί μηχανές με μεγάλη, καθημερινά αύξανόμενη, χρησιμοποίηση, ενώ συνεχώς καταβάλλεται ή προσπάθεια των κατασκευαστών για την τελειοποίηση και τη βελτίωση της άποδόσεώς τους.

Η ύλη του βιβλίου είναι κυρίως περιγραφική. Γι' αυτό άλλωστε χρησιμοποιείται μέσα σ' αυτή μεγάλος αριθμός σχημάτων και εικόνων.

Έκτιμάται ότι τό περιεχόμενο του βιβλίου αυτού μαζί με τίς επί πλέον γνώσεις, που θά άποκομίσουν οι μαθητές από τίς παραδόσεις του καθηγητή τους στην αΐθουσα διδασκαλίας, θά άποβεί χρήσιμο έφόδιο για τη μετέπειτα σταδιοδρομία τους ή τίς μεταλλυκειακές σπουδές τους, ώστε νά άποτελέσουν μελλοντικά ένεργούς παράγοντες της τόσο άναγκαίας για τη χώρα μας Βιομηχανικής προόδου και Τεχνολογικής εξέλιξης.

Γ.Φ. Δανιήλ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

1.1 Είσαγωγή - Όρισμός κινητήριας μηχανής.

Κινητήρια Μηχανή ονομάζεται, γενικά, συγκρότημα από μεταλλικά κυρίως εξαρτήματα, κατάλληλο να εκμεταλλεύεται την ενέργεια μιάς ορισμένης μορφής, πού του χορηγείται, και να μετατρέπει ένα μέρος απ' αυτήν σε ωφέλιμο ή κινητήριο έργο.

Τό ποσοστό του έργου πού παράγει ή μηχανή, συγκριτικά μέ την ενέργεια πού κατανάλωσε γιά την παραγωγή του, χαρακτηρίζει την ποιότητα της μηχανής και μετριέται μέ τό λεγόμενο **βαθμό απόδοσεως** ή πιό απλά **άπόδοση** της μηχανής. Όσο δηλαδή μεγαλύτερο είναι τό ποσό του έργου πού παράγει μιά μηχανή μέ τή χρησιμοποίηση ορισμένης ποσότητας ενέργειας, τόσο οικονομικότερη είναι και τόσο υψηλότερος ό βαθμός αποδόσεώς της. Γιά νά μπορούμε νά μετρήσουμε την απόδοση μιάς μηχανής πρέπει και ή χορηγούμενη ενέργεια και τό παραγόμενο έργο νά μετριοῦνται μέ τίς ίδιες μονάδες, όποτε βρίσκουμε τό βαθμό αποδόσεως της μηχανής σε εκατοστιαίο ποσοστό. Ό βαθμός αποδόσεως είναι προφανώς πάντοτε μικρότερος από τή μονάδα, π.χ. 11%, 20%, 30%, 35%, όπως θά δοῦμε και άργότερα στις ειδικές περιγραφές.

Τά διάφορα μέρη της μηχανής διακρίνονται σε **σταθερά** και **κινητά** και λειτουργούν έτσι, ώστε νά επιτυγχάνεται ή περιστροφή του άξονα της μηχανής, από τόν όποιο τελικά παίρνομε τό έργο.

α) Κατηγορίες κινητηρίων μηχανών.

Ανάλογα μέ τή μορφή ενέργειας πού χρησιμοποιούν οι κινητήριες μηχανές κατά τή λειτουργία τους διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Έτσι αν καταναλίσκουν θερμότητα, δηλ. θερμική ενέργεια, λέγονται **θερμικές** μηχανές ή **θερμοκινητήρες**. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι **άτμομηχανές** (έμβολοφόρες ή παλινδρομικές), **οί άτμοστρόβιλοι, οί άεριοστρόβιλοι, οί βενζινομηχανές, οί άτμομηχανές, οί πετρελαιομηχανές**, κλπ. Άν χρησιμοποιούν ήλεκτρική ενέργεια λέγονται **ήλεκτροκινητήρες**.

Άν αντί γιά θερμότητα χρησιμοποιηθεί ή ενέργεια πού προέρχεται από τή διάσπαση του πυρήνα του ατόμου, ή **πυρηνική** δηλαδή ενέργεια, τότε έχομε την **πυρηνική έγκατάσταση** παραγωγής έργου. Μέ τίς πυρηνικές έγκαταστάσεις ασχολείται ιδιαίτερος κλάδος της Έπιστήμης, ή πυρηνική φυσική και πυρηνική Τεχνολογία.

Τά τελευταία χρόνια μέ την έλλειψη των καυσίμων πού παρατηρείται στη Φύση

καταβάλλεται προσπάθεια να αναπτυχθεί σε βαθμό εκμεταλλεύσιμο και η **Αιολική** μηχανή που χρησιμοποιεί την Αιολική ενέργεια, δηλαδή την ενέργεια των ανέμων που υπάρχει ανέκαθεν στη Φύση (ίστιοφόρα - ανεμόμυλοι κλπ.). Καταβάλλονται επίσης προσπάθειες να γίνουν εκμεταλλεύσιμες και άλλες φυσικές πηγές ενέργειας, όπως είναι κατά κύριο λόγο ο ήλιος.

β) Έργομηχανή.

Στήν Τεχνική, εκτός από τις κινητήριες μηχανές που αναφέραμε, χρησιμοποιούνται και όρισμένες άλλες μηχανές, οι οποίες δεν παράγουν αλλά αντιθέτως καταναλώνουν έργο για να πραγματοποιήσουν έναν όρισμένο σκοπό. Τέτοιες μηχανές είναι π.χ. οι αντλίες, οι οποίες καταναλώνουν έργο για να μεταγγίσουν δηλαδή να μεταφέρουν ή να ανυψώσουν ένα ρευστό, οι αεροσυμπιεστές που παράγουν αέρα σε υψηλή πίεση (πεπιεσμένο), οι ψυκτικές μηχανές που δημιουργούν τις χαμηλές θερμοκρασίες της ψύξεως, τα ανυψωτικά μηχανήματα που ανυψώνουν τα διάφορα βάρη κλπ. Αυτές οι μηχανές σε αντιδιαστολή προς τις κινητήριες ονομάζονται **έργομηχανές**.

γ) Έργαζόμενη μάζα ή ουσία στις θερμικές κινητήριες μηχανές.

Στους θερμοκινητήρες, για να έπιτευχθεί η παραγωγή του έργου, χρησιμοποιείται πάντοτε ένα υλικό, το οποίο υποβάλλεται σε προκαθορισμένες μεταβολές και χρησιμοποιεί, για να μεταφέρει τη θερμότητα κατά προκαθορισμένο τρόπο.

Το υλικό αυτό καλείται **έργαζόμενη ουσία**, ή **μάζα** ή και **κινητήριο ρευστό**.

Στις **άτμομηχανές** π.χ. ως έργαζόμενη μάζα χρησιμοποιείται το νερό, το οποίο με τη θέρμανση μετατρέπεται σε άτμο. Αυτός χρησιμοποιείται ως φορέας της θερμότητας αλλά και της ενέργειας γενικότερα, ένα μέρος της οποίας η μηχανή το μετατρέπει σε κινητήριο έργο. Μετά τη μετατροπή αυτή, ο άτμος, αφού απέδωσε μέρος της ενέργειάς του για την παραγωγή έργου, συμπυκνώνεται εκτός της μηχανής πάλι σε νερό, το οποίο υποβάλλεται εκ νέου στις ίδιες μεταβολές εξ αρχής, δηλαδή σε **θέρμανση - άτμοποίηση - παραγωγή έργου - συμπύκνωση**, εξακολουθητικά και όσο η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία.

Στις **άεριομηχανές** ως έργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται ένα μίγμα από αέρα και καύσιμο αέριο, π.χ. **φωταέριο** ή **αέριο της ύψικαμίνου** ή **φυσικό καύσιμο αέριο**.

Στις **βενζινομηχανές** και **πετρελαιομηχανές** χρησιμοποιείται βασικά ο αέρας, μαζί με τα καυσάερια που παράγονται από την καύση του καυσίμου.

Στους **άεριοστρόβιλους** τέλος χρησιμοποιείται ο αέρας με τα καυσάερια ή και άλλο αέριο από τα ονομαζόμενα αδρανή, όπως το κρυπτό, άργο, ξένο κλπ.

Οι πιο ενδιαφέρουσες έργαζόμενες ουσίες είναι τα **άερια** γενικώς και οι **άτμοι** των υγρών. Οι μεταβολές τους βρίσκουν απόλυτη εφαρμογή στη λειτουργία των θερμικών μηχανών και γι' αυτό στα επόμενα κεφάλαια θα τις εξετάσουμε κάπως λεπτομερώς.

1.2 Άλλαγες καταστάσεως των αερίων και άτμων. Η σημασία των αλλαγών αυτών στη λειτουργία των κινητήριων θερμικών μηχανών.

Όπως γνωρίζουμε, τα χαρακτηριστικά στοιχεία των αερίων και των άτμων είναι η **πίεση**, η **θερμοκρασία** και ο **είδικός όγκος**. Τα στοιχεία αυτά δεν παραμένουν

σταθερά, αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με τις συνθήκες, υπό τις οποίες βρίσκεται τό αέριο ή ο άτμος.

‘Η ευκολία, με την οποία αλλάζουν τά στοιχεία αυτά, καί ιδιαίτερα ο όγκος, χρησιμοποιείται στην Τεχνική εύρύτατα γιά τή λειτουργία τών θερμικών μηχανών.

“Όταν ένα ή περισσότερα από τά στοιχεία ενός αερίου ή άτμου μεταβάλλονται, λέμε ότι πραγματοποιείται μία **άλλαγή καταστάσεως** του αερίου ή του άτμου.

‘Ο συνηθέστερος τρόπος, γιά νά επιτευχθούν στην Τεχνική οί αλλαγές καταστάσεως ενός αερίου, είναι ή παροχή ή αφαίρεση θερμότητας άπ’ αυτό. “Ετσι τό στοιχείο, πού καθορίζει ως επί τό πλείστον τό μέγεθος μιάς αλλαγής καταστάσεως, είναι τό ποσό τής **χορηγούμενης ή αφαιρούμενης θερμότητας**.

“Όταν χορηγούμε θερμότητα σ’ ένα αέριο, τήν υπολογίζουμε ως θετική καί όταν τήν αφαιρούμε άπ’ αυτό, δηλαδή όταν τό ψύχουμε τήν υπολογίζουμε ως άρνητική.

Οί χαρακτηριστικές αλλαγές καταστάσεως τών αερίων καί τών άτμών είναι οί εξής:

— ‘Υπό **σταθερό όγκο** (ή **ισόογκη** ή **ισόχωρη** αλλαγή). Κατ’ αυτή τήν όγκος του αερίου παραμένει σταθερός, ενώ τά λοιπά στοιχεία του μεταβάλλονται. Αυτή προφανώς άκολουθεί τό Νόμο του Gay-Lussac κατά τή δεύτερη διατύπωσή του, σύμφωνα με τήν όποία είναι:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{όταν} \quad v = c \quad \text{δηλαδή}$$

όταν ο όγκος ενός αερίου παραμένει σταθερός, οί πιέσεις του μεταβάλλονται ανάλογα με τις απόλυτες θερμοκρασίες πού έχει κάθε φορά.

— ‘Υπό **σταθερή πίεση** (ή **ισόθαλη** αλλαγή). Κατ’ αυτή ή πίεση του αερίου παραμένει σταθερή, ενώ τά λοιπά στοιχεία του αλλάζουν. Καί ή αλλαγή αυτή άκολουθεί τό Νόμο του Gay-Lussac κατά τήν πρώτη του διατύπωση, σύμφωνα με τήν όποία είναι:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{όταν} \quad p = c \quad \text{δηλαδή}$$

όταν ή πίεση ενός αερίου παραμένει σταθερή, οί εϊοικοί όγκοι του μεταβάλλονται ανάλογα με τις απόλυτες θερμοκρασίες πού έχει κάθε φορά.

— ‘Υπό **σταθερή θερμοκρασία** (ή **ισοθερμοκρασιακή** αλλαγή), ή όποία πραγματοποιείται όταν ή θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή, ενώ τά άλλα στοιχεία του μεταβάλλονται. ‘Η αλλαγή αυτή άκολουθεί τό Νόμο τών Boyle-Marriott

κατά τόν όποιο είναι $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$, όταν $T = c$. Δηλαδή **όταν ή θερμοκρασία ενός**

αερίου παραμένει σταθερή, οί πιέσεις πού αναπτύσσει τό αέριο είναι άντιστρόφως άνάλογες πός τούς όγκους πού έχει κάθε φορά.

— **Άδιαβατική** (ή **αδιάθερμη** αλλαγή), ή όποία σημαίνει ότι κατά τή διάρκεια, πού πραγματοποιείται ή αλλαγή, κανένα ποσό θερμότητας δέν χορηγείται στό αέριο ούτε αφαιρείται άπό αυτό. Αυτό άκριβώς λέγει καί ή λέξη **άδιαβατική** ή **αδιάθερμη**, ότι δηλαδή καμιά ποσότητα θερμότητας δέν διέρχεται ή δέν διαβαίνει: τά τοιχώμα-

τα του δοχείου ή του κυλίνδρου, μέσα στον οποίο βρίσκεται το αέριο.

Οι αλλαγές αυτές καταστάσεως μας χρησιμεύουν, γιατί αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τούς **νόμους, που ακολουθούν τα αέρια και οι άτμοι κατά την πορεία τους μέσα στις θερμικές μηχανές.**

Τό σύνολο των αλλαγών καταστάσεως ενός αερίου ή άτμου μέσα σε μία θερμική μηχανή αποτελεί τό λεγόμενο θερμικό κύκλο τής μηχανής. Λέγεται κύκλος έπειδή τό αέριο ξεκινά μέ όρισμένες συνθήκες πιέσεως, όγκου καί θερμοκρασίας, οι οποίες μεταβάλλονται, αλλά τελικά έπαναφέρεται στις αρχικές του συνθήκες. Ό κύκλος αυτός προκαθορίζει τόν κλειστό ή έπαναλαμβανόμενο τρόπο λειτουργίας μιας μηχανής καί διαφέρει ανάλογα μέ τόν τύπο της. Κατά τήν πραγματοποίηση του θερμικού κύκλου αποδίδεται από τή μηχανή τό ωφέλιμο έργο.

α) Τα δύο θερμοδυναμικά αξιώματα ή Νόμοι.

Όταν ένα σώμα είναι ικανό νά μας αποδώσει έργο, λέμε ότι έχει ενέργεια. Ένέργεια καί έργο διαφέρουν μεταξύ τους. Η ενέργεια είναι μία ποσότητα όπως καί τό έργο καί τή μετράμε μέ τίς ίδιες ή αντίστοιχες προς αυτό μονάδες, δέν ταυτίζεται όμως μέ τό έργο.

Είναι ή ικανότητα ενός σώματος νά αποδίδει έργο καί όχι αυτό τό ίδιο τό έργο που αποδίδει τό σώμα.

Είδη ενέργειας στη φύση υπάρχουν: **ή μηχανική** (κινητική - δυναμική), **ή μαγνητική**, **ή ηλεκτρική**, **ή χημική**, **ή θερμική** (ή θερμότητα) καί **ή πυρηνική**.

Όπως γνωρίζουμε από τή Φυσική ισχύει ή αρχή ή Νόμος, που καθορίζει ότι **ένέργεια μιάς μορφής μπορεί νά μετατραπεί σε ενέργεια άλλης ή άλλων μορφών χωρίς καμιά άπώλεια** δηλαδή χωρίς νά χαθεί καμιά ποσότητα από τήν ενέργεια αρχικής μορφής.

Η αρχή αυτή καλείται **αρχή διατηρήσεως τής ενέργειας** ή καί **αρχή ή νόμος του Mayer** καί καθορίζει ότι ή συνολική ενέργεια, τήν οποία θά βρούμε στό τέλος τής μετατροπής, άν άθροίσουμε τίς επί μέρους ενέργειες, που προέκυψαν, θά είναι ακριβώς ίση μέ τήν αρχική που χρησιμοποιήθηκε.

Γιά τή μετατροπή ειδικά τής θερμότητας σε μηχανικό έργο χρησιμοποιούμε, όπως ξέρομε ήδη, τίς θερμικές μηχανές.

Η έπιστήμη, ή οποία ασχολείται μέ τίς θερμικές μηχανές καί μέ τά προβλήματα τής μετατροπής τής θερμότητας σε μηχανικό έργο, λέγεται **θερμοδυναμική**, καί βασίζεται σε δύο θεμελιώδεις νόμους, που ονομάζονται: «Πρώτος» καί «Δεύτερος» θερμοδυναμικοί Νόμοι ή αξιώματα.

1) Τό Α΄ Θερμοδυναμικό Άξίωμα ή Νόμος.

Ό Α΄ Θερμοδυναμικός Νόμος ή αρχή του Mayer (Μάγιερ) προσδιορίζει γενικά τή **σχέση** που υπάρχει **μεταξύ θερμότητας καί μηχανικού έργου**. Είναι δηλαδή ο ίδιος μέ τήν αρχή τής διατηρήσεως τής ενέργειας.

Καθορίζει ότι, άν μετατρέψουμε τελείως σε έργο 1 kcal, θά πάρουμε όρισμένο ποσό μηχανικού έργου ίσο πάντοτε προς 427 kpm, ώστε κατά τούς υπολογισμούς νά έχομε τήν ακόλουθη σχέση μετατροπής:

$$1 \text{ kcal} = 427 \text{ kpm}$$

καί στό άγγλικό σύστημα:

$$1 \text{ B.T.U.} = 778 \text{ ft} \cdot \text{lb}$$

• Αντιστρόφως πάλι καταναλώνοντας 1 krm ή 1 ft. lb θά πάρουμε αντίστοιχα $\frac{1}{427}$ kcal και $\frac{1}{778}$ B.T.U.

Στους τύπους αυτούς είναι:

kcal = ή χιλιοθερμίδα ή μεγάλη θερμίδα.

krm = τό κιλοποντόμετρο ή και kgm = χιλιογραμμόμετρο.

BTU = ή Βρετανική θερμίδα ίση με 0,252 kcal.

ft. lb = τό ποδόλιμπρο ίσο με 0,138 krm περίπου.

Οι αριθμοί 427 και 778 ονομάζονται **μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας** και τά αντίστροφά τους $\frac{1}{427}$ και $\frac{1}{778}$ λέγονται **θερμικό ισοδύναμο του έργου**.

Π.χ. ή θερμότητα πού θά παραχθεῖ από έργο 6405 krm θά ίσοῦται πρὸς 6405: 427 = 15 kcal και τό έργο τό ὁποῖο θεωρητικά θά πάρουμε από 50 B.T.U., θά εἶναι $50 \times 778 = 38900$ ft. lb.

• Όταν σ' ένα άέριο χορηγηθεῖ ένα ποσό θερμότητας τότε βασικά αλλάζει ή κατάσταση τοῦ άέριου. Αυτό τό ποσό τής θερμότητας χρησιμοποιεῖται άφ' ενός μέν γιά τήν αύξηση τής **έσωτερικῆς ενέργειας** τοῦ άέριου άφ' έτέρου δέ γιά τήν πραγματοποίηση **έξωτερικοῦ έργου** από τό άέριο.

• Η αύξηση τής έσωτερικῆς ενέργειας τοῦ άέριου μετρίεται από τήν ὕψωση τής θερμοκρασίας του, τό δέ παραγόμενο έργο από τή μεταβολή τοῦ ὄγκου του.

Σύμφωνα μέ αυτά και εάν ὀνομάσουμε: Q τή χορηγούμενη θερμότητα, U τήν αύξηση ενέργειας τοῦ άέριου, W τό πραγματοποιούμενο έργο (μετρημένο κι αυτό μέ μονάδες θερμότητας) θά έχομε:

$$Q = U + W$$

• Η μαθηματική αυτή σχέση εἶναι βασική στή θερμοδυναμική και εἶναι ή μαθηματική έκφραση τοῦ Α' θερμοδυναμικοῦ Νόμου.

2) Τό Β' θερμοδυναμικό Άξίωμα ή Νόμος.

• Ο Β' θερμοδυναμικός Νόμος ή άρχή τοῦ Carnot (Καρνό) στήν άπλή μορφή του καθορίζει ὅτι ή θερμότητα ρέει μόνη της από τίς ὕψηλότερες πρὸς τίς χαμηλότερες θερμοκρασίες, ὅτι δηλαδή μεταβαίνει μόνη της από τά θερμότερα πρὸς τά ψυχρότερα σώματα, και ποτέ αντίστροφα.

• Ο Νόμος αυτός ἐξηγεῖ τή λειτουργία τῶν θερμοκινῶν Μηχανῶν. Στίς θερμοκινές μηχανές ἐκμεταλλευόμαστε τή **διαφορά τής θερμοκρασίας**, ή ὁποία ὑπάρχει μεταξύ **ένός θερμοῦ** και **ένός ψυχροῦ** σώματος, π.χ. μεταξύ λέβητα - ψυγείου στίς ἀτμομηχανές ή θαλάμου καύσεως - περιβάλλοντος στούς άεριοστρόβιλους κλπ.

• Η θερμότητα δηλαδή ρέει από τό θερμό πρὸς τό ψυχρό σώμα περνώντας από τήν κυρίως μηχανή, ή ὁποία παραλαμβάνει ένα ποσό τής θερμότητας αὐτῆς και τό μετατρέπει σέ μηχανικό έργο.

• Ο Β' θερμοδυναμικός Νόμος καθορίζει ἐπί πλέον ὅτι ή **άπόδοση μιάς θερμοκινῆς μηχανῆς**, ή ὁποία παρεμβάλλεται και ἐργάζεται μεταξύ δύο σωμάτων μέ διαφορετική θερμοκρασία, **εἶναι πάντοτε ἀριθμός μικρότερος από τή μονάδα** και ὅταν ακόμη ή μηχανή εἶναι τέλεια. Αυτό σημαίνει ὅτι **μέρος μόνο από τή θερμότητα**, πού παραλαμβάνει ή μηχανή από τό θερμό σώμα (π.χ. τό λέβητα), **μπορεῖ νά τό μετατρέψει σέ μηχανικό έργο**, ἐνῶ τό ὑπόλοιπο χάνεται και ἀποτελεῖ τίς λεγόμενες **ἀπώλειες τής θερμοκινῆς μηχανῆς**.

• Η άπόδοση τής μηχανῆς εἶναι τόσο μεγαλύτερη, δηλαδή τόσο περισσότερο μέ-

ρος της θερμότητας μετατρέπεται σέ έργο, όσο μεγαλύτερη είναι ή διαφορά μεταξύ του θερμού και του ψυχρού σώματος. Συνήθως όμως ως ψυχρό σώμα χρησιμοποιείται τό περιβάλλον (νερό ή αέρας ψύξεως), ή θερμοκρασία του οποίου δέν μεταβάλλεται πολύ, είναι δηλαδή περίπου σταθερή. Έπομένως **ή απόδοση μις θερμικής μηχανής εξαρτάται τότε από ή θερμοκρασία του θερμού μόνο σώματος** και είναι τόσο μεγαλύτερη όσο ύψηλότερη είναι ή θερμοκρασία, μέ την οποία χορηγείται ή θερμότητα στη μηχανή, δηλαδή όσο ύψηλότερη είναι ή θερμοκρασία του θερμού σώματος.

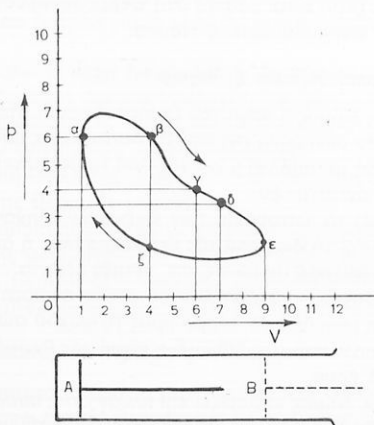
Από αυτά αντιλαμβανόμαστε την ιδιαίτερη σημασία πού έχει ο Β' Θερμοδυναμικός Νόμος, ό οποίος διέπει ή λειτουργία των Θερμικών Μηχανών.

β) Γραφική παράσταση της καταστάσεως ενός αερίου, των αλλαγών καταστάσεως και των κύκλων λειτουργίας στο διάγραμμα πίεσεως - όγκου ($p - V$). Μέτρηση του έργου μέ τό εμβαδόν.

Ο συνηθέστερος τρόπος γιά ή γραφική παράσταση των αλλαγών καταστάσεων των αερίων και των θερμικών κύκλων των μηχανών είναι ή απεικόνισή τους στο διάγραμμα πίεσεως - όγκου ή $p - V$ ως εξής:

Από τό σημείο Ο φέρομε δύο άξονες κάθετους μεταξύ τους (σχ. 1.2α). Ο όριζόντιος άξονας λέγεται **άξονας των όγκων** (V), και ό κατακόρυφος **άξονας των πιέσεων** (p).

Στόν άξονα των όγκων μετράμε από τό Ο προς τά δεξιά τούς όγκους μέ μία ορισμένη κλίμακα, και στόν άξονα των πιέσεων από τό Ο προς τά πάνω μετράμε τίς ά-



Σχ. 1.2α.

πολυτες πιέσεις μέ άλλη, επίσης ορισμένη κλίμακα.

Ας θεωρήσουμε τώρα έναν κύλινδρο μηχανής, τοποθετημένο οριζόντια και παράλληλα προς τόν άξονα των όγκων, και μέσα στόν κύλινδρο ένα έμβολο, πού κινείται από ή θέση Α προς ή θέση Β και αντίστροφα.

“Ας θεωρήσουμε επίσης ότι μέσα στον κύλινδρο έχουμε κλείσει μεταξύ του πώματος του κυλίνδρου και του έμβολου ένα αέριο, πού αλλάζει καταστάσεις. Δηλαδή ότι κυρίως αυξάνει ο όγκος του και ελαττώνεται η πίεσή του, όποτε λέμε ότι τό αέριο **έκτονώνεται** (ή **άποτονώνεται**), ή αντίστροφα ελαττώνεται ο όγκος του και αυξάνει η πίεσή του, όποτε τό αέριο **συμπέζεται**.

“Εστω ότι σέ κάποια θέση του έμβολου ο όγκος του αερίου είναι π.χ. 4 και ότι μετράμε τήν πίεση, πού έχει εκείνη τή στιγμή τό αέριο, και τή βρίσκουμε ίση πρός 6. Φέρομε κάθετο από τό σημείο 4 και όριζόντια από τό σημείο 6 και βρίσκουμε τό σημείο συναντήσεώς τους β. Κατά τόν ίδιο τρόπο γιά τή θέση 7 του έμβολου μετράμε τήν πίεση του αερίου και τή βρίσκουμε έστω 3,5. Φέρομε πάλι κάθετο και όριζόντια και προσδιορίζουμε τό σημείο δ.

“Εργαζόμενοι αντίθέτως τώρα λαμβάνουμε σημείο γ και φέρομε από αυτό κάθετο και όριζόντια πρός τούς δύο άξονες. Θά προσδιορίσουμε τότε τό σημείο 6 πάνω στον άξονα των όγκων και τό σημείο 4 πάνω στον άξονα των πιέσεων. Αυτό σημαίνει ότι στη θέση 6 του έμβολου ή αντίστοιχη πίεση του αερίου μέσα στον κύλινδρο θά είναι 4.

“Απ’ αυτά συμπεραίνομε ότι **δταν γνωρίζομε τόν όγκο και τήν πίεση ενός αερίου, μπορούμε νά παραστήσομε τήν κατάστασή του μέ ένα σημείο πάνω στό επίπεδο του διαγράμματος $p - V$ και αντίστρόφως ότι όποιοδήποτε σημείο πάνω στό επίπεδο του διαγράμματος $p - V$ παριστάνει κατάσταση του αερίου, στην οποία αντιστοιχεί ένας μόνο όγκος και μία πίεση αυτού**.

“Αν εξακολουθήσομε τήν ίδια εργασία γιά όλες τίς θέσεις του έμβολου, νά μετράμε δηλαδή όγκο και πίεση και νά βρίσκομε τά αντίστοιχα σημεία στό διάγραμμα, θά βρούμε ένα μεγάλο αριθμό σημείων, τό ένα δίπλα στό άλλο. “Αν ενώσομε τά σημεία αυτά μεταξύ τους διαδοχικά, θά κατασκευάσομε μία συνεχή καμπύλη γραμμή. “Η γραμμή αυτή παριστάνει τήν **άλλαγή τής καταστάσεως** του αερίου μέσα στον κύλινδρο.

Στό σχήμα 1.2α έχουμε τή γραμμή αβγδε, ή όποία παριστάνει τίς μεταβολές τής καταστάσεως του αερίου, όταν τό έμβολο κινείται από τή θέση Α πρός τή θέση Β, άφ’ έτέρου δέ τή γραμμή εζα, ή όποία παριστάνει άντιστοίχως τίς μεταβολές καταστάσεως του αερίου, όταν τό έμβολο κινείται από τή θέση Β πρός τή θέση Α.

Καί οι δύο γραμμές μαζί άποτελούν τήν κλειστή γραμμή αβγδεζα. “Η κλειστή αυτή γραμμή παριστάνει έπομένως τό σύνολο των άλλαγών καταστάσεως του αερίου, τό όποιο ξεκινά από μία κατάσταση α, πραγματοποιεί τόν κύκλο του και έπαναφέρεται σ’ αυτή, έπαναλαμβάνει δέ συνεχώς τό ίδιο όσο εργάζεται κατά τόν ίδιο τρόπο μέσα στον κύλινδρο.

Γιαυτό και οι κλειστές αυτές γραμμές λέγονται στη Θερμοδυναμική **κυκλικές άλλαγές καταστάσεως ή κύκλοι** των μηχανών.

“Ας πάρομε πάλι τό διάγραμμα $p - V$ στό σχ. 1.2β και στό επίπεδό του άς σχεδιάσομε ένα μικρό τετράγωνο, τό αβγδα.

“Όπως ξέρομε, τό έμβαδόν αυτού του τετραγώνου μετριέται μέ τό γινόμενο αδ . όγ. “Η αδ όμως παράλληλη πρός τόν άξονα των πιέσεων, είναι ένα μήκος πού παριστάνει όρισμένη πίεση, ενώ ή όγ άντίστοιχα, ως παράλληλη πρός τόν άξονα του όγκου, είναι ένα μήκος, πού παριστάνει όγκο.

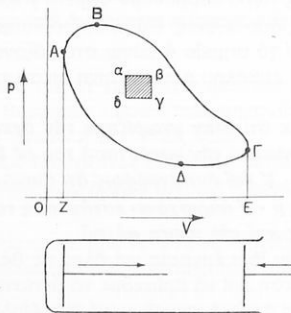
Συμπεραίνομε λοιπόν ότι τό έμβαδόν αυτό είναι γινόμενο πιέσεως επί όγκο, δηλαδή $p \cdot V$.

Γνωρίζουμε όμως ότι η πίεση είναι τό πηλίκον δυνάμεως F διά μιᾶς ἐπιφάνειας S , $p = F/S$ ὁ δέ ὄγκος γινόμενον ἐπιφάνειας S ἐπὶ μήκος l ἢ $V = S \cdot l$ ἄρα τό γινόμενον πού βρήκαμε προηγουμένως $p \cdot V$ θά εἶναι:

$$p \cdot V = \frac{F}{S} \cdot S \cdot l = F \cdot l \quad \text{ἢ} \quad p \cdot V = F \cdot l$$

Ἀλλά τό γινόμενον $F \cdot l$ εἶναι δύναμη ἐπὶ μήκος (δηλ. μετακίνηση), ἄρα εἶναι ἓνα **ἔργο**· συνεπῶς τό ἐμβαδόν αβγδα καί κατ' ἐπέκταση ὁποιοδήποτε **ἐμβαδόν ἐπάνω στό διάγραμμα τῶν ἀξόνων $p - V$ παριστάνει πάντοτε ἓνα ποσό ἔργου**.

Κατ' αὐτόν τόν τρόπο τό ἔργο, πού παράγεται κατά τή μετακίνηση τοῦ ἐμβόλου ἀπό τήν ἀριστερή πρὸς τή δεξιά θέση, ἀποδεικνύεται ὅτι παρίσταται ἀπό τό ἐμβα-



Σχ. 1.2β.

δόν ΑΒΓΕΖΑ ἐκφρασμένο σέ μονάδες ἔργου.

Τό ἔργο αὐτό εἶναι θετικό, γιατί εἶναι τό ἔργο πού παράγει τό αέριο ὅταν ἐκτονωίνεται.

Ἀντιθέτως τό ἔργο, πού ἀπορροφᾷ τό αέριο ὅταν συμπιέζεται, ὅταν δηλαδή τό ἔμβολο κινεῖται ἀπό τή δεξιά πρὸς τήν ἀριστερή θέση, εἶναι ἀρνητικό καί παριστάνεται ἀπό τό ἐμβαδόν ΑΖΕΓΔΑ ἐκφρασμένο σέ μονάδες ἔργου.

Ἡ διαφορὰ τῶν δύο αὐτῶν ἔργων θά μᾶς δώσει τό ὠφέλιμο ἔργο τοῦ κύκλου, τό ὅποιο, ὅπως ἀντιλαμβανόμαστε, παριστάνεται ἀπό τό ἐμβαδόν πού περιέχεται μέσα στήν κλειστή γραμμὴ ΑΒΓΔΑ πάντοτε ἐκφρασμένο σέ μονάδες ἔργου.

1.3 Βασικές ἀλλαγές καταστάσεως ἀερίων καί ἀτμῶν. Μελέτη τῶν ἀλλαγῶν, γραφικὴ παράσταση.

Ἐδῶ θά ἐξετάσουμε πῶς πραγματοποιοῦνται οἱ ἀλλαγές καταστάσεως πού ἀναφέραμε στήν παράγραφο 1.2, τί ἐπιτυγχάνουμε μέ κάθε μία ἀπ' αὐτές, πῶς κάθε μία παριστάνεται γραφικά στό διάγραμμα $p - V$ καί ποιά ἐφαρμογὴ ἔχει στήν πραγματοποίηση τῆς λειτουργίας τῶν θερμικῶν μηχανῶν.

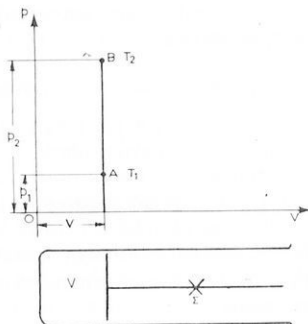
α) Ἰσόδοξη ἀλλαγὴ (ἀλλαγὴ καταστάσεως μέ σταθερό ὄγκο τοῦ αερίου)

Αὕτη πραγματοποιεῖται μέ ἀμετάβλητο τόν ὄγκο τοῦ αερίου. Ἀν δηλαδή σέ ἓνα

αέριο, πού βρίσκεται μέσα σέ δοχείο μέ σταθερό όγκο V , χορηγήσαμε ποσότητα θερμότητας Q , θά παρατηρήσουμε ότι ή πίεση καί ή θερμοκρασία του θά αύξηθουν, ενώ ο όγκος του προφανώς θά παραμείνει αμετάβλητος.

Τό αντίθετο θά συμβεί, αν αφαιρέσουμε θερμότητα από τό αέριο. Τότε ή πίεση καί ή θερμοκρασία του θά έλαττωθουν, ενώ ο όγκος του θά παραμείνει σταθερός.

Ής πάρουμε λοιπόν ένα κύλινδρο, καί ας τον τοποθετήσουμε οριζόντια καί παράλληλα πρός τόν άξονα των όγκων (σχ. 1.3α).



Σχ. 1.3α.

Ής θεωρήσουμε επίσης ότι στό σημείο Σ έχομε άκίνητησει τό έμβολο, ώστε ο όγκος του αερίου νά μή μπορεί νά μεταβληθεί, θά παραμείνει δηλαδή σταθερός καί ίσος πάντοτε πρός V .

Ή κατάσταση του αερίου αυτού προσδιορίζεται τότε ως:

πίεση = p_1 , όγκος = V καί θερμοκρασία = T_1 .

Έάν θερμάνουμε τό αέριο έξωτερικώς, τότε ο μέν όγκος του θά παραμείνει ο ίδιος V , έπειδή τό έμβολο είναι άκίνητο, ή θερμοκρασία του από T_1 , θά ανέλθει σέ T_2 , ή δέ πίεσή του από p_1 θά αύξηθει καί αυτή σέ p_2 . Τά αντίθετα θά συμβούν, αν αφαιρέσουμε θερμότητα από τό αέριο, ψύχοντας π.χ. τόν κύλινδρο έξωτερικώς. Ή κατάσταση έπομένως του αερίου στό σημείο Α προσδιορίζεται από τά στοιχεία p_1 , V , T_1 , καί στό σημείο Β από τά αντίστοιχα p_2 , V , T_2 .

Ή μεταβολή των διαδοχικών καταστάσεων του αερίου (ή αλλαγή καταστάσεως), παριστάνεται στην περίπτωση αυτή από την ευθεία ΑΒ κάθετη πρός τόν άξονα των όγκων, τής οποίας όλα τά σημεία έχουν σταθερό όγκο ίσο μέ V .

Από τή γενική εξίσωση, πού εκφράζει τόν Α' Θερμοδυναμικό Νόμο

$$Q = U + W$$

βρίσκουμε ότι τό W είναι μηδέν (γιατί τό έμβολο του κυλίνδρου δέν μετακινείται καθόλου), δηλαδή τό αέριο ενώ θερμάνθηκε δέν απέδωσε καθόλου έργο. Έχομε άρα $W = 0$ καί έπομένως,

$$Q = U$$

Αυτό μās λέγει ότι **όλη ή θερμότητα τήν οποία χορηγήσαμε στό αέριο κατά τήν ισόογκη αλλαγή καταστάσεως, χρησιμοποιήθηκε γιά τήν αύξηση τής έσωτερικής**

ἐνέργειας αὐτοῦ, δηλαδή γιὰ τὴν αὐξηση τῆς θερμοκρασίας του. Τό ἀντίστροφο θά συμβεῖ, ἂν ἀφαιρέσουμε θερμότητα.

Αὐτά ἐπιβεβαιώνονται ἐπὶ πλέον καί ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι κατὰ τὴν ἰσόογκη ἀλλαγὴ καταστάσεως δέν σχηματίζεται κανένα ἐμβάδόν μεταξὺ τῆς γραμμῆς AB καί τοῦ ἄξονα τῶν ὀγκων, δηλαδή κανένα ἔργο δέν παράγεται οὔτε ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸ ἀέριο.

Ἡ ἰσόογκη ἀλλαγὴ καταστάσεως ἐφαρμόζεται στὶς **βενζινομηχανές**, γιατί μοιάζει μ' αὐτὴν ἡ καύση, πού γίνεται μέσα στὸν κύλινδρό τους. Ἐπειδὴ δέ στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ καύση μοιάζει μὲ ἔκρηξη γι'αὐτὸ καί τίς μηχανές αὐτές τίς ὀνομάζουμε μηχανές **ἐκρήξεως** ἢ **σταθεροῦ ὄγκου**.

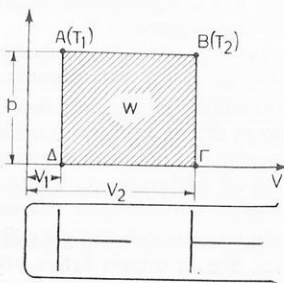
β) Ἰσόθλιβη ἀλλαγῇ. (ἀλλαγὴ καταστάσεως μὲ σταθερὴ πίεση τοῦ αἰρίου).

Αὕτῃ πραγματοποιεῖται μὲ ἀμετάβλητη τὴν πίεση τοῦ αἰρίου.

Ἄς θεωρήσουμε ὅπως στὴν προηγούμενη περίπτωση, ὅτι ἔχομε ἓνα ἀέριο μέσα σέ κύλινδρο, τὸ ἔμβολο τοῦ ὁποῦ μπορεῖ νά κινηθεῖ ἐλεύθερα. Ἄν στοῦ αἰρίου αὐτοῦ χορηγήσουμε ποσό θερμότητας, τότε θά παρατηρήσουμε ὅτι ἡ θερμοκρασία του θά ἀνέλθει καί ὅτι τὸ ἀέριο θά διασταλεῖ. Κάθε διαστολὴ τοῦ αἰρίου, δηλαδή κάθε αὐξηση τοῦ ὄγκου του, θά προκαλέσει ἀντίστοιχη μετακίνηση τοῦ ἐμβόλου, ὥστε μέσα στὸν κύλινδρο ἡ πίεση τοῦ αἰρίου νά παραμένει σταθερή. Τὰ ἀντίθετα θά συμβοῦν, ὅταν ψύξουμε τὸ ἀέριο.

Ἄς ὑποθέσουμε τώρα ὅτι στοῦ σχῆμα 1.3β τὸ σημεῖο A παριστάνει τὴν ἀρχικὴ κατάσταση τοῦ αἰρίου μέσα στὸν κύλινδρο μὲ στοιχεῖα p , V_1 , T_1 .

Ἐάν χορηγήσουμε ποσό θερμότητας στοῦ αἰρίου αὐτό, παρατηροῦμε ὅτι ἡ θερμότητα αὕτῃ προκαλεῖ ὕψωση τῆς θερμοκρασίας τοῦ αἰρίου σέ T_2 καί μετακίνηση τοῦ ἐμβόλου δηλαδή παράγει ποσό ἔργου W , ἐνῶ ἡ πίεση τοῦ αἰρίου παραμένει σταθερή, γιατί κάθε ὕψωσή της προκαλεῖ καί ἀνάλογη μετακίνηση τοῦ ἐμβόλου.



Σχ. 1.3β.

Ἔτσι ὁ ὄγκος του αὐξάνεται σέ V_2 καί ἡ τελικὴ κατάσταση B τοῦ αἰρίου θά προσδιορίζεται πλέον ἀπὸ τὰ στοιχεῖα p , V_2 , T_2 .

Τό ἀντίθετο θά συμβεῖ, ἂν ἀφαιρέσουμε θερμότητα ὑπὸ σταθερὴ πίεση, ὁπότε ὁ ὄγκος καί ἡ θερμοκρασία του θά ἐλαττωθοῦν ἀντιστοίχως.

Ἡ ἀλλαγὴ αὕτῃ τῆς καταστάσεως παριστάνεται ἀπὸ τὴν εὐθεῖα AB, παράλληλη

πρός τόν άξονα τών όγκων, τής όποιας όλα τά σημεία έχουν τήν ίδια σταθερή πίεση, ίση πρός p .

Τό έργο πού παράγεται από τό άέριο παριστάνεται όπως ξέρομε, από τό έμβασόν ΑΒΓΔΑ.

Από τήν εξίσωση: $Q = U + W$ συμπεραίνομε ότι κατά τήν άλλαγή αυτή ή χορηγούμενη θερμότητα χρησιμοποιείται **άφ' ενός μέν γιά τήν αύξηση τής έσωτερικής ενέργειας του άερίου**, ή όποία έκδηλώνεται μέ τήν ύψωση τής θερμοκρασίας του, **άφ' έτέρου δέ γιά τήν πραγματοποίηση ενός έργου**, τό όποιο έκδηλώνεται μέ τή μεταβολή του όγκου του άερίου καί τό όποιο παριστάνεται μέ τό έμβασόν ΑΒΓΔΑ.

Η άλλαγή αυτή βρίσκει έφαρμογή στίς παλιές **μηχανές Ντήζελ**, γιατί μ' αυτή μοιάζει ή καύση, πού γίνεται μέσα στόν κύλινδρο τών μηχανών αυτών, όμαλά καί μέ κάποια διάρκεια.

γ) Ίσοθερμοκρασιακή άλλαγή (άλλαγή καταστάσεως μέ σταθερή θερμοκρασία του άερίου).

Η άλλαγή αυτή πραγματοποιείται χωρίς νά μεταβάλλεται ή θερμοκρασία του άερίου.

Ας θεωρήσομε μία ποσότητα άερίου υπό σχετικά μεγάλη πίεση μέσα σ' ένα κύλινδρο, του όποίου τά τοιχώματα είναι θερμοπερατά, δηλαδή έπιτρέπουν νά περνά εύκολα ή θερμότητα από τό έσωτερικό του κυλίνδρου πρός τό περιβάλλον καί αντίστροφα. Αν άφήσομε τό άέριο νά **έκτονωθεί**, τότε ό όγκος του προφανώς θά αύξηθει, ή πίεσή του θά έλαττωθεί, αλλά θά έλαττωθεί ταυτόχρονα καί ή θερμοκρασία του. Αν όμως κατά τήν έκτόνωση θερμαίνομε άπ' έξω τόν κύλινδρο καίάλιστα τόσο, ώστε ή θερμοκρασία του άερίου μέσα στόν κύλινδρο νά παραμένει σταθερή τότε θά έχομε μία έκτόνωση υπό σταθερή θερμοκρασία.

Αν πάλι **συμπίεσομε** τό άέριο του κυλίνδρου μέ τό έμβολο, τότε θά έλαττωθεί ό όγκος του, θά αύξηθει ή πίεσή του καί ταυτοχρόνως ή θερμοκρασία του. Αν όμως κατά τή διάρκεια τής συμπίεσέως του **ψύχομε** έξωτερικά τόν κύλινδρο καίάλιστα τόσο, ώστε νά άφαιρούμε από τό άέριο τήν αναγκαία θερμότητα, γιά νά παραμένει ή θερμοκρασία του σταθερή, τότε θά έχομε συμπίεση υπό σταθερή θερμοκρασία.

Καί στίς δύο αυτές περιπτώσεις έχομε έπομένως μία **ίσοθερμοκρασιακή** άλλαγή καταστάσεως.

Ίσοθερμοκρασιακή μεταβολή καταστάσεως μέσα στόν κύλινδρο μπορούμε νά έπιτύχομε καί χωρίς τεχνητή ψύξη ή θέρμανση, άρκεί νά ρυθμίσομε τήν ταχύτητα του έμβόλου, ώστε νά είναι πάρα πολύ μικρή. Έτσι ή αναγκαία ψύξη ή θέρμανση θά γίνεται από τό περιβάλλον μέσω των τοιχωμάτων του κυλίνδρου.

Καί στίς δύο περιπτώσεις ίσοθερμοκρασιακής άλλαγής, συμπίεση καί έκτόνωση, οί πιέσεις του άερίου είναι αντίστρόφως άνάλογες πρός τούς αντίστοιχους όγκους του. Δηλαδή όσο έλαττώνεται ό όγκος, τόσο αύξάνει ή πίεση καί όσο αύξάνει ό όγκος, τόσο έλαττώνεται ή πίεσή του, καί τό **γινόμενο τής έκάστοτε πίεσεως επί τόν αντίστοιχο όγκο είναι σταθερό γιά όποιαδήποτε θέση του έμβόλου**.

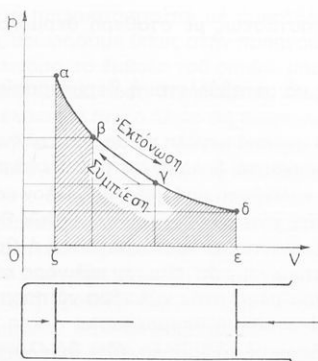
Στό σχήμα 1.3γ ή καμπύλη αβγδ παριστάνει γραφικώς τή μεταβολή πίεσεως καί όγκου, δηλαδή τήν ίσοθερμοκρασιακή άλλαγή καταστάσεως.

Αν θεωρήσομε άρχικό σημείο τό α καί τελικό τό δ μέ ένδιάμεσες καταστάσεις τά σημεία β καί γ, τότε έχομε μία ίσοθερμοκρασιακή **έκτόνωση**.

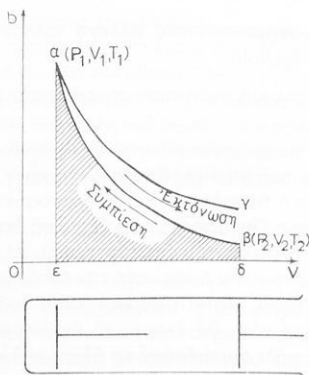
“Αν πάλι λάβουμε ως αρχικό τό σημείο δ, ενδιάμεσα τὰ γ καί β καί τελικό τό α, τότε ἔχομε ἰσοθερμοκρασιακή **συμπίεση**.

Ἡ καμπύλη αβγδ λέγεται στά μαθηματικά **ἰσοσκελὴς ὑπερβολή**. Οἱ ἀποστάσεις ὁποιοῦδήποτε σημείου τῆς ἀπὸ τοὺς ἄξονες ἔχουν σταθερὸ γινόμενο. Αὐτό, ἐπειδὴ οἱ ἀποστάσεις αὐτὲς παριστάνουν ἀντιστοίχως τὴν ἐκάστοτε πίεση καί τὸν ἀντίστοιχο ὄγκο μίᾳ καταστάσεως, συμπίπτει μέ ὅ,τι προηγουμένως εἴπαμε, ὅτι γιὰ ὁποιαδήποτε κατάσταση ἢ θέση τοῦ ἐμβόλου τό γινόμενο μιᾶς πίεσεως ἐπὶ τὸν ἀντίστοιχο ὄγκο εἶναι πάντοτε σταθερό.

Ἀπὸ ὅσα ἄλλωστε γνωρίζομε, τό ἔργο πού παράγεται ἀπὸ τό ἀέριο κατὰ τὴν ἰσοθερμοκρασιακὴ ἐκτόνωση παριστάνεται ἀπὸ τό ἐμβαδὸν αδεζα, τό ὁποῖο εἶναι ἴσο πρὸς τό ἔργο, πού δίνομε, ὅταν πραγματοποιοῦμε τὴν ἰσοθερμοκρασιακὴ συμπίεση.



Σχ. 1.3γ.



Σχ. 1.3δ.

Ἀπὸ τὴ σχέση: $Q = U + W$ ἀντιλαμβανόμεσθε ὅτι στὴν ἰσοθερμοκρασιακὴ ἀλλαγὴ καταστάσεως, ἐπειδὴ δέν ἔχομε αὐξηση θερμοκρασίας, πρέπει τό U , πού παριστάνει τὴν αὐξηση τῆς ἐσωτερικῆς ἐνέργειας, νά εἶναι μηδέν, ὁπότε συμπεραίνομε ὅτι ἡ προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$Q = W$$

Αὐτό σημαίνει ὅτι στὴν ἰσοθερμοκρασιακὴ ἐκτόνωση ὅλη ἡ θερμότητα πού χορηγεῖται στοῦ ἀέριο καταναλώνεται **γιὰ τὴν παραγωγή ἔργου, τό ὁποῖο παριστάνεται ἀπὸ τό ἐμβαδὸν αδεζα**. Στὴν ἰσοθερμοκρασιακὴ συμπίεση ἀντιστρόφως ὅλο τό ἔργο πού χορηγεῖται στοῦ ἐμβόλου **μετατρέπεται σέ θερμότητα, τὴν ὁποία ἀφαιροῦμε μέ τὴν ψύξη**.

Ἡ ἰσοθερμοκρασιακὴ ἀλλαγὴ βρίσκει ἐφαρμογὴ στὶς παλινδρομικὲς ἀτμομηχανές, δεδομένου ὅτι πλησιάζει ἀρκετὰ τὶς συνθῆκες λειτουργίας τους.

δ) Ἀδιάρθερη ἢ ἀδιαβατικὴ ἀλλαγὴ (ἀλλαγὴ καταστάσεως χωρὶς ἀνταλλαγὴ θερμότητας).

Αὕτὴ πραγματοποιεῖται μέσα σέ κύλινδρο τοῦ ὁποῖου τὰ τοιχώματα εἶναι τελείως **ἀδιάρθερα ἢ ἀδιάβατα**, δέν ἐπιτρέπουν δηλαδὴ καμιά διάβαση τῆς θερμότη-

τας, από τό αέριο πρός τό περιβάλλον ή αντίστροφως.

“Αν λοιπόν έχουμε κύλινδρο μέ αδιάβατα τοιχώματα, μέσα στόν όποιο ύπάρχει αέριο μέ σχετικά ύψηλή πίεση, καί αφήσουμε τό αέριο αυτό νά έκτονωθεί, θά παρατηρήσουμε ότι ό μέν όγκος του θά αύξηθει, ενώ ή πίεση καί ή θερμοκρασία του θά έλαττωθούν. Αύτά θά συμβούν χωρίς νά αφαιρέσουμε από τό αέριο ποσότητα θερμότητας, δεδομένου ότι τά τοιχώματα του κυλίνδρου είναι αδιάβατα.

“Αν όμως συμπίεσουμε τό αέριο υπό τίς ίδιες προϋποθέσεις, τότε θά έλαττωθεί ό όγκος του καί θά αύξηθει ή πίεση καί ή θερμοκρασία του, χωρίς πάλι νά χορηγηθεί στό αέριο ποσότητα θερμότητας.

Καί στίς δύο περιπτώσεις έχουμε μία αδιαβατική αλλαγή καταστάσεως, έκτόνωση ή συμπίεση.

Αύτά είναι έπίσης δυνατό νά πραγματοποιηθούν σέ όποιοδήποτε κύλινδρο, όταν τό έμβολο κινείται μέ πολύ μεγάλη ταχύτητα, ώστε νά μή δίνεται ούτε καί ό ελάχιστος χρόνος γιά όποιαδήποτε διάβαση ή ανταλλαγή θερμότητας από τά τοιχώματα του κυλίνδρου.

Στήν αδιαβατική έκτόνωση τό έργο, πού παράγει τό αέριο μέ τό έμβολο, γίνεται ακριβώς μέ κατανάλωση ή δαπάνη τής ίδιας τής έσωτερικής ενέργειας του αερίου. Στήν αδιαβατική όμως συμπίεση τό έργο, πού δίνουμε στό έμβολο, χρησιμοποιείται γιά τήν αύξηση τής θερμοκρασίας, δηλαδή τής έσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Αυτό τό συμπεραίνομε καί από τή σχέση: $Q = U + W$, στήν όποία έπειδή δέν δίνουμε ούτε αφαιρούμε από τό αέριο κανένα ποσό θερμότητας, θά έχουμε:

$Q = 0$, όποτε ή εξίσωση γίνεται: $0 = U + W$

ή $-U = W$ γιά τήν αδιαβατική έκτόνωση

καί $U = -W$ γιά τήν αδιαβατική συμπίεση

Οί δύο αυτές σχέσεις έρμηνεύονται όπως πριν, ότι δηλαδή ή **έσωτερική ενέργεια του αερίου πού καταναλώνεται ίσοδυναμεί μέ τό έργο πού αποδίδεται από αυτό κατά τήν έκτόνωσή του** καί ότι **τό έργο πού καταναλώνεται, τό όποιον δίνουμε στό έμβολο, ίσοδυναμεί μέ τήν αύξηση τής έσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τήν συμπίεσή του.**

“Η γραφική παράσταση τής αδιαβατικής αλλαγής στό διάγραμμα $p - V$ είναι παρόμοια μέ τήν ίσοθερμοκρασιακή, μέ τή διαφορά ότι ή αδιαβατική καμπύλη αβ είναι πιό απότομη από τήν ίσοθερμοκρασιακή αγ (σχ. 1.3δ).

“Η κατάσταση του αερίου στό σημείο α τής καμπύλης προσδιορίζεται από τά στοιχεία p_1, V_1, T_1 , καί στό σημείο β από τά p_2, V_2, T_2 . Κάθε ένδιάμεση κατάσταση του αερίου, πού παριστάνεται από ένδιάμεσα σημεία μεταξύ α καί β, προσδιορίζεται κατά τήν έκτόνωση από πίεση p καί θερμοκρασία T , μικρότερη από τίς P_1 καί T_1 , καί όγκο V μεγαλύτερο από τό V_1 . Κατά δέ τή συμπίεση προσδιορίζεται από πίεση p καί θερμοκρασία T , μεγαλύτερη από τίς p_2 καί T_2 , καί όγκο V μικρότερο από τό V_2 . Αυτό σημαίνει ότι κατά τήν αδιαβατική έκτόνωση τό αέριο ψύχεται, ενώ κατά τήν αδιαβατική συμπίεση θερμαίνεται.

Τό έργο τής αδιαβατικής μετρίεται πάλι από τό έμβαδόν αβδεα καί είναι θετικό στήν έκτόνωση καί άρνητικό στή συμπίεση.

Μέ τήν αδιαβατική αλλαγή, ή όποία έχει πολύ μεγάλη σημασία γιά τίς θερμικές μηχανές, **έπιτυγχάνομε τή μεγαλύτερη δυνατή εκμετάλλευση τής έσωτερικής ενέργειας του αερίου.** Μ’ αυτή μοιάζουν πάρα πολύ ή συμπίεση καί ή έκτόνωση του

αερίου, πού πραγματοποιούνται στίς περισσότερες θερμικές μηχανές, όπως στους στρόβιλους, τίς βενζινομηχανές, πετρελαιομηχανές, αεριοστρόβιλους κλπ.

Η **άδιαβατική αλλαγή έπιτυγχάνεται στίς θερμικές μηχανές** τόσο περισσότερο, **όσο περισσότερο αυξάνει η ταχύτητα** του έμβολου μέσα στον κύλινδρο ή η ταχύτητα **περιστροφής του στροφείου των στρόβιλων και ροής του ατμού ή των αερίων** μέσα σ' αυτός γιατί τότε δέν δίνεται αρκετός χρόνος στη θερμότητα νά περάσει τά τοιχώματα πρὸς τό περιβάλλον.

Έτσι εξηγείται καί γιατί επιδιώκομε νά λειτουργοῦν οἱ σύγχρονες θερμικές μηχανές σέ ὑψηλές ταχύτητες, νά εἶναι δηλαδή **ταχύστροφες**.

ε) Πολυτροπική αλλαγή.

Είδαμε προηγουμένως ὅτι, γιά νά πραγματοποιηθεῖ ἡ ἰσοθερμοκρασιακή αλλαγή καταστάσεως, πρέπει τά τοιχώματα τοῦ κυλίνδρου, μέσα στον ὁποῖο βρίσκεται τό αέριο, νά εἶναι τελείως θερμοπερατά. Ἀντίθετα ἡ πραγματοποίηση τῆς αδιαβατικής αλλαγῆς προϋποθέτει τοιχώματα τελείως αδιάθερμα.

Στήν πραγματικότητα ὅμως δέν ὑπάρχουν οὔτε τελείως θερμοπερατά οὔτε τελείως αδιάθερμα τοιχώματα. Ἐπομένως οὔτε ἡ ἰσοθερμοκρασιακή οὔτε ἡ αδιαβατική αλλαγή εἶναι δυνατό νά πραγματοποιηθοῦν.

Οἱ ἑκτόνωσης ὅμως καί οἱ συμπίεσεις μέσα στίς μηχανές γίνονται γρήγορα καί μάλιστα τόσο γρηγορότερα ὅσο πιό ταχύστροφη εἶναι ἡ μηχανή. Συμπεραίνομε ἑπομένως ὅτι δέν δίνεται ἀρκετός χρόνος, γιά νά πραγματοποιηθεῖ ἡ διάβαση τῆς θερμότητας μέσα ἀπό τά τοιχώματα, καί ἑπομένως ὅτι οἱ αλλαγές καταστάσεως μέσα στους κυλίνδρους πλησιάζουν πολύ πρὸς τήν αδιαβατική αλλαγή.

Κατά τήν πραγματική ἐξ ἄλλου λειτουργία τῶν μηχανῶν καί ὅταν τό αέριο τοῦ κυλίνδρου ἡ ὁ ατμός ἐκτονώνεται στίς περισσότερες περιπτώσεις ὅπως π.χ. στίς Μηχανές Ἐσωτερικῆς καύσεως (ΜΕΚ), χορηγεῖται στό αέριο ἕνα ποσό θερμότητας. Ἐτσι τό ἔργο, πού παράγεται, προέρχεται κατά ἕνα μέρος ἀπό τήν ἐλάττωση τῆς ἑσωτερικῆς ἐνέργειας τοῦ αερίου καί κατά τό ὑπόλοιπο ἀπό τή μετατροπή αὐτῆς τῆς θερμότητας σέ ἔργο.

Ἀντίθετα κατά τή συμπίεση καταβάλλομε ἕνα ἑξωτερικό ἔργο, ἕνα μέρος τοῦ ὁποίου αὐξάνει τήν ἑσωτερική ἐνέργεια τοῦ αερίου, ἐνῶ τό ὑπόλοιπο μεταδίδεται ὡς θερμότητα πρὸς τό περιβάλλον.

Παράλληλα προκύπτει ὅτι κατά τήν ἐκτόνωση ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία τοῦ αερίου ἢ τοῦ ατμοῦ ἐνῶ κατά τή συμπίεση αὐξάνεται. (Πάντως ὅμως λιγότερο ἀπό ὅσο ἐλαττώνεται ἢ αὐξάνεται κατά τήν αδιαβατική αλλαγή καταστάσεως).

Ἐπομένως στήν πραγματικότητα ἡ αλλαγή καταστάσεως πού πραγματοποιεῖται στή μηχανή εἶναι μία ἐνδιάμεση αλλαγή μεταξύ ἰσοθερμοκρασιακῆς καί αδιαβατικῆς καί καλεῖται **πολυτροπική**.

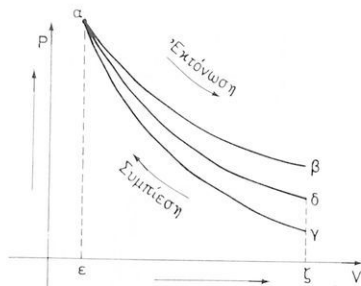
Ἡ πολυτροπική αλλαγή παριστάνεται στό διάγραμμα $p-V$ σάν μία καμπύλη πού βρίσκεται μεταξύ τῆς αδιαβατικῆς καί τῆς ἰσοθερμοκρασιακῆς.

Ἄν στό διάγραμμα $p-V$ τοῦ σχήματος 1.3ε λάβωμε σημείο α καί χαράξωμε ἀπ' αὐτό τήν ἰσοθερμοκρασιακή αβ καί τήν αδιαβατική αγ, μπορούμε μεταξύ αὐτῶν τῶν δύο νά χαράξωμε πολλές ἄλλες καμπύλες, ὅπως π.χ. τήν αδ.

Οἱ καμπύλες αὐτές καλοῦνται **πολυτροπικές αλλαγές** καί παριστάνουν διάφορες ἐνδιάμεσες λειτουργίες μεταξύ τῆς ἰσοθερμοκρασιακῆς καί τῆς αδιαβατικῆς λειτουργίας.

Έτσι ή αδ παριστάνει ένδιάμεση αλλαγή καταστάσεως πολυτροπικής λειτουργίας, τό δέ έμβαδόν αδζεα παριστάνει κατά τά γνωστά τό αντίστοιχο έργο, πού άποδίδεται άπό τό άέριο κατά τήν πολυτροπική έκτόνωση αδ ή άπορροφάται κατά τήν πολυτροπική συμπίεση δα.

Είναι προφανές ότι πολυτροπικές αλλαγές υπάρχουν πολλές, όσες δηλαδή και οι καμπύλες αύτής τής μορφής, τίς όποιες μπορούμε νά φέρομε άπό τό σημείο (α) με-ταξύ τών καμπυλών (αβ) και (αγ). Επίσης είναι εύνόητο ότι ή καμπύλη (αδ) θά βρί-σκεται πλησιέστερα πρός τήν καμπύλη (αβ) άν ή πραγματική αλλαγή καταστάσεως, τήν όποία παριστάνει, πλησιάζει περισσότερο πρός τήν ίσοθερμοκρασιακή. Άν ό-μως παριστάνει αλλαγή καταστάσεως πού πλησιάζει περισσότερο πρός τήν άδια-βατική, τότε θά βρίσκεται πλησιέστερα πρός τήν (αγ).



Σχ. 1.3ε.

Οί πολυτροπικές αλλαγές παριστάνουν άκριβέστερα τήν πραγματική λειτουργία τών θερμικών μηχανών, κατά τήν όποία γιά διάφορους λόγους δέν έπιτυγχάνεται τελείως καμιά άπό τίς τέσσερις βασικές αλλαγές, τίς όποιες ήδη άναπτύξαμε.

στ) Σύγκριση τών αλλαγών καταστάσεως άερίου ή άτμου. Μαθηματική έκφρασή τους.

Συνοψίζοντας τά προηγούμενα βρίσκομε ότι οι αλλαγές καταστάσεως τών άε-ρίων και άτμών είναι:

- α) Η ισόογκη ή υπό σταθερό όγκο.
- β) Η ισόθλιβη ή υπό σταθερή πίεση.
- γ) Η ίσοθερμοκρασιακή ή υπό σταθερή θερμοκρασία.
- δ) Η άδιαβατική ή άδιάθερμη.
- ε) Η πολυτροπική.

Έτσι στό διάγραμμα $p - V$ (σχ. 1.3στ) αβ θά είναι *ή ισόογκη*, αγ *ή ισόθλιβη*, αδ *ή ίσοθερμοκρασιακή*, αε *ή άδιαβατική* και αζ *ή πολυτροπική*.

Η μαθηματική έκφραση τών αλλαγών αύτών είναι ως εξής:

$$V = C \text{ γιά τήν ισόογκη}$$

$$p = C \text{ γιά τήν ισόθλιβη}$$

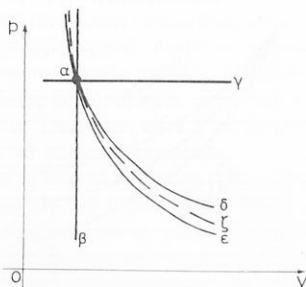
$$p \cdot V = C \text{ γιά τήν ίσοθερμοκρασιακή}$$

$$p \cdot V^\gamma = C \text{ για την αδιαβατική}$$

$$p \cdot V^n = C \text{ για την πολυτροπική}$$

όπου C σταθερός αριθμός διαφορετικός σε κάθε περίπτωση, γ ο λόγος των ειδικών θερμοτήτων του αερίου υπό σταθερή πίεση c_p και υπό σταθερό όγκο c_v ,

δηλαδή $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$. [Για τον αέρα π.χ. $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$], n εκθέτης της πολυτροπικής αλλαγής, ο οποίος παίρνει τις τιμές μεταξύ 1 και γ , ώστε, αν $n = 1$, η πολυτροπική αυτή αλλαγή συμπίπτει με την ισοθερμοκρασιακή, αν δέ $n = \gamma$, με την αδιαβατική. Για κάθε τιμή του n μεταξύ 1 και γ έχουμε και μία αντίστοιχη πολυτροπική αλλαγή.



Σχ. 1.3στ.

Με αυτές τις μαθηματικές εξισώσεις γίνεται στή θερμοδυναμική ή λεπτομερέστερη έρευνα των αλλαγών καταστάσεως και η μελέτη της λειτουργίας των θερμικών μηχανών.

ζ) Κυκλικές αλλαγές καταστάσεως αερίου και ατμού (κύκλοι). Απόδοση κύκλων. Κύκλος του Carnot.

1) Κυκλικές αλλαγές ή κύκλοι.

Στήν προηγούμενη παράγραφο είδαμε, ότι κατά την ισοθερμοκρασιακή αλλαγή ολόκληρη ή ποσότητα της χορηγούμενης θερμότητας Q μετατρέπεται σε έργο, δηλαδή ότι $Q = W$.

Τό γεγονός αυτό θά μπορούσαμε νά τό έκμεταλλευθοῦμε γιά τή μετατροπή τής θερμότητας σε έργο αν είχαμε μέσα σ' ένα κύλινδρο ποσότητα αερίου μέ πίεση p , τό αφήναμε νά έκτονωθεί μέχρι τήν ατμοσφαιρική πίεση p_a και παίρναμε έφ' άπαξ έργο W ίσο μέ τή θερμότητα Q , τήν όποία χορηγήσαμε στό αέριο.

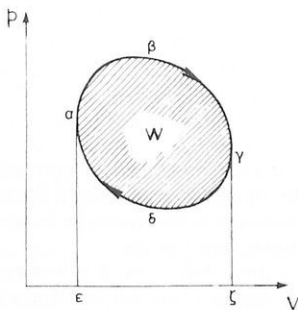
Στήν Τεχνική όμως έπιζητούμε τή συνεχή μετατροπή τής θερμότητας σε έργο, ένω ή προηγούμενη αλλαγή θά τελείωνε άμέσως μόλις ή πίεση του αερίου έφθανε στήν ατμοσφαιρική και έπομένως αυτό θά ήταν άκατάλληλο γιά τήν άπόδοση νέου έργου. Γιά νά γίνει πάλι κατάλληλο θά έπρεπε νά συμπιεζόταν έκ νέου μέχρι νά φθάσει στήν άρχική πίεση.

“Αν τώρα ή συμπύεση αυτή γίνει κατά την ισοθερμοκρασιακή οδό, θά έπρεπε νά χορηγούσαμε στό άέριο πάλι όλο τό έργο W , πού πήραμε κατά την έκτόνωσή του. Κατ’ αυτόν τόν τρόπο τό κέρδος σέ μηχανικό έργο θά ήταν «μηδέν».

“Αν όμως πραγματοποιήσουμε μιά σειρά αλλαγών καταστάσεως του άερίου διαφορετικών μεταξύ τους καί κατά τρόπο, ώστε στό τέλος τους νά έπαναφέρουμε τό άέριο στην άρχική του κατάσταση, τότε θά έχομε παραγωγή έργου. Μιά σειρά αλλαγών καταστάσεως αυτού του είδους όνομάζεται **κυκλική μεταβολή ή κύκλος** καί παριστάνεται στό διάγραμμα $p - V$ (σχ. 1.3ζ) μέ μιά κλειστή γραμμή αβγδα διαφορετικής μορφής κάθε φορά.

“Όλες οί θερμικές μηχανές λειτουργοῦν μέ βάση τίσ κυκλικές αυτές μεταβολές (ή θερμικούς κύκλους των άερίων).

Στό διάγραμμα $p - V$ τό έμβαδόν, πού περιλαμβάνεται μέσα στην κυκλική αλλαγή, τό έμβαδόν δηλαδή αβγδα, παριστάνει τό συνολικό έργο W , πού πήραμε από τό άέριο, τό όποιο υπέστη αυτή την αλλαγή. Τό έργο αυτό είναι ή διαφορά του θετικού έργου, πού αποδίδει τό άέριο καί πού παριστάνεται από τό έμβαδόν αβγδεα,



Σχ. 1.3ζ.

καί του άρνητικού, δηλαδή εκείνου, πού χορηγοῦμε στό άέριο καί πού παριστάνεται από τό έμβαδόν αδγδεα.

2) Απόδοση του κύκλου.

“Εστω ότι Q_1 είναι τό ποσό της θερμότητας, πού χορηγήθηκε στό άέριο, τό όποιο υπέστη μιά όρισμένη κυκλική μεταβολή.

“Εστω ότι Q_2 είναι τό ποσό της θερμότητας, πού άφαιρέθηκε από τό άέριο κατά τη διάρκεια της ίδιας αυτής κυκλικής μεταβολής.

“Εστω ότι W είναι τό μηχανικό έργο, πού έδωσε τό άέριο κατά τη διάρκεια του κύκλου, ίσο μέ τό έμβαδόν της κλειστής καμπύλης αβγδα του σχήματος 1.3ζ. Παρατηρούμε ότι, άφού τό άέριο έπανήλθε στην άρχική του κατάσταση στό τέλος της κυκλικής μεταβολής, θά έχει την ίδια έσωτερική ενέργεια. Έπομένως ή συνολική μεταβολή της έσωτερικής ενέργειας του άερίου κατά τη διάρκεια του κύκλου θά είναι μηδέν.

Απ' αυτά συμπεραίνουμε ότι το μηχανικό έργο W , που πήραμε θά πρέπει να ισούται με τη διαφορά της θερμότητας, που χορηγήθηκε μείον τη θερμότητα, που αφαιρέθηκε από το αέριο, δηλαδή: $W = Q_1 - Q_2$, με την προϋπόθεση ότι το W θά μετατραπεί προηγουμένως σε ποσό θερμότητας βάσει της σχέσεως μετατροπής κατά την όποια:

$1 \text{ kpm} = \frac{1}{427} \text{ kcal}$ ή $1 \text{ ft} \cdot \text{lb} = \frac{1}{778} \text{ BTU}$, ώστε να ισχύει η ανωτέρω σχέση, της οποίας επομένως η όρθη γραφή θά είναι:

$$\text{γιά τό μετρικό σύστημα} \quad \frac{W}{427} = Q_1 - Q_2 \quad \text{καί}$$

$$\text{γιά τό άγγλικό σύστημα} \quad \frac{W}{778} = Q_1 - Q_2$$

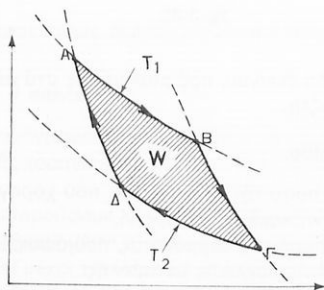
Ονομάζεται **άπόδοση** ή **θερμική άπόδοση** ενός κύκλου τό πηλίκο του έργου W , που πήραμε, διά του ποσού της θερμότητας Q_1 , ή όποία χορηγήθηκε, ώστε να έχουμε:

$$\eta_{\theta} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{ή καί} \quad \eta_{\theta} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

3) Κύκλος του Carnot.

Ο φυσικός Saadi Carnot (Σααντί Καρνό) με θεωρητικές μελέτες προσπάθησε να βρεί ένα θερμικό κύκλο με τη μεγαλύτερη δυνατή θερμική άπόδοση. Κατέληξε έτσι στη διαμόρφωση του κύκλου, που περιγράφουμε παρακάτω, ό όποιος παρέμεινε από τότε γνωστός ως κύκλος του Carnot.

Ο κύκλος αυτός (σχ. 1.3η) αποτελείται από δύο ίσοθερμικές καί δύο άδιαβατικές αλλαγές καταστάσεως, οι όποιες είναι: ΑΒ ίσοθερμική έκτόνωση του αερίου



Σχ. 1.3η.

μέ σταθερή θερμοκρασία αυτού την T_1 . ΒΓ άδιαβατική έκτόνωση. ΓΔ ίσοθερμική συμπίεση του αερίου μέ σταθερή θερμοκρασία αυτού την T_2 . ΔΑ άδιαβατική συμπίεση.

Κατά τη διάρκεια της ίσοθερμοκρασιακής έκτονωσης AB χορηγείται στο αέριο ποσό θερμότητας Q_1 , ενώ κατά τη διάρκεια της ίσοθερμοκρασιακής συμπίεσης ΓΔ απάγεται προς το περιβάλλον, δηλαδή αφαιρείται από αυτό, ποσό θερμότητας Q_2 .

Ο Carnot απέδειξε ότι από όλους τους κύκλους που λειτουργούν μεταξύ των ίδιων όριων ο κύκλος αυτός έχει τη μέγιστη θερμική απόδοση, την οποία υπολογίσαμε ήδη προς:

$$\eta_{\theta} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{ή και} \quad \eta_{\theta} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Από τη σχέση αυτή παρατηρούμε ότι η θερμική απόδοση είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία T_1 και όσο μικρότερη η T_2 .

Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι ο κύκλος του Carnot είναι θεωρητικός μόνο και δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί στην πράξη, αφού, όπως είδαμε, ούτε η ίσοθερμοκρασιακή ούτε η αδιαβατική αλλαγή καταστάσεως είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν. Είναι ο ιδανικός κύκλος, προς τον οποίο συγκρίνονται όλοι οι πραγματικοί θερμικοί κύκλοι.

Οι θερμικές μηχανές λειτουργούν με άλλους θερμικούς κύκλους, κοινό χαρακτηριστικό όμως όλων αυτών είναι ότι η θερμική απόδοσή τους είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία T_1 με την οποία χορηγείται η θερμότητα Q_1 στο εργαζόμενο μέσο (άτμο ή αέρα), και όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία T_2 , με την οποία η θερμότητα Q_2 απάγεται προς το περιβάλλον.

Από όλα αυτά σε γενικές γραμμές συμπεραίνουμε ότι οι Μ.Ε.Κ. έχουν μεγαλύτερη θερμική απόδοση από τις άτμομηχανές, δεδομένου ότι στις Μ.Ε.Κ. η θερμότητα, που παράγεται με την καύση μέσα στον κύλινδρο, αναπτύσσει θερμοκρασία 2000°C και περισσότερο, ενώ στις άτμομηχανές η θερμοκρασία του ατμού δεν υπερβαίνει ποτέ τους 600°C.

Επίσης αντιλαμβανόμαστε ότι στις άτμομηχανές η μέν υπερθέρμανση του ατμού έχει σκοπό να χορηγηθεί θερμότητα υπό υψηλότερη θερμοκρασία, ή δέ ψύξη του, που γίνεται στο ψυγείο σε κενό, έχει σκοπό να υποβιβάσει τη θερμοκρασία αποβολής της θερμότητας του ατμού όσο γίνεται περισσότερο, δηλαδή όσο γίνεται πιο κοντά προς τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

1.4 Ίσχύς.

Η ισχύς είναι ένα φυσικό μέγεθος, που χρησιμεύει για τη σύγκριση της ικανότητας διαφόρων μηχανών. Αποτελεί το κοινό μέτρο συγκρίσεως αυτών μεταξύ τους και εκφράζεται με το έργο, το οποίο μπορεί να μās αποδώσουν οι συγκρινόμενες μηχανές στον ίδιο χρόνο ή στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή σε 1 δευτερόλεπτο (s).

Εάν μία μηχανή αποδίδει περισσότερο έργο από μία άλλη, στον ίδιο χρόνο, τότε η πρώτη έχει μεγαλύτερη ισχύ είναι δηλαδή ισχυρότερη από την άλλη.

Για να συγκρίνουμε επομένως δύο μηχανές, δεν αρκεί να συγκρίνουμε μόνο το έργο, που δίνουν, αλλά πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας και πόσο χρόνο τό αποδίδει ή καθεμιά.

Ίσχύς είναι τό έργο, τό όποίο παράγεται στη μονάδα του χρόνου. Βρίσκομε δηλαδή τήν ισχύ διαιρώντας τό έργο διά του χρόνου στον όποιο παράγεται.

Έπειδή ως μονάδα έργου χρησιμοποιούμε τό χιλιοποντόμετρο (kpm) καί ως μονάδα χρόνου τό δευτερόλεπτο (s), συμπεραίνομε ότι ή μονάδα ισχύος είναι τό **ένα χιλιοποντόμετρο ανά δευτερόλεπτο**, 1 kpm/s στό μετρικό σύστημα.

Στό άγγλικό σύστημα μονάς ισχύος είναι τό ένα **ποδόλιμπρο ανά δευτερόλεπτο** 1 ft.lb/s.

Καί οι δύο μονάδες έχουν μάλλον θεωρητική άξία, γιατί είναι πολύ μικρές γιά τή μέτρηση τής ισχύος των συνηθισμένων μηχανών. Στήν Τεχνική χρησιμοποιούμε πολλαπλάσιά τους, όπως είναι ό λεγόμενος μετρικός ίππος PS ή ό άγγλικός HP.

Ό μετρικός ίππος ίσοϋται πρός 75 kpm/s. Είναι δηλαδή:

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/s.}$$

Ό άγγλικός ίππος ίσοϋται πρός 550 ft.lb/sec. Είναι δηλαδή:

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ ft.lb/s}$$

καί είναι κατά τι μεγαλύτερος από τό μετρικό ίππο, γιατί άντιστοιχεί πρός 76 kpm/s.

Τήν ισχύ μεγαλύτερων μηχανών τή μετράμε μέ πολλαπλάσια του ενός ίππου.

Άπό τή χρήση του ίππου ως μονάδας μετρήσεως τής ισχύος των μηχανών επικράτησε νά όνομάζομε συχνά τήν ισχύ καί **ίπποδύναμη**. Κατ' αυτόν τόν τρόπο ένοοϋμε τήν ισχύ τής μηχανής έκφρασμένη σέ ίππους. Λέμε π.χ. μηχανή ισχύος ή ίπποδυνάμειος 50, 100, 250, 1500, 17000, ίππων κ.ο.κ.

Συχνά πάλι είναι άναγκαϊό νά μετατρέψομε τούς μετρικούς ίππους σέ μονάδες μετρήσεως τής ηλεκτρικής ισχύος.

Ός **μονάδα ηλεκτρικής ισχύος** χρησιμοποιείται τό 1 **χιλιοβάττ** ή **κιλοβάττ** (1 kW). Γιά τή μετατροπή τότε χρησιμοποιούμε τίς έξής σχέσεις:

$$1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW} \text{ καί } 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS}$$

Έάν τήν ισχύ τήν πολλαπλασιάσομε επί τό χρόνο, θά βροϋμε πάλι έργο ή ένέργεια.

Έτσι, εάν έχομε μηχανή 1 PS, ή όποία εργάζεται επί μία ώρα, θά μās άποδώσει έργο, τό όποιο όνομάζομε **ωριαίο ίππο**. Είναι δέ ό ωριαίος ίππος ίσος πρός:

$$75 \frac{\text{kpm}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 270.000 \text{ kpm}$$

έπειδή δέ 1 kpm = 1/427 kcal, έχομε:

$$1 \text{ ωριαίος ίππος} = \frac{270.000}{427} = 632 \text{ kcal}$$

Ό **ωριαίος ίππος έπομένως** δέν είναι πιά μονάδα ισχύος όπως ό ίππος, αλλά **μονάδα ένέργειας**, ό δέ αριθμός 632 έκφράζει τήν ίσοτιμία του 1 ωριαίου ίππου σέ μονάδες θερμότητας, δηλαδή σέ kcal.

Άντιστοίχως θά έχομε:

1 ωριαίο χιλιοβάττ = 632 × 1,36 = 860 kcal περίπου, στο δέ άγγλικό σύστημα βρίσκομε έπίσης ότι:

$$1 \text{ ωριαίος ίππος} = 2545 \text{ B.T.U. καί}$$

$$1 \text{ ωριαίο χιλιοβάττ} = 3410 \text{ B.T.U. περίπου}$$

Παράδειγμα.

Γιά νά δοῦμε τήν ἐφαρμογή τῆς θεωρίας περί ἰσχύος ἄς θεωρήσουμε ὅτι ἔχομε μία ἀντλία μέ τήν ὁποία θέλομε νά ἀνυψώσουμε 18 m^3 νερό, βάρους $18\,000 \text{ kp}$ σέ ὕψος 10 m . Ἡ ἀντλία πρέπει νά ἀποδώσει ἔργο $18\,000 \text{ kp} \times 10 \text{ m} = 180\,000 \text{ kpm}$. Ἄν θέλομε ἡ παροχή τῆς ἀντλίας νά εἶναι $18 \text{ m}^3/\text{min}$, δηλαδή νά στέλνει 18 m^3 νερό τό λεπτό, τότε πρέπει νά ἀποδίδει τό ἔργο τῶν $180\,000 \text{ kpm}$ σέ 60 sec , νά ἔχει δηλαδή ἰσχύ $180\,000 : 60 = 3000 \text{ kpm/sec}$.

Ἡ ἰσχύς αὐτή θά ἰσοῦται πρὸς $3000 : 75 = 40 \text{ PS}$.

Ἡ ἴδια ὁμως ἀντλία παρουσιάζει κατὰ τή λειτουργία της ὀρισμένες ἀπώλειες. Ἐάν ἐπομένως ἡ ἀπόδοσή της εἶναι $0,80$ (δηλαδή ἂν δίνει στό νερό τά 80% τοῦ ἔργου καί τῆς ἰσχύος πού παραλαμβάνει ἀπό τόν κινητήρα), ὁ κινητήρας τῆς ἀντλίας πρέπει νά δίνει στήν ἀντλία ἰσχύ μεγαλύτερη καί ἴση πρὸς $40 : 0,8 = 50 \text{ PS}$ περίπου.

Ἐάν τέλος θεωρήσουμε ὅτι ὁ κινητήρας εἶναι ἠλεκτροκινητήρας συνεχοῦς ρεύματος, ὁ ὁποῖος ἐπίσης παρουσιάζει ὀρισμένες ἀπώλειες κατὰ τή λειτουργία του, καί ὅτι ὁ βαθμός ἀποδόσεώς του εἶναι $0,95$, συμπεραίνομε ὅτι πρέπει νά εἶναι ἰσχύος $50 : 0,95 = 52,5 \text{ PS}$ περίπου. Ἐπειδὴ δέ $1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW}$, ἔπεται ὅτι ὁ ἠλεκτροκινητήρας τῆς ἀντλίας αὐτῆς πρέπει νά ἔχει ἰσχύ περίπου $38,6 \text{ kW}$ ἢ 38.600 W .

Ἔστω δέ ὅτι ὁ ἠλεκτροκινητήρας παίρνει τήν ἰσχύ ἀπὸ ἠλεκτρικό πῖνακα, ὁ ὁποῖος τοῦ παρέχει ρεῦμα συνεχές 220 Volt . Γιά νά βροῦμε τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος ἢ, ὅπως λέμε, τά *Ampères*, τά ὁποῖα ἀπορροφοῦνται ἀπὸ τόν ἠλεκτροκινητήρα, θά ἐφαρμόσουμε τόν τύπο τῆς ἠλεκτρολογίας

$$W = V \cdot I \text{ ἢ Watt} = \text{Volt} \times \text{Ampère}$$

ὁπότε θά ἔχομε: $38\,600 = 220 \times I$, καί ἐπομένως $I = 38\,600 : 220$ ἢ $I = 175 \text{ Ampères}$ περίπου, ἄρα ἀπὸ τόν ἠλεκτροκινητήρα ἀπορροφοῦνται 175 Ampères περίπου.

Ἀνακεφαλαιώνοντας τό πρόβλημα κατ' ἀντίστροφη ἔννοια παρατηροῦμε ὅτι ὁ ἠλεκτροκινητήρας συνεχοῦς ρεύματος ἀπορροφᾷ ἀπὸ τόν ἠλεκτρικό πῖνακα ρεῦμα 175 Ampères ὑπὸ τάση 220 Volt καί ἀναπτύσσει ἰσχύ $38,6 \text{ kW}$ ἢ $52,5 \text{ PS}$. Αὐτός κινεῖ ἀντλία ἰσχύος 50 PS , ἡ ὁποία ἀνυψώνει 18 τόννους νερό σέ ὕψος 10 μέτρων σέ χρόνο 1 λεπτοῦ.

Ἀνάλογη τέλος μέ τό χρόνο, κατὰ τόν ὁποῖο θά λειτουργήσῃ ἡ ἀντλία, θά εἶναι καί ἡ ποσότητα τοῦ νεροῦ, πού θά ἀνυψώσῃ. Ἐάν δηλαδή ἡ ἀντλία λειτουργήσῃ μισή ὥρα, δηλαδή $30'$, θά ἀνυψώσῃ:

$18 \text{ τόν.} \times 30' = 540 \text{ m}^3$ ἢ τόννους νερό σέ ὕψος πάντοτε 10 μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΤΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ Ή ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗ

2.1 Γενικά.

Υδρατμός ή ατμός του νερού είναι αυτό τό ίδιο τό νερό σέ κατάσταση αέριου. Τό νερό μετατρέπεται σέ ατμό μέ τή βοήθεια τής θερμότητας. Ή μετατροπή αὐτή καλεῖται **ἀτμοποίηση** ἢ **ἀτμοπαραγωγή**.

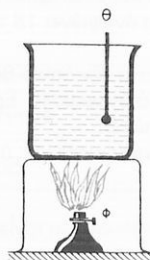
Κατά τήν ἀτμοποίηση τό νερό θερμαίνεται σέ κατάλληλο μεταλλικό δοχεῖο (λέβητα) καί φθάνει στή **θερμοκρασία ἀτμοποίησης**. Βράζει, καί ἀπό τήν ὑγρή κατάσταση μεταπίπτει στήν αέρια. Γί' αὐτό ἡ θερμοκρασία στήν ὁποία γίνεται ἡ ἀτμοποίηση λέγεται καί **θερμοκρασία βρασμοῦ**.

Κατά τό βρασμό δημιουργοῦνται φυσαλίδες αέριου μέσα στή μάζα τοῦ νεροῦ. Αὐτές ἀνεβαίνουν μέχρι τήν ἐπιφάνειά του καί ἐκεῖ ἐλευθερώνουν τό αέριο, πού εἶναι ὁ ατμός τοῦ νεροῦ.

Τήν ἀτμοπαραγωγή τήν ἐξετάζομε στίς ἀκόλουθες χαρακτηριστικές περιπτώσεις:

2.2 Ἀτμοποίηση σέ ἀνοικτό δοχεῖο.

Σέ ἀνοικτό δοχεῖο (σχ. 2.2) πού περιέχει ποσότητα ἀποσταγμένου νεροῦ, πού βρίσκεται ἔτσι ὑπό ἀτμοσφαιρική πίεση, τοποθετοῦμε θερμόμετρο Θ καί θερμαίνομε μέ τή φλόγα Φ .



Σχ. 2.2.

Παρατηροῦμε τότε ὅτι, ὅσο προχωρεῖ ἡ θέρμανση, ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ αὐξάνει προοδευτικά, μέχρις ὅτου φθάσει στούς 100°C ἢ 212°F . Ὄταν τό θερμό-

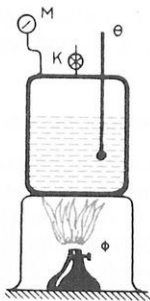
μετρο δείξει 100°C τότε δημιουργείται άναταραχή της μάζας του νερού, μέσα στην οποία σχηματίζονται φυσαλίδες. Η άναταραχή φθάνει μέχρι την επιφάνεια, στην οποία οι φυσαλίδες έκκολάπτονται και έλευθερώνουν άέριο, δηλαδή τόν άτμό του νερού.

Ό βρασμός έξακολουθεί, μέχρις ότου όλη ή ποσότητα του νερού μετατραπεί σέ άτμό, παρατηρούμε δέ ότι, όσο διαρκεί ό βρασμός, ή θερμοκρασία στό θερμόμετρο παραμένει άμετάβλητη και ίση πάντοτε πρός τούς 100°C ή 212°F . **Η θερμοκρασία αυτή είναι ή ίδια και γιά τό νερό πού βράζει, και γιά τόν άτμό, ό όποιος παράγεται.**

Αυτό άποτελεί τό βασικό συμπέρασμα αυτού του πειράματος.

2.3 Άτμοποίηση σέ κλειστό δοχείο.

Παίρνουμε ένα κλειστό δοχείο (σχ. 2.3) έφοδιασμένο μέ μικρό έξαεριστικό κρουνό (Κ), στό υψηλότερο σημείο του, μέ θερμόμετρο (Θ) και θλιβόμετρο (Μ), και τό γεμίζουμε μέ άποσταγμένο νερό μέχρι μία όρισμένη στάθμη.



σχ. 2.3.

Ό έξαεριστικός κρουνός χρησιμεύει γιά τήν άπαγωγή του άέρα από τόν άτμοθάλαμο του δοχείου, τό θερμόμετρο γιά τή μέτρηση της θερμοκρασίας του βρασμού και τό θλιβόμετρο γιά τή μέτρηση της πίεσης, υπό τήν όποία γίνεται ό βρασμός.

Μέ άνοικτό τόν κρουνό Κ στην αρχή, γιά νά έχομε στην επιφάνεια του νερού πίεση ίση μέ τήν άτμοσφαιρική, θερμαίνουμε τό δοχείο έξωτερικά μέ τή φλόγα Φ. Τό φαινόμενο του βρασμού μέ τίς συνθήκες αυτές αρχικά θά είναι τό ίδιο μέ τήν άτμοποίηση σέ άνοικτό δοχείο, δηλαδή τό θερμόμετρο θά δείχνει θερμοκρασία 100°C και τό θλιβόμετρο άπόλυτη πίεση 1 At.

Ό άτμός όμως πού παράγεται μέσα στόν άτμοθάλαμο του δοχείου άναγκάζει τόν άέρα του άτμοθαλάμου νά βγει από τόν κρουνό πρός τήν άτμόσφαιρα. Άμέσως μόλις διαπιστώσουμε ότι όλος ό άέρας βγήκε από τόν άτμοθάλαμο, κλείνουμε τόν κρουνό Κ και από τή στιγμή αυτή αρχίζει ή **άτμοποίηση σέ κλειστό δοχείο.**

Παρατηρούμε τότε ότι ή πίεση στό θλιβόμετρο άνέρχεται διαδοχικά σέ 2, 3, 4, 5, κ.ο.κ. άπόλυτες άτμόσφαιρες, όπως θά δείχνει τό θλιβόμετρο. Η άνοδος αυτή

της πίεσεως εξηγείται από τό γεγονός ότι μέσα στόν άτμοθάλαμο συγκεντρώνεται όλο καί περισσότερος άτμός πού παράγεται από τό βρασμό.

Όπως όμως άνέρχεται ή πίεση, άνέρχεται κατά όρισμένη άντιστοιχία καί ή θερμοκρασία στό θερμόμετρο, τό όποίο θά δείχνει άντίστοιχα 120, 133, 143, 151 βαθμούς Κελσίου κ.ο.κ.

Από τή μελέτη τής άτμοποιήσεως σέ κλειστό δοχείο συμπεραίνομε ότι ύπάρχει μία καθορισμένη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας καί πίεσεως τοῦ άτμου, ότι δηλαδή **ύπό μεγαλύτερη πίεση τό νερό βράζει καί σέ ύψηλότερη θερμοκρασία.**

Είναι επίσης βασικό καί εξακριβωμένο πειραματικά ότι **σέ όρισμένη πίεση τοῦ άτμου άντιστοιχεί μία καί μόνη θερμοκρασία άτμοποιήσεως** ή θερμοκρασία άτμου καί άντιστρόφως ότι γιά όρισμένη θερμοκρασία άτμου ύπάρχει μία καί μόνη άντίστοιχη πίεση.

Είναι άπαραίτητο νά τονίσουμε εδώ ότι γιά όρισμένη πίεση ή θερμοκρασία είναι ή ίδια καί γιά τό νερό πού άτμοποιείται καί γιά τόν άτμό πού παράγεται, δηλαδή σέ άπόλυτη πίεση 1 At ή θερμοκρασία νεροῦ καί άτμου είναι 100° C, σέ άπόλυτη πίεση 10 At ή θερμοκρασία νεροῦ καί άτμου θά είναι 180° C κ.ο.κ.

Τό φαινόμενο τής άτμοποιήσεως σέ κλειστό δοχείο, όπως τό περιγράψαμε, άντιστοιχεί άπόλυτως στήν άτμοποίηση, ή όποία πραγματοποιείται μέσα στοῦς άτμολέβητες.

2.4 Άτμοποίηση σέ πιέσεις μικρότερες από τήν άτμοσφαιρική.

Ο βασικός νόμος τής άντιστοιχίας μεταξύ πίεσεως καί θερμοκρασίας τοῦ άτμου ίσχύει καί γιά πιέσεις μικρότερες από τήν άτμοσφαιρική. Άν π.χ. βράσουμε νερό σέ άνοικτό δοχείο πάνω σέ ένα ψηλό βουνό όπου ή βαρομετρική πίεση θά είναι έστω 0,5 At, θά δοῦμε ότι τό νερό βράζει σέ θερμοκρασία μικρότερη από 100° C, ακριβέστερα δέ στοῦς 81° C. Τό ίδιο συμβαίνει μέ τίς έξατμίσεις τής μηχανής πρὸς τό ψυγείο μέσα στό όποίο έπικρατεί κενό, δηλαδή πίεση μικρότερη από τήν άτμοσφαιρική. Έτσι, άν τό κενό τοῦ ψυγείου είναι 80%, δηλαδή άν ή άπόλυτη πίεση μέσα σ' αυτό είναι 0,2 At, τότε οί έξατμίσεις τής μηχανής θά συμπυκνώνονται στοῦς 59° C περίπου.

2.5 Η θερμότητα άτμοποιήσεως.

Άν τό πείραμα τής άτμοπαραγωγής έκτελεσθεῖ μέ 1 kr νερό, τότε τό ποσό τής θερμότητας, πού θά χορηγηθεῖ στό νερό, γιά νά μετατραπεῖ από νερό θερμοκρασίας 0° C σέ άτμό θερμοκρασίας t° C, καλεῖται **όλική θερμότητα άτμοπαραγωγής ή άτμοποιήσεως** (i).

Η όλική θερμότητα άτμοπαραγωγής αναλύεται σέ δύο ποσά. Τό πρώτο είναι τό ποσό τής θερμότητας, πού θά άπορροφήσει τό 1 kr νερό θερμοκρασίας 0° C, γιά νά φθάσει στή θερμοκρασία τοῦ βρασμοῦ t° C, καί όνομάζεται θερμότητα τοῦ ύγρου ή **αίσθητή θερμότητα** (q). Λέγεται δέ αίσθητή, γιατί τήν αίσθανόμαστε κατ'άλλοιο τρόπο, παρατηρώντας ότι όσο ή θερμότητα αυτή χορηγείται στό νερό, τόσο άνέρχεται ή θερμοκρασία του στό θερμόμετρο.

Τό δεύτερο είναι τό ποσό τής θερμότητας, πού δίνεται στό νερό, πού ήδη έχει φθάσει καί βρίσκεται σέ θερμοκρασία βρασμοῦ t° C, γιά νά μετατραπεῖ σέ άτμό

της ίδιας θερμοκρασίας. Σε όλη τη διάρκεια όμως της μετατροπής αυτής, όπως ξέρομε ή θερμοκρασία στο θερμόμετρο παραμένει σταθερή και ίση προς $t^{\circ}\text{C}$, έφ' όσον βεβαίως δεν μεταβάλλεται η πίεση, υπό την οποία γίνεται η μετατροπή. Έπειδή δε χορηγούμε θερμότητα για τη μετατροπή, την οποία όμως δεν αντιλαμβανόμαστε γιατί τό θερμόμετρο δείχνει σταθερή θερμοκρασία, αυτή ή θερμότητα, καλείται **λανθάνουσα θερμότητα ατμοπαραγωγής** (L). Βάσει των άνωτέρω έχομε έπομένως ότι:

$$i = q + L$$

Στήν περίπτωση π.χ. του άνοικτου δοχείου, όπου έχομε πίεση 1 At απόλυτης και στην οποία αντιστοιχεί θερμοκρασία βρασμού 100°C , ή αίσθητή θερμότητα θά είναι $q = 100 \text{ kcal}$, ή δέ λανθάνουσα $L = 537 \text{ kcal}$, ώστε ή όλική θερμότητα νά είναι:

$$i = 100 + 537 = 637 \text{ kcal}$$

Γιά την εύκολία των ύπολογισμών υπάρχουν οι λεγόμενοι πίνακες άτμου, στους οποίους για κάθε πίεση άτμου υπάρχουν όλα τά στοιχεία του, δηλαδή ή θερμοκρασία του (t), ή αίσθητή θερμότητα q, ή λανθάνουσα (L), ή όλική (i), τό είδικό βάρος του άτμου (γ) και ό είδικός του όγκος (ν).

Αυτό του είδους είναι και ό Πίνακας 2.5.1 ό όποιος παρέχει τά άνωτέρω στοιχεία σε μονάδες μετρικού συστήματος. Άνάλογοι πίνακες παρέχουν τά ίδια στοιχεία σε μονάδες του άγγλικού συστήματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1.

Στοιχεία ξηρού κορεσμένου άτμου στο μετρικό σύστημα

Άπόλυτη πίεση At	Θερμο- κρασία $^{\circ}\text{C}$	Είδικός όγκος m^3/kp	Είδικό βάρος kp/m^3	Αίσθητή θερμότητα kcal/kp	Λανθάνουσα θερμότητα kcal/kp	Όλική θερμότητα ατμοπαραγωγής kcal/kp
p	t	v	γ	q	L	i
0,01	6,6	131,6	0,00760	6,6	591,4	598,0
0,015	12,7	89,64	0,01116	12,7	588,2	600,9
0,02	17,1	68,27	0,01165	17,1	585,8	602,9
0,025	20,7	55,28	0,01409	20,7	583,9	604,6
0,03	23,7	45,53	0,02849	23,7	582,3	606,0
0,04	28,6	35,46	0,02820	28,6	579,6	608,2
0,05	32,5	28,73	0,03481	32,5	577,5	610,0
0,06	35,8	24,19	0,04133	35,8	575,8	611,5
0,08	41,1	18,45	0,05420	41,1	572,8	614,0
0,10	45,4	14,96	0,06686	45,4	570,5	615,9
0,12	49,0	12,60	0,07937	49,0	568,5	617,6
0,15	53,6	10,22	0,09789	53,6	566,0	619,6
0,20	59,7	7,797	0,1283	59,7	592,7	622,3
0,25	64,6	6,325	0,1581	64,6	559,9	624,5
0,30	68,7	5,381	0,1876	68,7	557,6	626,3
0,35	72,3	4,614	0,2167	72,3	556,6	627,8
0,40	75,4	4,672	0,2456	75,4	553,8	629,2

Συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1.

Στοιχεία ξηρού κορεσμένου ατμού στο μετρικό σύστημα

Απόλυτη πίεση At	Θερμο- κρασία °C	Είδικός όγκος m ³ /kp	Είδικό βάρος kp/m ³	Αίσθητή θερμότητα kcal/kp	Λανθάνουσα θερμότητα kcal/kp	Όλική θερμότητα ατμοπαγωγής kcal/kp
p	t	v	γ	q	L	i
0,50	80,4	3,304	0,3027	80,9	550,6	631,5
0,60	85,5	2,785	0,3590	85,5	548,0	633,4
0,70	89,5	2,411	0,4147	89,5	545,6	635,1
0,80	93,0	2,128	0,4699	93,0	543,6	636,3
0,90	96,2	1,906	0,5246	96,2	541,7	637,8
1,00	91,1	1,727	0,5790	99,1	539,9	639,0
1,1	101,8	1,580	0,6629	101,8	538,3	641,1
1,2	104,2	1,457	0,6865	104,3	536,7	640,1
1,3	106,6	1,352	0,7399	106,7	535,3	642,0
1,4	108,7	1,261	0,7931	108,9	533,9	642,8
1,5	110,8	1,182	0,846	110,9	532,7	643,6
1,6	112,7	1,113	0,898	112,4	531,4	644,3
1,8	116,3	0,997	1,003	116,6	529,1	645,7
2,0	119,6	0,903	1,107	119,9	527,0	646,9
2,2	122,6	0,826	1,210	123,0	525,0	648,0
2,4	125,5	0,7616	1,313	125,8	523,1	649,0
2,6	128,1	0,7066	1,415	128,5	521,4	649,9
2,8	130,5	0,6592	1,517	131,0	519,7	650,8
3,0	132,9	0,6180	1,618	133,4	518,1	651,6
3,2	135,1	0,5817	1,719	135,7	516,6	652,3
3,4	137,2	0,5495	1,820	137,8	515,2	653,0
3,6	139,2	0,5208	1,920	139,9	513,8	653,7
3,8	141,1	0,4951	2,020	141,8	512,4	654,3
4,0	142,9	0,4718	2,120	143,7	511,1	654,9
4,5	147,2	0,4224	2,368	148,1	508,0	656,2
5,0	151,1	0,3825	2,614	152,2	505,2	657,3
5,5	154,7	0,3497	2,860	155,9	502,5	658,4
6,0	158,1	0,3222	3,104	159,4	499,9	659,3
6,5	161,2	0,2987	3,348	162,7	497,5	660,2
7,0	164,2	0,2786	3,591	165,7	495,2	668,9
7,5	167,0	0,2609	3,833	168,7	493,0	661,4
8,0	169,6	0,2454	4,073	171,4	490,9	662,3
8,5	172,1	0,2317	4,316	174,0	488,8	662,9
9,0	174,5	0,2195	4,556	176,6	486,8	663,4
9,5	176,8	0,2085	4,797	179,0	484,9	663,9
10	179,0	0,1985	5,037	183,1	483,1	664,4
11	183,2	0,1813	5,516	185,7	479,5	665,2
12	187,1	0,1668	5,996	189,8	476,1	665,9
13	190,7	0,1545	6,474	193,6	472,8	666,6
14	194,1	0,1438	6,952	197,3	469,7	667,0

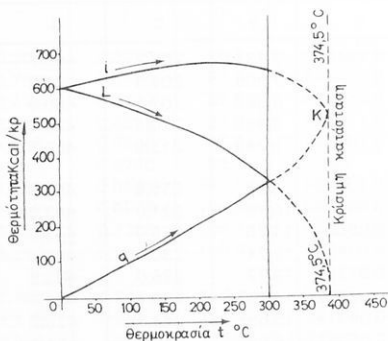
(συνεχίζεται)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1.

Στοιχεία ξηρού κορεσμένου ατμού στο μετρικό σύστημα

Απόλυτη πίεση At	Θερμο- κρασία °C	Είδικός όγκος m ³ /kg	Είδικό βάρος kg/m ³	Αίσθητη θερμότητα kcal/kg	Λανθάνουσα θερμότητα kcal/kg	Όλική θερμότητα ατμοπαραγωγής kcal/kg
p	t	v	γ	q	L	i
15	197,4	0,1346	7,431	200,7	466,7	667,4
16	200,4	0,1264	7,909	204,0	463,8	667,8
17	203,4	0,1192	8,389	207,1	460,9	668,1
18	206,2	0,1128	8,868	210,1	458,2	668,3
19	208,8	0,1070	9,349	213,0	455,5	668,5
20	211,4	0,1017	9,83	215,8	452,9	668,7
22	216,9	0,0927	10,79	221,0	447,9	668,9
24	220,8	0,0850	11,76	226,0	443,0	669,0
26	225,0	0,0785	12,74	230,6	438,4	669,0
28	229,0	0,0729	13,72	235,0	433,9	668,8
30	232,8	0,06802	14,70	239,1	429,5	668,6
32	236,4	0,06372	15,69	243,1	425,2	668,3
34	239,8	0,05991	16,69	246,9	421,1	668,0
36	243,1	0,05651	17,70	250,5	417,0	667,6
38	246,2	0,05345	18,71	254,1	413,0	667,1
40	249,2	0,05069	19,73	257,4	409,2	666,6
42	252,1	0,04817	20,76	260,7	405,3	666,0
44	254,9	0,04588	21,80	263,9	401,6	665,5
46	257,6	0,04378	22,84	266,9	397,9	664,8
48	260,2	0,04185	23,89	269,8	394,3	664,1
50	262,7	0,04007	24,96	272,8	390,7	663,4
55	268,1	0,03616	27,65	279,6	381,9	661,5
60	274,3	0,03289	30,41	286,1	375,5	659,5
65	279,6	0,03009	33,23	292,2	365,3	657,5
70	284,5	0,02769	36,12	298,0	357,3	655,3
75	289,2	0,02559	39,08	303,5	349,5	653,0
80	293,6	0,02374	42,13	308,8	341,8	650,6
85	297,9	0,02210	45,24	313,9	334,2	648,1
90	301,9	0,02064	48,45	319,0	326,7	645,1
95	305,8	0,01933	51,73	323,9	319,2	643,0
100	309,5	0,01815	55,11	328,7	311,8	640,5
110	316,5	0,01609	62,15	338,1	297,0	635,1
120	323,1	0,01437	69,60	347,3	282,4	629,7
130	329,3	0,01290	77,50	356,4	267,8	624,2
140	335,0	0,01164	85,91	365,3	253,3	618,6
150	340,5	0,01054	94,87	374,1	238,8	612,9

Στό σχήμα 2.5 δίνονται οι καμπύλες των q , L , i σε kcal/kr σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του ατμού t σε βαθμούς $^{\circ}\text{C}$. Παρατηρούμε σ' αυτό ότι, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία (δηλ. η πίεση), αυξάνεται η αίσθητη θερμότητα και ελαττώνεται η λανθάνουσα, ή όλικη δέ, ενώ διατηρείται μέχρι ενός σημείου σταθερή, ελαττώνεται και αυτή ιατόπιν. Τέλος από την περιοχή των 300°C και μετά η μορφή των καμπυλών γίνεται σχετικά άσπης όπως παριστάνεται με διακεκομμένες γραμμές.



Σχ. 2.5.

Οι καμπύλες αίσθητης και όλικης θερμότητας συναντιώνονται στο σημείο K, το οποίο αντιστοιχεί προς τη θερμοκρασία των $374,5^{\circ}\text{C}$ (και πίεση 225 ατμοσφαιρών όπως βρίσκουμε και από τους πίνακες ατμού) ή δέ λανθάνουσα θερμότητα αντίστοιχα μηδενίζεται.

Τό σημείο αυτό λέγεται κρίσιμο σημείο του ατμού, οι δέ αντίστοιχες θερμοκρασία και πίεση λέγονται επίσης **κρίσιμη θερμοκρασία** $374,5^{\circ}\text{C}$ και **κρίσιμη πίεση** 225 ατμ.

Στό σημείο αυτό δηλαδή, και δεδομένου ότι δέν υπάρχει λανθάνουσα θερμότητα, αντιλαμβανόμαστε ότι τό νερό μετατρέπεται κατ' ευθείαν σε ατμό, χωρίς να μεσολαβήσει βρασμός και χωρίς αίσθητη μεταβολή του όγκου του.

Τό φαινόμενο αυτό έκμεταλλεύθηκαν οι κατασκευαστές λεβήτων κρίσιμης και υπερκρίσιμης πίεσεως όπως ονομάστηκαν.

2.6 Ή ατμοποίηση κατά την πραγματική λειτουργία του λέβητα.

Γιά νά συσχετίσουμε τά προηγούμενα πειράματα μέ την πραγματική λειτουργία του λέβητα, επαναλαμβάνομε ότι στό λέβητα ή ατμοποίηση γίνεται όπως ακριβώς και στό **κλειστό δοχείο**, υπό σταθερή πίεση, ή οποία ονομάζεται **πίεση λειτουργίας του λέβητα**. Αυτό τό επιτυγχάνομε ρυθμίζοντας: 1) τόν ατμοφράκτη άνοικτό σε μία σταθερή θέση (συνήθως τόν άνοίγομε τελείως), και 2) τήν ποσότητα του καυσίμου, δηλαδή τή θερμότητα πού παρέχομε στό νερό. Έτσι ό ατμός πού παράγεται είναι ακριβώς όσος άπορροφάται από τήν κατανάλωση, δηλαδή τήν κύρια μηχανή και τά βοηθητικά μηχανήματα τής ένγκαταστάσεως.

Ἡ ρύθμιση αὐτὴ σέ μικρὲς μὲν ἐγκαταστάσεις γίνεται ἀπὸ τὸ θερμαστή, ἐνῶ σέ μεγάλες πραγματοποιεῖται **αὐτομάτως** μέ τή βοήθεια εἰδικῶν αὐτοματικῶν μηχανισμῶν καί ὀργάνων.

2.7 Ποιότητες καί εἶδη ἀτμοῦ.

α) Κορεσμένος ἀτμός (ὕγρὸς καί ξηρὸς).

Ὁ ἀτμός πού παράγουν οἱ λέβητες δέν εἶναι ποτέ τελείως καθαρὸς ἀτμός, δηλαδή στεγνός, ἀλλὰ παρασύρει στή μάζα του σταγόνες ὑγρασίας ἀπὸ τὸ νερὸ τοῦ ὑδροθάλαμου.

Ἄν ὁ ἀτμός εἶναι ἐντελῶς καθαρὸς, χωρὶς ὑγρασία, λέγεται **ξηρὸς** ἀτμός, ἂν ὅμως περιέχει καί ὑγρασία, λέγεται **ὕγρὸς**.

Ἡ ὑγρασία πού περιέχεται στὸν ἀτμὸ καθορίζεται σέ ποσοστά. Λέμε π.χ. ὅτι ὁ ἀτμός αὐτὸς ἔχει ὑγρασία 5% ἢ ὅτι ἔχει ξηρότητα 95%. Εὐκόλα γίνεται ἀντιληπτό ὅτι ὁ ἐντελῶς ξηρὸς ἀτμός ἔχει ξηρότητα 100% καί ὅτι ἀτμός μέ ξηρότητα 0% εἶναι τὸ ἴδιο τὸ νερὸ. Ἀπὸ τὸν ὀρισμὸ τῆς ξηρότητας τοῦ ἀτμοῦ προκύπτει ὅτι ἂν ὀνομάσουμε x τὸ βαθμὸ ξηρότητας ἑνὸς ὑγροῦ ἀτμοῦ, ἡ λανθάνουσα θερμότητα ἀτμοποιήσεώς του θά εἶναι $x \cdot L$ καί ἡ ὀλική θερμότητα ἀτμοποιήσεώς του $i_{\text{υγ}}$ θά εἶναι συνεπῶς:

$$i_{\text{υγ}} = q + x \cdot L$$

Εἶναι προφανές ὅτι καί ὁ ὕγρὸς καί ὁ ξηρὸς ἀτμός ἔχουν τὴ θερμοκρασία, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ στὴν πίεση τους. Ἄν δηλαδή ὁ ἀτμολέβητας παράγει ἀτμὸ 10 At, τότε εἴτε ὕγρὸς εἴτε ξηρὸς εἶναι αὐτός, ἡ θερμοκρασία του θά εἶναι 180°C, ὅπως δείχνουν καί οἱ πίνακες ἀτμοῦ.

Καί ὁ ὕγρὸς καί ὁ ξηρὸς ἀτμός ὀνομάζονται ἐπίσης μέ κοινὸ ὄνομα **κορεσμένοι ἀτμοί**. Ὑπάρχει δηλαδή **ὕγρὸς κορεσμένος** καί **ξηρὸς κορεσμένος** ἀτμός. Ὁ χαρακτηρισμὸς αὐτὸς εἶναι ὁ ἐπικρατέστερος.

β) Ὑπέρθερμος ἀτμός.

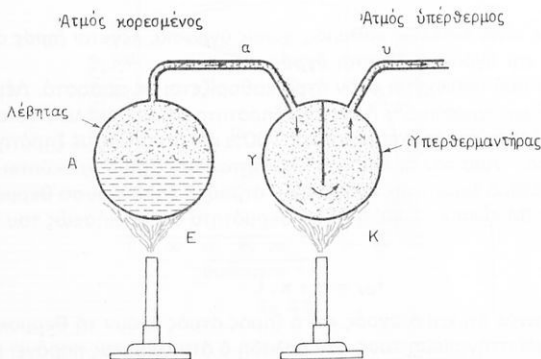
Ὁ κορεσμένος ἀτμός, πού δίνει ὁ λέβητας, μπορεῖ, πρὶν πάει στὴ μηχανή, νά ἀποκτήσει θερμοκρασία μεγαλύτερη ἀπὸ κείνη πού εἶχε στὸ λέβητα, χωρὶς νά ὑψωθεί ἀντίστοιχα ἡ πίεσή του. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἂν περάσει μέσα ἀπὸ εἰδική συσκευή ἡ ὁποία λέγεται **ὕπερθερμαντήρας**.

Ὁ ὕπερθερμαντήρας ἀποτελεῖται ἀπὸ σωλῆνες, μέσα ἀπὸ τοὺς ὁποίους διέρχεται ὁ κορεσμένος ἀτμός. Οἱ σωλῆνες ἐξωτερικὰ περιβάλλονται ἀπὸ τὰ καυσαέρια τῆς ἐστίας τοῦ λέβητα πρὶν αὐτὰ εἰσέλθουν στὴν καπνοδόχο. Ὁ ἀτμός πού ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ὕπερθερμαντήρα ὀνομάζεται **ὕπερθερμος**.

Διαγραμματικά μποροῦμε νά παραστήσουμε τὴν παραγωγή τοῦ ὕπερθερμου ἀτμοῦ ὅπως στὸ σχῆμα 2.7, ὅπου: Α εἶναι ὁ **ἀτμολέβητας**, Ε ἡ **ἐστία**, α ὁ **ἀτμαγωγὸς σωλήνας τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ**, Υ ὁ **ὕπερθερμαντήρας**, Κ τὰ **καυσαέρια, πού πηγαίνουν πρὸς τὴν καπνοδόχο**, καί υ ὁ **ἀτμαγωγὸς σωλήνας τοῦ ὕπερθερμου ἀτμοῦ, πού ἔρχεται ἀπὸ τὸν ὕπερθερμαντήρα**.

Ἀπὸ αὐτὰ ἀντιλαμβανόμεστε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ κορεσμένου ἀτμοῦ εἶναι ἡ **φυσικὴ** θερμοκρασία του, καθορισμένη δηλαδή ἀπὸ τὴ φύση καί πού ἐξαρτᾶται

μόνο από τήν πίεσή του. Αντίθετα, ή θερμοκρασία υπέρθερμου είναι **τεχνητή** θερμοκρασία καί είναι τόσο πιδ ύψηλή από τή φυσική του, όσο πιδ μεγάλη είναι ή υπέρθερμανση, στήν όποία υποβλήθηκε ό κορεσμένος, γιά νά μεταβληθεῖ σέ υπέρθερμο. Αντιλαμβανόμαστε επίσης ότι γιά μία όρισμένη πίεση ατμού υπάρχει μία μόνο θερμοκρασία κορεσμένου, ενώ αντίθέτως υπάρχουν πάρα πολλές θερμοκρασίες υπέρθερμου. Π.χ. γιά απόλυτη πίεση ατμού 10 At ή θερμοκρασία κορεσμένου είναι μόνη καί ἴση πρὸς 180°C, ενώ γιά τήν ἴδια πίεση ό υπέρθερμος ατμός μπορεί νά ἔχει διάφορες θερμοκρασίες, 181, 190, 200, 250, 300, 350 βαθμούς Κελσίου κ.ο.κ.



Σχ. 2.7.

Γι' αυτό, προκειμένου νά όρίσουμε τόν ξηρό κορεσμένο ατμό, άρκει νά όρίσουμε **μόνο τήν πίεση ή μόνο τή θερμοκρασία του**. Προκειμένου όμως νά όρίσουμε τόν υπέρθερμο, πρέπει νά όρίσουμε **τήν πίεση του καί τή θερμοκρασία υπέρθερμάνσεώς του**. Λέμε γιά τόν υπέρθερμο ατμό π.χ. ότι ἔχει απόλυτη πίεση 10 At καί θερμοκρασία υπέρθερμάνσεως 320°C ή απόλυτη πίεση 15 At καί θερμοκρασία υπέρθερμάνσεως 350°C κ.ο.κ.

Όλοι οι σύγχρονοι λέβητες είναι εφοδιασμένοι μέ υπέρθερμαντήρα, γιατί ή χρησιμοποίηση του υπέρθερμου ατμού στίς μηχανές παρουσιάζει πάρα πολλά πλεονεκτήματα.

Θερμότητα υπέρθερμάνσεως καλεῖται τό πρόσθετο ποσό θερμότητας, πού χρ-ρηγούμε στόν ξηρό κορεσμένο ατμό, μέσα στόν υπέρθερμαντήρα, ώστε νά επιτύ-χομε τήν επιθυμητή υπέρθερμάνσή του.

Εἶναι προφανές ότι ή θερμότητα υπέρθερμάνσεως είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο υψηλό-ερη είναι ή θερμοκρασία υπέρθερμου, πού επιθυμούμε.

Η θερμότητα υπέρθερμάνσεως παριστάνεται μέ τό γράμμα S, συμπεραίνομε δέ εύκολα ότι ή όλική θερμότητα ατμοποίησης του υπέρθερμου, ή όποία παρι-στάνεται ως i_s θα είναι ἴση πρὸς:

$$i_s = q + L + S$$

γ) **Άφυπέρθερμος ατμός.**

Μία άλλη κατηγορία ατμού τέλος, ή οποία έχει πρακτική μόνο αξία στίς ατμομηχανικές εγκαταστάσεις, χωρίς όμως καί νά αποτελεί ιδιαίτερο είδος ατμού, είναι ο **άφυπέρθερμος ατμός**. Αὐτός εἶναι ὑπέρθερμος ατμός, ὁ ὁποῖος περνώντας ἀπό μιά εἰδική συσκευή, ἡ ὁποία λέγεται **άφυπερθερμαντήρας**, χάνει ἓνα μέρος τῆς ὑπερθερμάνσεώς του καί ἀποκτᾷ χαμηλότερη θερμοκρασία, ὡς ὑπέρθερμος. Συχνά ὁ άφυπέρθερμος ατμός μετατρέπεται σέ κορεσμένο, προκειμένου νά χρησιμοποιηθεῖ γιά τήν κίνηση τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων τῆς εγκαταστάσεως.

Εἶναι προφανές ἐξ ἄλλου ὅτι ἡ θερμότητα, τήν ὁποία ἀφίνει ὁ ὑπέρθερμος ατμός, ὅταν περνᾷ ἀπό τόν άφυπερθερμαντήρα, δέν χάνεται, ἀλλά χρησιμοποιεῖται ἐπιφελῶς σέ συνδυασμό πρὸς ἄλλες ἀνάγκες τῆς εγκαταστάσεως, ὅπως π.χ. ἡ θέρμανση τοῦ νεροῦ τοῦ ὕδροθάλαμου, ἡ προθέρμανση τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ, ἡ ἀναθέρμανση τοῦ ατμοῦ κάποιας μεσαίας διαβαθμίσεως τῆς μηχανῆς, πρὶν αὐτός εἰσέλθει στήν ἐπόμενη κ.ο.κ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΛΕΒΗΤΕΣ

3.1 Γενικά για τούς λέβητες. Όρισμός. Κατηγορίες λεβήτων.

Λέβητας γενικά ή **άτμολέβητας** καλεῖται κάθε κλειστή ἀνθεκτικὴ μεταλλικὴ συσκευὴ (δοχεῖο), ἡ ὁποία μετατρέπει τὸ νερὸ σὲ ἀτμὸ μὲ τὴ βοήθεια τῆς θερμότητος. Σκοπὸς ἐπομένως τοῦ λέβητα εἶναι ἡ παραγωγή ἀτμοῦ.

Οἱ βασικὲς λειτουργίαι σὲ ἓνα λέβητα εἶναι ἡ **καύση** τοῦ καυσίμου μὲ τὴν ὁποία ἡ χημικὴ του ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ θερμότητα, ἡ **μετάδοση** τῆς ἐκλυόμενης θερμότητος στὸ νερὸ καὶ τελικὰ ἡ μετατροπὴ τοῦ νεροῦ σὲ ἀτμὸ (**ἀτμοποίηση**).

Τὸ σχῆμα 3.1 παριστάνει διαγραμματικὰ μίαν ἀπλὴ ἀτμομηχανικὴ ἐγκατάσταση, ὅπου φαίνεται ὁ κύριος ρόλος τοῦ λέβητα μέσα σ' αὐτήν.

Παρατηροῦμε ὅτι μὲ τὴν καύση τοῦ καυσίμου (γαιάνθρακα ἢ πετρελαίου) μέσα στὴν **ἐστία** (Ε) τοῦ λέβητα παράγεται θερμότητα. Ἡ θερμότητα αὐτὴ περνᾷ μέσῳ τῆς **θερμαινόμενης** ἐπιφάνειας τοῦ λέβητα πρὸς τὸ νερὸ, τὸ ὁποῖο βρίσκεται μέσα στὸν **ὕδροθάλαμο** τοῦ λέβητα (Υ). Τὸ νερὸ θερμαίνεται καὶ μετατρέπεται σὲ ἀτμὸ, ὁ ὁποῖος συγκεντρώνεται στὸν ἐπάνω χώρῳ τοῦ λέβητα, τὸν **ἀτμοθάλαμο** (Α).

Ὁ ἀτμὸς περιέχει μέσα του **θερμικὴ** καὶ **δυναμικὴ** ἐνέργεια, ἔχει δηλαδὴ ὑψηλὴ **θερμοκρασία** καὶ **πίεση**.

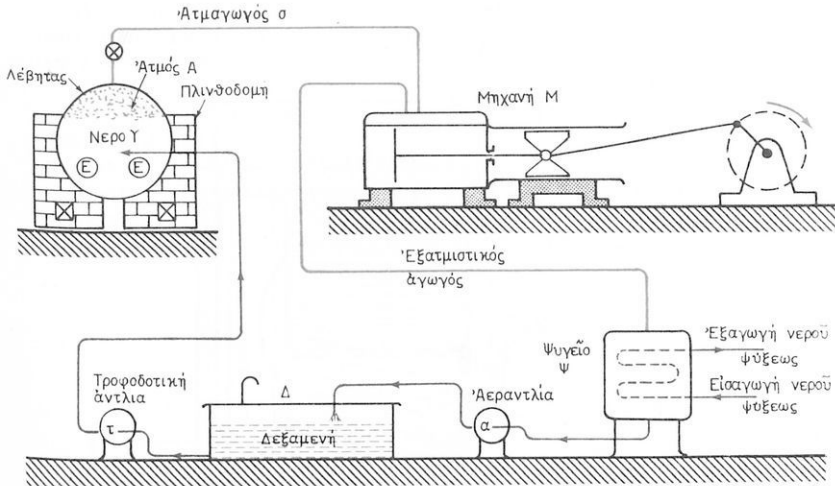
Ἀπὸ τὸν ἀτμοθάλαμο ὁ ἀτμὸς ὁδηγεῖται μὲ τὸν **ἀτμαγωγὸ σωλήνα** (σ) **πρὸς τὴ μηχανή** (Μ), ἡ ὁποία μπορεῖ νὰ εἶναι εἴτε παλινδρομικὴ εἴτε στρόβιλος.

Μέσα στὴ μηχανὴ μέρος τῆς ἐνέργειας τοῦ ἀτμοῦ, δηλαδὴ μέρος τῆς πίεσεως καὶ τῆς θερμότητός του, μετατρέπεται σὲ ὠφέλιμο ἔργο, τὸ ὁποῖο τελικὰ παραλαμβάνεται ἀπὸ τὸν περιστρεφόμενο ἄξονα τῆς μηχανῆς.

Κατόπιν ὁ ἀτμὸς μεταβαίνει μὲ πολὺ χαμηλὴ πίεση καὶ θερμοκρασία ὡς **ἐξάτμιση** πιά σὲ μιά βοηθητικὴ συσκευὴ τῆς ἐγκαταστάσεως, τὸ **συμπυκνωτὴ** ἢ **ψυγεῖο** (ψ), ὅπου ψύχεται καὶ συμπυκνώνεται πάλι σὲ νερὸ.

Τὸ νερὸ αὐτὸ τῆς συμπυκνώσεως ἢ **συμπύκνωμα** μὲ εἰδικὴ ἀντλία, τὴν **ἀεραντλία** (α), καταθλίβεται στὴ **δεξαμενὴ** νεροῦ (Δ), ἀπὸ τὴν ὁποία ἄλλη ἀντλία, ἡ **τροφοδοτικὴ ἀντλία** ἢ **τροφοδοτικὸ ἱππάριο** (τ) τὸ ἀναρροφᾷ, τὸ συμπιέζει σὲ πίεση μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πίεση λειτουργίας τοῦ λέβητα καὶ τὸ καταθλίβει στὸ λέβητα. Ἐκεῖ θὰ ἀτμοποιηθεῖ πάλι καὶ θὰ ἀκολουθήσει ξανά μὲ τὴν ἴδια σειρὰ τῶν φάσεων λειτουργίας πού περιγράψαμε.

Ἀπὸ αὐτὰ ἀντιλαμβανόμαστε ὅτι **πηγὴ ἐνέργειας** στὴν ἀτμομηχανικὴ ἐγκατάσταση εἶναι τὸ **καύσιμο**, ἐνῶ τὸ νερὸ εἶναι ἡ **ἐργαζόμενη οὐσία**, ἡ ὁποία ὡς ἀτμὸς χρησιμεύει γιὰ νὰ ἀποθηκεύει τὴν παραγόμενὴ ἐνέργεια καὶ νὰ τὴ μεταφέρει στὴ μηχανή. Ἡ μηχανὴ τέλος μετατρέπει μέρος τῆς ἐνέργειας αὐτῆς σὲ **κινήτηριον ἔργο**.



Σχ. 3.1.

3.2 Τά βασικά μέρη των λέβητων.

Τά βασικά μέρη, από τά όποια αποτελείται σχεδόν όποιοσδήποτε λέβητας, είναι τά εξής:

— **‘Ο θερμαντήρας.** Είναι τό μέρος ή τά μέρη του λέβητα, στά όποια πραγματοποιείται ή καύση καί από τά όποια περνούν φλόγες καί καυσασέρια πρίν εισέλθουν στην καπνοδόχο.

— **‘Ο ύδροθάλαμος.** Είναι ό χώρος του λέβητα, στον όποιο βρίσκεται τό νερό πού θά ατμοποιηθεί.

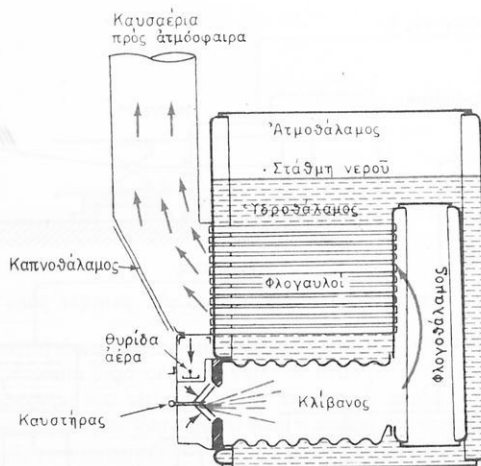
— **‘Ο ατμοθάλαμος.** Σ αυτόν συγκεντρώνεται ό παραγόμενος ατμός. Βρίσκεται άκριβώς πάνω από τον ύδροθάλαμο καί χωρίζεται από αυτόν μέ τή **στάθμη** του νερού. Συχνά ύδροθάλαμος καί ατμοθάλαμος χαρακτηρίζονται μέ κοινό όνομα ως **άτμούδροθάλαμος**.

Ειδικότερα ό θερμαντήρας του λέβητα (σχ. 3.2α) αποτελείται από τον κλίβανο, τό φλογοθάλαμο, τούς φλογαυλούς, τον καπνοθάλαμο καί τήν καπνοδόχο.

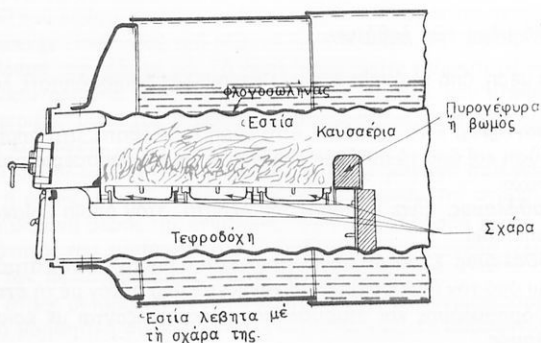
Μέσα στον **κλίβανο** ή **φλογοσωλήνα** (κοινώς **φούρνο**) πραγματοποιείται ή καύση του καυσίμου.

Στούς **γαιανθρακολέβητες** (σχ. 3.2β), ό κλίβανος διαιρείται από τή **σχάρα** σε δύο μέρη, στην **έστια** καί στην **τεφροδόχη**. Στην έστια (πάνω) καίγονται τά άέρια πού παράγονται από τή θέρμανση του καυσίμου, ενώ στην τεφροδόχη (κάτω) συγκεντρώνονται τά υλικά, τά όποια απομένουν μετά τό τέλος τής καύσεως, δηλαδή **τέφρα**, **σκουριά** καί μερικές φορές **άκαυστα** κομμάτια γαιάνθρακα.

‘Η σχάρα είναι συνήθως επίπεδη όριζόντια έπιφάνεια, ή όποια αποτελείται από χυτοσιδηρές ως επί τό πλείστον ράβδους, τά **έσχαρια** (κοινώς **μπάρες**).



Σχ. 3.2α.



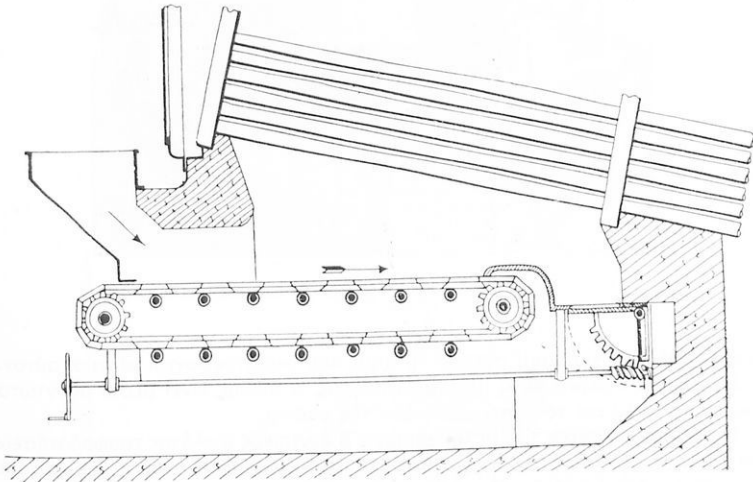
Σχ. 3.2β.

Τά έσχάρια στηρίζονται μέ τό πρόσθιο άκρο τους στό στόμιο του φλογοσωλήνα καί μέ τό πίσω άκρο τους σ' ένα τοίχωμα από πλίνθους, τό όποιο άνομάζεται **πυρογέφυρα** ή **βωμός**. Η πυρογέφυρα δέχεται τό πρώτο κύμα των φλογών, ώστε νά προστατεύει τό έλασμα του λέβητα από τήν έντονη επίδρασή τους καί νά υποβοηθεϊ τίς φλόγες νά αλλάζουν πορεία όταν οί λέβητες είναι άναστρεφόμενης φλόγας.

Πάνω στη σχάρα τοποθετείται ό στερεός γαιάνθρακας, ό όποιος πρόκειται νά καεί στό λέβητα.

Ἡ τροφοδότηση τῆς σχάρας μέ γαιάνθρακα γίνεται ἀπὸ τὴ *θύρα τῆς ἐστίας*, ἐνῶ ἀπὸ τὴ *θύρα τῆς τεφροδόχης*, πού εἶναι ἀπὸ κάτω, εἰσάγεται καυσιγόνος ἀέρας καί ἐξάγεται ἡ τέφρα καί οἱ σκουριές.

Σέ μεγάλες ἐγκαταστάσεις ἡ καύση τοῦ γαιάνθρακα γίνεται στὶς λεγόμενες μηχανικὲς σχάρες. Αὐτὲς τροφοδοτοῦνται μέ γαιάνθρακα τυποποιημένου μεγέθους ἀπὸ πάνω μέ ἓνα χωνί. Στὸ σχῆμα 3.2γ φαίνεται μιὰ ἀτέρμων μηχανικὴ σχάρα ἀλυσιδωτοῦ τύπου. Αὐτὴ μέσω δύο τυμπάνων περιστρέφεται ἐξωτερικά ἀπὸ ἓνα ἀτμοκίνητο ἢ ηλεκτροκίνητο μηχανήμα μέ ταχύτητα τόση, ὥστε, ὅταν ὁ ἄνθρακας, πού ρίχνεται στὸ ἐμπρὸς ἄκρο της, φθάσει στὸ πίσω ἄκρο της, νά ἔχει καεῖ τελείως. Ὑπάρχουν πολλῶν τύπων μηχανικὲς σχάρες, κλιμακωτές, προώσεως κλπ.



Σχ. 3.2γ.

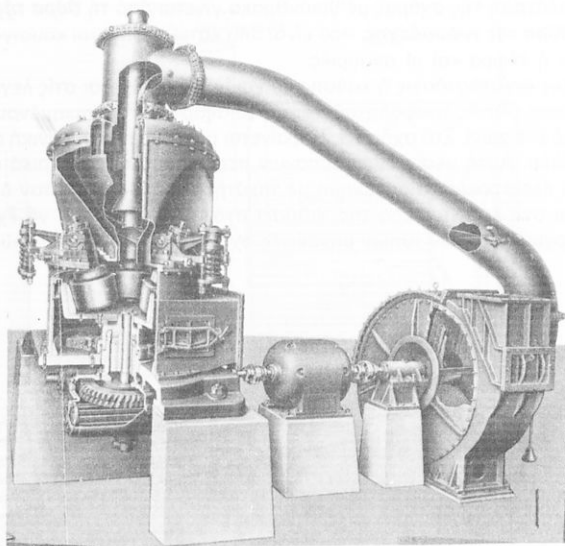
Σέ ἄλλες πάλι ἐγκαταστάσεις, ὁ γαιάνθρακας καίγεται ὑπὸ μορφή σκόνης (κονιοποιημένος). Ἡ μέθοδος αὕτὴ δέν ἀπαιτεῖ σχάρα, ἐνῶ παρέχει πολλὰ πλεονεκτήματα, ὅπως τελειότερη καύση, ὑψηλότερες θερμοκρασίες τῆς ἐστίας, μεγάλη ἀπορρόφηση τῆς θερμότητας δι' ἀκτινοβολίας, πού ὅλα βελτιώνουν τὸ βαθμὸ ἀποδόσεως τοῦ λέβητα.

Γιὰ τὴν κονιοποίηση τοῦ γαιάνθρακα χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ μηχανήματα, οἱ μύλοι, πού τὸν ἀλέθουν σέ κόκκους διαμέτρου 0,1-0,2 mm.

Ὑπάρχουν διαφόρων τύπων μύλοι, ὅπως π.χ. μέ περιστρεφόμενες σφύρες, σφαιρόμυλοι, ἢ μύλοι περιστρεφόμενων δακτυλίων καί σμυριδοτροχῶν, οἱ ὁποῖοι μάλιστα θεωροῦνται τελειότεροι.

Στὸ σχῆμα 3.2δ εἰκονίζεται μύλος αὐτῆς τῆς κατηγορίας, τύπου Raymond (Ραίυ-μοντ).

Ἀποτελεῖται ἀπὸ περιστρεφόμενο δακτύλιο, πού μοιάζει μέ ἀνοικτὸ δοχεῖο



Σχ. 3.26.

(μπώλ), καί τρεῖς κωνικούς συμριδοτροχούς πού περιστρέφονται μέσα σ' αὐτόν.

Στό σχῆμα διακρίνεται ὁ ἠλεκτροκινητήρας, ὁ ὁποῖος κινεῖ μέσω ὀδοντωτοῦ τροχοῦ τὸ μύλο καί τὸν ἀπορροφητήρα τῆς σκόνης.

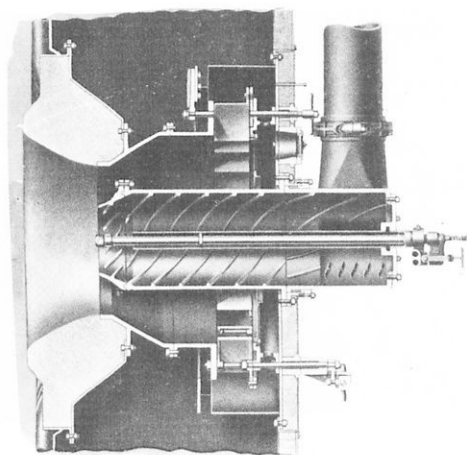
Στό ψηλότερο μέρος τοῦ μύλου ὑπάρχει ὁ κεντρικός σωλήνας τροφοδοτήσεως (μέ γαϊάνθρακα). Ἀπὸ τὸ ὀρθογωνικὸ περιαυχένιο, τὸ ὁποῖο εἶναι πλευρικά τοποθετημένο στὴν κάτω δεξιὰ πλευρά τοῦ μηχανήματος, εἰσάγεται ὁ ἀέρας ὑπὸ πίεση. Αὐτός ἔχει προθερμανθεῖ προηγουμένως καί συντελεῖ ἔτσι καί στὴν ξήρανση τοῦ γαϊάνθρακα.

Ἡ σκόνη πού παράγεται ἀπὸ τὸ ἄλεσμα τοῦ γαϊάνθρακα ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸν ἀπορροφητήρα καί καταθλίβεται μέ πίεση ἀέρα πρὸς τοὺς καυστήρες.

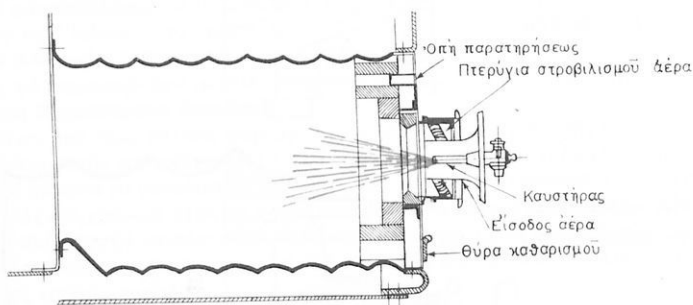
Στό σχῆμα 3.2ε φαίνεται σέ τομὴ καυστήρας κονιοποιημένου γαϊάνθρακα, ὁ ὁποῖος ἐσωτερικά φέρει καί καυστήρα γιὰ τὴν καύση πετρελαίου. Διακρίνομε τίς ἐλικοειδεῖς πτερυγώσεις στροβιλισμοῦ τοῦ μίγματος σκόνης-ἀέρα καί τὸν κατακόρυφο τροφοδοτικὸ σωλήνα τοῦ μίγματος αὐτοῦ, καθὼς καί τὸν κῶνο ἀέρα, ὁ ὁποῖος περιβάλλει τὸν καυστήρα.

Σέ λέβητες οἱ ὁποῖοι καίνε ὑγρὸ καύσιμο (πετρέλαιο λεβήτων), δηλαδή στοὺς **πετρελαιολέβητες**, δέν ὑπάρχει σχάρα. Τὸ καύσιμο σ' αὐτοὺς ἐκτοξεύεται (**ψεκάζεται**) μέ εἰδικὸ καυστήρα (σχ. 3.2στ) καί ἀφοῦ ἀναμιχθεῖ μέ τὸν καυσιγόνον ἀέρα, ὁ ὁποῖος εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν κῶνο ἀέρα γύρω ἀπὸ τὸν καυστήρα, καίγεται μέσα στὸ φλογοσωλήνα.

Στό σχῆμα 3.2ζ φαίνεται ἓνας καυστήρας πετρελαίου ἀπλῆς μορφῆς. Τὸ πετρέ-



Σχ. 3.2ε.

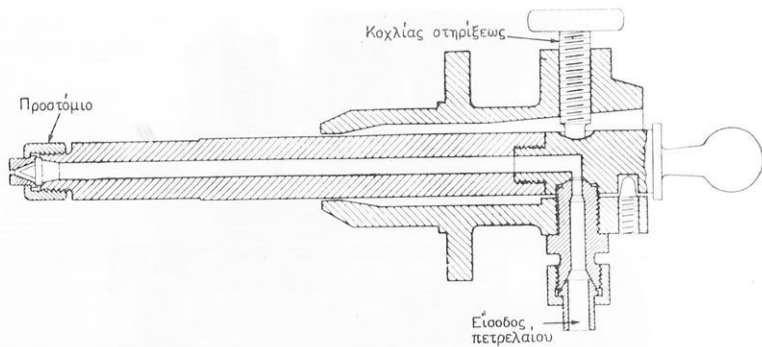


Σχ. 3.2στ.

λαιο εισάγεται σ' αυτόν με την πίεση της αντλίας πετρελαίου και έκτοξεύεται μέσα στην έσθια από τό προστόμιό του, όπου παίρνει έλικοειδή κίνηση, όπως δείχνει τό σχήμα 3.2η.

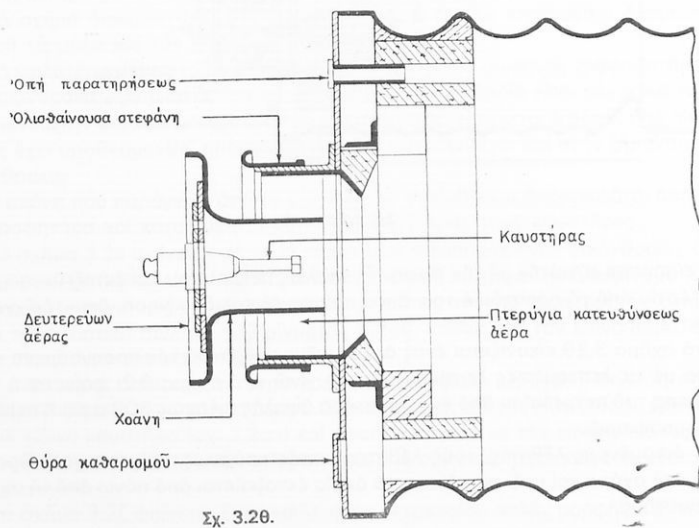
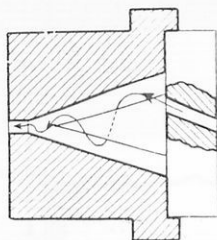
Στό σχήμα 3.2θ εικονίζεται ένας άπλός κώνος άέρα γιά τόν προηγούμενο καυστήρα μέ τίς λεπτομέρειες λειτουργείας του, ενώ στό σχήμα 3.2ι φαίνεται ή διασκόρπιση τού πετρελαίου από ένα καυστήρα ύψηλης πίεσεως 300 p.s.i. ή περίπου 20 άτμοσφαιρών.

Σέ όρισμένους λέβητες, τούς λέβητες μικτής καύσεως, καίγεται γαιάνθρακας πάνω στή σχάρα καί μαζί πετρέλαιο, τό όποίο έκτοξεύεται από πάνω από τή σχάρα μέ καυστήρα.

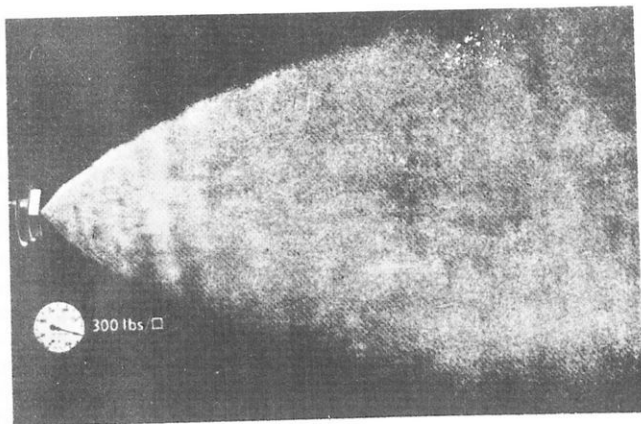


Σχ. 3.2ζ.

Σχ. 3.2η.



Σχ. 3.2θ.



Σχ. 3.2ι.

Τα λοιπά μέρη του θερμαντήρα (σχ. 3.2α) είναι:

Ο φλογοθάλαμος, μέσα στον οποίο καίγονται συμπληρωματικά δσα αέρια δέν έχουν καεί τελείως στον κλίβανο.

Οί φλογαυλοί ή αεριαυλοί. Είναι σωλῆνες μέ μεγάλο μήκος καί μικρή διάμετρο, ὥστε νά παρουσιάζουν μεγάλη ἐπιφάνεια μεταδόσεως τῆς θερμότητος, δηλαδή μεγάλη **θερμαινόμενη ἐπιφάνεια**.

Μέσα ἀπό τούς αὐλοὺς διέρχονται οἱ φλόγες καί τὰ αέρια τῆς καύσεως, πρὶν εἰσέλθουν στον καπνοθάλαμο. Οἱ αὐλοὶ ἀποτελοῦν καί αὐτοὶ τμήμα τοῦ θερμαντήρα καί μάλιστα τό μεγαλύτερο μέρος τῆς θερμαινόμενης ἐπιφάνειας τοῦ λέβητα.

Στούς σύγχρονους λέβητες χρησιμοποιοῦνται οἱ λεγόμενοι **ὕδραυλοί**. Εἶναι καί αὐτοὶ σωλῆνες μέ μεγάλο μήκος καί μικρή διάμετρο, μέσα στοὺς ὁποίους κυκλοφορεῖ τό νερό πού θά ἀτμοποιηθεῖ. Ἐξωτερικά οἱ ὕδραυλοί περιβάλλονται ἀπό τίς φλόγες καί τὰ καυσάεiria.

Ἀπό τή διάκριση τῶν αὐλῶν σέ φλογαυλοὺς καί ὕδραυλοὺς ὀνομάζονται καί οἱ ἀντίστοιχοι λέβητες **φλογαυλωτοί** καί **ὕδραυλωτοί**.

Ο καπνοθάλαμος ὁ ὁποῖος συνδέει τό λέβητα μέ τήν καπνοδόχο.

Ἡ καπνοδόχος, πού ὁδηγεῖ τὰ αέρια τῆς καύσεως πρὸς τήν ἀτμόσφαιρα.

Ἀνακεφαλαιώνοντας ἀναφέρομε ὅτι ὁ **κλίβανος** (μέ τήν ἐστία, τή σχάρα καί τήν τεφροδόχη), ὁ **φλογοθάλαμος**, οἱ **φλογαυλοί** (ἐάν ὑπάρχουν), ὁ **καπνοθάλαμος** καί ἡ **καπνοδόχος** ἀποτελοῦν τὰ κύρια μέρη τοῦ θερμαντήρα.

3.3 Γενικά χαρακτηριστικά τῶν λεβήτων.

Ἐκτός ἀπό τὰ κύρια μέρη, οἱ λέβητες χαρακτηρίζονται ὡς πρὸς τό μέγεθος καί τήν ἱκανότητά τους ἀπό ὀρισμένα χαρακτηριστικά, τὰ ὁποῖα διαφέρουν στοὺς διάφορους λέβητες. Τά χαρακτηριστικά αὐτά στοιχεῖα εἶναι:

— **Ο τύπος τοῦ λέβητα**, ὁ ὁποῖος προσδιορίζει τήν κατηγορία, στήν ὁποία ἀνή-

κει. Συχνά είναι γνωστός με τό όνομα του κατασκευαστή, συνοδευόμενο από συμβολικά ψηφία για πιό εύκολη αναγνώριση της ταυτότητας του λέβητα. Π.χ. «Λέβητας ύδραυλωτός τύπου Α», «Yarrow SF2» (Γιάρροω) ή «Κάθετος βοηθητικός πετρελαιολέβητας τύπου Cochrane» (Κόχραν) κ.ο.κ.

— **Ή θερμαινόμενη επιφάνεια**, δηλαδή τό σύνολο τών μεταλλικών επιφανειών του λέβητα, διά τών οποίων ή θερμότητα μεταδίδεται στό νερό πού θά ατμοποιηθεί.

— **Ή επιφάνεια της σχάρας**. Σχηματίζεται, όπως είναι γνωστό, από τά έσχάρια, πάνω στά όποια ρίχνουμε τό γαιάνθρακα. Χαρακτηρίζεται ως **ολική** καί **ελεύθερη**. Όλική ονομάζεται τό σύνολο της επιφάνειας, πού καταλαμβάνουν τά έσχάρια, έλεύθερη δέ τό άθροισμα της επιφάνειας τών διακένων, πού σχηματίζονται μεταξύ τών έσχαρίων. Ή έλεύθερη επιφάνεια της σχάρας είναι συνήθως τό $\frac{1}{3}$ περίπου της ολικής.

Ή έλεύθερη επιφάνεια της σχάρας έχει ιδιαίτερη σημασία για τήν ικανότητα καί τήν καλή λειτουργία του λέβητα, γιατί από αυτήν εξαρτάται ή ποσότητα του άέρα, πού θά εισέλθει στην έστία, καί έπομένως καί ή ποσότητα του γαιάνθρακα, ό όποιος μπορεί νά καεί μέσα στό λέβητα. Είναι έπομένως μέτρο χρήσιμο για νά υπολογίσουμε τό βαθμό καύσεως του λέβητα.

— **Ό όγκος του θαλάμου καύσεως**. Είναι ό όγκος του λέβητα, πού χρησιμεύει για τήν καύση του καυσίμου. Ός χαρακτηριστικό στοιχείο ή ως μέτρο, κατά κάποιον τρόπο, ό όγκος του θαλάμου καύσεως μάς ενδιαφέρει για όλους τους λέβητες, ιδιαίτερα όμως για όσους καίνε ύγρό καύσιμο (πετρέλαιο) ή κονιοποιημένο γαιάνθρακα.

— **Ό όγκος του ύδροθάλαμου**. Είναι ό όγκος πού καταλαμβάνει τό νερό μέσα στό λέβητα.

— **Ό όγκος του ατμοθάλαμου**. Είναι ό όγκος πού καταλαμβάνει ό ατμός μέσα στό λέβητα.

— **Ή ειδική φόρτιση της σχάρας**. Είναι ένα μέτρο, πού καθορίζει πόσο βάρος γαιάνθρακα μπορεί νά καεί στη μονάδα της επιφάνειας της σχάρας σέ 1 ώρα.

— **Ή ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως**. Καθορίζει πόσες θερμίδες από αυτές πού παράγονται κατά τήν καύση αντιστοιχούν στη μονάδα του όγκου του θαλάμου καύσεως.

Άπό τά δύο αυτά χαρακτηριστικά ή μέν ειδική φόρτιση της σχάρας χρησιμοποιείται στους γαιανθρακολέβητες, ενώ ή ειδική φόρτιση του θαλάμου καύσεως στους πετρελαιολέβητες καί λέβητες κονιοποιημένου γαιάνθρακα. Καί τά δύο πάντως μπορεί νά αποδοθούν ή νά μετρηθούν καί με τό βάρος του καυσίμου, πού αντιστοιχεί στη μονάδα θερμαινόμενης επιφάνειας του λέβητα σέ μία ώρα. Καλούνται δέ τότε καί **βαθμός καύσεως** του λέβητα.

— **Ή ειδική ατμοποίηση**. Καθορίζει τό βάρος του ατμού, πού παράγει ό λέβητας, για κάθε μονάδα της θερμαινόμενης επιφάνειάς του σέ μία ώρα. Σχετικός προς τήν ειδική ατμοποίηση είναι καί ό όρος **ατμοπαραγωγική ικανότητα**, ή όποία καθορίζει τό βάρος του ατμού, πού παράγει συνολικά ό λέβητας σέ μία ώρα. Αυτή τή βρίσκουμε, όταν πολλαπλασιάσουμε τήν ειδική ατμοποίηση του λέβητα επί τό έμβαδόν της θερμαινόμενης επιφάνειάς του.

— **Ή ποιότητα του ατμού**. Καθορίζει τό είδος του ατμού, πού παράγει ό λέβητας. Δείχνει δηλαδή άν ό λέβητας παράγει κορεσμένο ή υπέρθερμο ατμό.

— Η **πίεση** του ατμού του λέβητα, ή όποία, όπως γνωρίζουμε, μετριέται σε kg/cm^2 ή p.s.i.

— Η **θερμοκρασία** του ατμού, ή όποία είναι απαραίτητη, μόνο όταν ο λέβητας παράγει υπέρθερμο ατμό και μετριέται σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ.

3.4 Βασικές αρχές κατασκευής και ικανοποιητικής λειτουργίας των λεβήτων.

α) Κατασκευή.

Γιά να πραγματοποιεί καλύτερα τό σκοπό του ο λέβητας, είναι απαραίτητο νά παρουσιάζει όρισμένες ιδιότητες (προτερήματα δηλαδή) οι όποίες είναι:

1) **Ή όσο γίνεται μεγαλύτερη θερμαινόμενη επιφάνεια** στο μικρότερο δυνατό χώρο και βάρος του λέβητα. Αυτό τό επιτυγχάνουμε χρησιμοποιώντας τούς αύλους, δηλαδή σωλήνες μεγάλου μήκους και μικρής διάμετρου. Αυτοί μέσα σε όρισμένο χώρο δημιουργούν πολύ μεγάλη επιφάνεια μεταδόσεως τής θερμότητας στο νερό.

2) **Ή μεγάλη μετάδοση τής θερμότητας** διά μέσου τής θερμαινόμενης επιφάνειας. Αυτό επιτυγχάνεται: α) Μέ τή χρήση εύθερμαγωγών υλικών γιά τήν κατασκευή τής θερμαινόμενης επιφάνειας, όπως π.χ. παλαιότερα **χαλκού** ή **δρείχαλκου**, σήμερα δέ κατά κανόνα **μαλακού χάλυβα** και των ειδικών κραμάτων του. β) Μέ τήν προσπάθεια πού καταβάλλεται, νά διατηρείται όσο γίνεται καθαρότερη ή θερμαινόμενη επιφάνεια και στίς δύο πλευρές της, δηλαδή άπαλλαγμένη από **αίθάλη, λεβητόλιθο, λάδια** ή άλλες **επικαθίσεις**.

3) **Ή καλή τοποθέτηση τής θερμαινόμενης επιφάνειας** σε σχέση μέ τήν πορεία των καυσαερίων. Αυτό επιτυγχάνεται μέ κατάλληλη σχεδίαση του λέβητα, ώστε τά καυσαέρια νά έγκαταλείπουν τό μεγαλύτερο μέρος τής θερμότητάς τους στο νερό. Γι' αυτό άλλωστε τοποθετούνται μέσα στο θερμαντήρα όδηγητικά διαφράγματα, ώστε νά κατευθύνεται κατάλληλα ή πορεία των καυσαερίων.

4) **Ή έντονη κυκλοφορία του νερού**, ή όποία συντελεί πολύ στήν αύξηση τής μεταδόσεως τής θερμότητας και τήν επιτάχυνση τής άτμοποίησης. Πραγματοποιείται μέ κατάλληλη τοποθέτηση των υδραυλών, ώστε νά πλησιάζουν τήν κατακόρυφο και νά αύξάνει έτσι ή φυσική κυκλοφορία του νερού. Σέ νεώτερους λέβητες τοποθετείται ιδιαίτερη άντλία, ή όποία προκαλεί **άναγκαστική κυκλοφορία** του νερού, πού τό κυκλοφορεί μέ μεγάλη ταχύτητα άνεξάρτητα από τήν κλίση των αυλών του λέβητα.

5) **Οι μικρές άπώλειες θερμότητας από άκτινοβολία προς τό περιβάλλον**. Γιά τό σκοπό αυτό επενδύεται ο λέβητας μέ **θερμομονωτικές** ουσίες, π.χ. μέ μίγμα από γύψο και άμίαντο, ή κατασκευάζονται τά τοιχώματα τής έστίας του από πυρόπλινθους (πυρότουβλα) ή αύλους μέ μικρή διάμετρο, οι όποιοι έπιχρίονται μέ στρώμα από ειδικό πυρίμαχο υλικό, όπως τό «χρωμόρ» (Chrome-ore). Οι αύλοι αυτοί, μέσα στους όποιους κυκλοφορεί νερό και οι όποιοι σχηματίζουν έτσι τά τοιχώματα τής έστίας, όνομάζονται **ύδροτοιχώματα** ή **ύδρότοιχοι**.

Ή ενέργεια των ύδροτοιχών συνίσταται στο ότι έμποδίζουν τή θερμότητα πού άκτινοβολεί ή έστία νά φθάσει στο περιβάλλον, γιατί άπορροφάται από τό νερό πού κυκλοφορεί μέσα στους αύλους του ύδροτοιχώματος. Κατ' αυτό τόν τρόπο γίνεται οίκονομία σε καύσιμη ύλη, γιατί ή θερμότητα, ή όποία θά χανόταν, χρησιμοποιείται έπωφελώς γιά τήν άτμοπαραγωγή.

6) **Η ασφάλεια του λέβητα.** Αυτό σημαίνει ότι ο λέβητας πρέπει να έχει κατασκευασθεί από υλικά άριστης ποιότητας, ώστε να παρουσιάζει μεγάλη αντοχή και ασφάλεια και να μην υπάρχει κίνδυνος για το προσωπικό ή για το υλικό της εγκατάστασης. Γι' αυτό υπολογίζεται και σχεδιάζεται βάσει αυστηρών κανόνων, οι όποιοι προδιαγράφουν τα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής. Μετά την κατασκευή του εξάλλου υποβάλλεται στίς αναγκαίες και αυστηρές πάντοτε δοκιμές ασφαλείας και ικανοποιητικής λειτουργίας.

Όλες αυτές οι ιδιότητες των λεβήτων που αναφέραμε απασχόλησαν πολλά χρόνια τους κατασκευαστές, ώστε σήμερα πιά όλοι οι λέβητες να κατασκευάζονται βάσει των συμπερασμάτων, τα όποια προέκυψαν από τη μελέτη αυτή.

β) Λειτουργία.

Η λειτουργία του λέβητα αφορά δύο **κύκλωματα**. Το κύκλωμα καυσίμου-άερα-καυσαερίων και το κύκλωμα τροφοδοτικού νερού-άτμου.

Το κύκλωμα **καυσίμου-άερα-καυσαερίων** αναφέρεται στην είσοδο του καυσίμου μέσα στην έστία και στην παράλληλη είσοδο του ατμοσφαιρικού καυσιγόνου άερα, για την πραγματοποίηση της καύσεως.

Ο γαιάνθρακας στους γαιανθρακολέβητες εισάγεται στην έστία από τη θύρα της έστίας, ενώ ο άερας εισάγεται από τη θύρα της τεφροδόχης διά μέσου της σχάρας.

Τό πετρέλαιο (στούς πετρελαιολέβητες) εισάγεται στην έστία, μέσω του καυστήρα υπό την πίεση της άντλίας **πετρελαίου**. Ο άερας εισάγεται μέσω του κώνου του άερα, ο όποιος περιβάλλει τόν καυστήρα. Παρόμοια γίνεται ή είσαγωγή του κονιοποιημένου γαιάνθρακα στούς λέβητες πού χρησιμοποιούν αυτό τό είδος καυσίμου.

Στήν ύψηλή θερμοκρασία της έστίας τό καύσιμο ένώνεται χημικά μέ τό όξυγόνο του άερα, δηλαδή καίγεται, και παράγονται οι φλόγες και τά καυσαέρια.

Οί παραγόμενες φλόγες και τά καυσαέρια προχωρούν πρός τήν καπνοδόχο μέσω του θερμαντήρα. Κατά τήν πορεία τους αυτή, μεταδίδουν, μέσω της θερμαινόμενης επιφάνειας, τή θερμότητα στό νερό, τό όποιο ατμοποιείται. Από τήν καπνοδόχο τέλος έξέρχονται τά καυσαέρια στην ατμόσφαιρα.

Τό κύκλωμα **τροφοδοτικού νερού-άτμου** αναφέρεται στην είσοδο του τροφοδοτικού νερού στό λέβητα και στην ατμοποίησή του.

Τό νερό καταθλίβεται από τήν τροφοδοτική άντλία μέ πίεση μεγαλύτερη από αυτή, πού έπικρατεί μέσα στό λέβητα, και εισάγεται στον ύδροθάλαμο. Έκεί θερμαίνεται από τίς φλόγες και τά καυσαέρια μέσω της θερμαινόμενης επιφάνειας, ατμοποιείται, και ως άτμος συγκεντρώνεται στον ατμοθάλαμο του λέβητα. Από εκεί, μέσω του άτμοφράκτη, όδεύει πρός τή μηχανή, από τήν όποία καταναλώνεται για τήν παραγωγή έργου.

Στά παραπάνω πρέπει να προστεθούν και τά εξής, πού έχουν σχέση μέ τή λειτουργία των λεβήτων:

1) Τό πετρέλαιο εισέρχεται στην έστία, αφού πρώτα προθερμανθεί μέ άτμο στον **προθερμαντήρα πετρελαίου**.

2) Ὁ ἀέρας εἶναι δυνατό νά εἰσέρχεται στήν ἐστία ψυχρός, δηλαδή μέ τή θερμokraσία τοῦ περιβάλλοντος, ἢ θερμός, ἀφοῦ προηγουμένως περάσει μέσα ἀπό ἰδιαίτερη συσκευή, τόν **προθερμαντήρα τοῦ ἀέρα**.

3) Τό τροφοδοτικό νερό εἰσέρχεται στόν ὑδροθάλαμο, ἀφοῦ πρῶτα προθερμανθεῖ, εἴτε σέ **προθερμαντήρα νεροῦ**, πού λειτουργεῖ μέ τή θερμότητα τῶν ἐξατμίσεων τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων, εἴτε σέ **οἰκονομητήρα**, πού λειτουργεῖ μέ τή θερμότητα τῶν καυσαερίων, πού ἐξέρχονται πρὸς τήν ἀτμόσφαιρα.

4) Ὁ ἀτμός, ὅταν ἐξέρχεται ἀπό τό λέβητα, προχωρεῖ ἀπ' εὐθείας πρὸς τήν κατανάλωση ὡς φυσικός ἀτμός (ὑγρός ἢ ξηρός κορεσμένος), ἢ περνᾷ πρῶτα ἀπό τόν **ὑπερθερμαντήρα**, ὅπου θερμαίνεται περισσότερο καί γίνεται ὑπέρθερμος.

3.5 Κατάταξη τῶν λεβήτων. Ἰδιότητες.

Οἱ λέβητες κατατάσσονται ἀνάλογα μέ τὰ χαρακτηριστικά καί τίς ἰδιότητες, πού παρουσιάζουν καθένας, σέ κατηγορίες ὡς ἐξῆς:

— **Ἀνάλογα μέ τή σχετική τοποθέτηση τῆς ἐστίας καί τῶν αὐλῶν στό λέβητα** διαιροῦνται σέ λέβητες μέ **ἐσωτερική ἐστία**, ὅταν αὐτή περιβάλλεται ἀπό τόν ὑδροθάλαμο τοῦ λέβητα καί σέ λέβητες μέ **ἐξωτερική ἐστία**, ὅταν ἀντίστροφα αὐτή περιβάλλει τόν ὑδροθάλαμο.

Οἱ λέβητες μέ ἐσωτερική ἐστία λέγονται ἐπίσης καί λέβητες μέ **φλογοσωλήνα**. Ἄν ἡ θερμαινόμενη ἐπιφάνειά τους ἀποτελεῖται ἀπό ἀεριαλούς ἢ φλογαυλούς, λέγονται ἀντίστοιχα **ἀεριαλωτοί** ἢ **φλογαυλωτοί**.

Οἱ λέβητες μέ ἀεριαλούς διαιροῦνται σέ λέβητες **ἐπιστρεφόμενης φλόγας** καί σέ λέβητες **εὐθείας φλόγας**.

Οἱ λέβητες μέ ἐξωτερική ἐστία ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπό δέσμες ὑδραυλῶν καί γι' αὐτό καλοῦνται καί **ὑδραυλωτοί** καί διακρίνονται ἀνάλογα σέ ὑδραυλωτοὺς μέ **μεγάλη** ἢ **μικρή διάμετρο αὐλῶν**.

Εἰδική κατηγορία τῶν ὑδραυλῶν λεβήτων εἶναι οἱ λεγόμενοι **λέβητες ἀκτινοβολίας** στοὺς ὁποίους τό κύριο χαρακτηριστικό εἶναι ὁ μέγας θάλαμος καύσεως καί οἱ ἐπιφάνειες τῶν τοιχωμάτων. Αὐτά ἀποτελοῦνται ἀπό ὑδραυλούς, οἱ ὁποῖοι δέχονται τή θερμότητα τῆς ἐστίας κατὰ τό μεγαλύτερο ποσοστό κατ' εὐθείαν ἀπό ἀκτινοβολία, ἐνῶ στοὺς συνηθισμένους λέβητες ἡ θερμότητα μεταδίδεται δι' ἀγωγῆς.

— Ἀνάλογα μέ τό μέγεθος τοῦ ὑδροθάλαμου οἱ λέβητες διαιροῦνται σέ λέβητες μέ **μεγάλο ὑδροθάλαμο**, ὅπως εἶναι οἱ λέβητες μέ φλογοσωλήνες, σέ λέβητες μέ **μέτριο ὑδροθάλαμο**, ὅπως εἶναι οἱ λέβητες μέ ἀεριαλούς, καί σέ λέβητες μέ **μικρό ὑδροθάλαμο**, ὅπως εἶναι σχεδόν ὅλοι οἱ ὑδραυλωτοί λέβητες. Τέλος ὑπάρχουν καί λέβητες **χωρίς ὑδροθάλαμο**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν εἰδική περίπτωση συγχρόνων κατασκευῶν τῆς κατηγορίας τῶν ἀτμογεννητριῶν ὕψιστης, καί ὑπερκρίσιμης πιέσεως.

— Ἀνάλογα μέ τήν κυκλοφορία τοῦ νεροῦ διακρίνονται σέ λέβητες **φυσικῆς κυκλοφορίας**, ὅταν αὐτή πραγματοποιεῖται μόνο μέ τή θέρμανση τοῦ νεροῦ καί ἐξαρτᾶται τότε πολύ καί ἀπό τήν κλίση τῶν αὐλῶν, καί σέ λέβητες **τεχνητῆς ἢ ἀναγκαστικῆς κυκλοφορίας**, ὅταν πραγματοποιεῖται μέ τή βοήθεια ἰδιαίτερης ἀντλίας, ἢ

όποια κυκλοφορεί τό νερό μέσα στό λέβητα μέ πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα από κείνη, μέ τήν όποία άτμοποιείται.

— Άνάλογα μέ τό είδος τοῦ καυσίμου, πού χρησιμοποιεῖται, διακρίνονται σέ **γαιανθρακολέβητες**, **πετρελαιολέβητες**, **μικτῆς καύσεως**, **κονιοποιημένου γαιάνθρακα**, **ηλεκτρικούς** όταν ἡ θέρμανσή τους γίνεται μέ ηλεκτρική ἐνέργεια, καί σέ **λέβητες πού λειτουργοῦν μέ τά καυσαέρια τῶν μηχανῶν**, όταν γιά τήν άτμοποίηση χρησιμοποιεῖται ἡ θερμότητα, πού ἔχουν τά καυσαέρια τῆς ἐξαγωγῆς τῶν Μ.Ε.Κ. ἡ τῶν ἀεριοστροβίλων.

— Άνάλογα μέ τήν πίεση τοῦ αἰμοῦ, πού παράγουν, διακρίνονται σέ λέβητες **χαμηλῆς πίεσεως**, όταν ἡ πίεση δέν ὑπερβαίνει τά 6 kp/cm^2 , **μεσαίας πίεσεως**, όταν φθάνει μέχρι 15 kp/cm^2 , **ὕψηλῆς πίεσεως**, όταν δίνουν αἰμό μέ πίεση μέχρι καί 60 kp/cm^2 περίπου, **ὑψιστῆς πίεσεως** ἢ **άτμογεννήτριες**, όταν παράγουν αἰμό πίεσεως ἀπό 60 μέχρι καί 200 kp/cm^2 καί **λέβητες ἢ άτμογεννήτριες κρίσιμης ἢ ὑπερκρίσιμης πίεσεως** δηλαδή πάνω ἀπό 225 kp/cm^2 , καί στοὺς όποίους τό χαρακτηριστικό εἶναι ὅτι τό νερό μετατρέπεται σέ αἰμό χωρίς νά μεσολαβήσει βρασμός, δηλαδή χωρίς αἰσθητή μεταβολή τοῦ ὁγκοῦ τοῦ νεροῦ (παράγρ. 2.5).

— Άνάλογα μέ τήν ποιότητα τοῦ αἰμοῦ, πού παράγουν, διακρίνονται σέ λέβητες **κορεσμένου** καί λέβητες **ὑπέρθερμου**. Όλοι σχεδόν οἱ σύγχρονοι λέβητες παράγουν ὑπέρθερμο αἰμό.

— Άνάλογα μέ τό είδος τοῦ ἔλκυσμοῦ διαιροῦνται σέ λέβητες **φυσικοῦ** ἢ **τεχνητοῦ ἔλκυσμοῦ**, καί **καύσεως ὑπό πίεση**.

— Άνάλογα μέ τό σκοπό καί τή χρήση, πού ἐξυπηρετοῦν, τοὺς διακρίνομε σέ λέβητες **κύριους**, όταν ἐξυπηρετοῦν τήν κύρια μηχανή τῆς ἐγκαταστάσεως, ἢ **βοηθητικούς**, όταν παρέχουν αἰμό γιά τά βοηθητικά μηχανήματα ἢ ἄλλες βοηθητικές χρήσεις.

— Ἡ διάκριση τῶν λεβήτων εἶναι οἱ λέβητες **ξηρᾶς**, καί οἱ **ναυτικοί**, πού χρησιμοποιοῦνται στά πλοῖα. Τέλος διακρίνονται σέ **σταθεροῦς**, όταν ἔχουν ἐγκατασταθεῖ κάπου μόνιμα καί σέ **φορητοῦς ἢ κινητοῦς**, όταν δέν ἔχουν μόνιμη ἐγκατάσταση, ὅπως οἱ λέβητες άτμαμαζῶν.

— Ἀξίζει νά σημειώσουμε ἐδῶ ὅτι οἱ περισσότεροι ἀπό τοὺς ναυτικούς αἰμολέβητες, οἱ όποιοι τοποθετοῦνται βασικά στά πλοῖα, χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα μέ τήν ἴδια μορφή ἢ μέ ὀρισμένες παραλλαγές καί στίς ἐγκαταστάσεις ξηρᾶς, ἐνῶ κατά κανόνα τό ἀντίστροφο δέν συμβαίνει.

3.6 Διάφοροι τύποι λεβήτων. Συνοπτική περιγραφή, εἰδικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική ἐξέλιξη καί χρήση.

Ἀρχικά οἱ λέβητες πού κατασκευάστηκαν ἦταν κάθετες ἢ ὀριζόντιες κατασκευές πρισματικοῦ, ἐλλειπτικοῦ καί κυλινδρικοῦ τύπου μέ ἐξωτερική καί ἀργότερα μέ ἐσωτερική ἐστία καί αὐλοῦς. Αὐτοί παρείχαν αἰμό χαμηλῆς πίεσεως ἀπό 2 ἕως 10 τό πολύ kp/cm^2 καί εἶχαν τό μειονέκτημα τῆς δυσκαμψίας καί τοῦ μεγάλου ὁγκοῦ καί βάρους. Κατά τά τέλη τοῦ περασμένου αἰῶνα ἄρχισε ἡ προσπάθεια κατασκευῆς τῶν ὕδραυλῶν λεβήτων μέ σκοπό νά ἐπιτευχθεῖ οἰκονομία σέ ῥωρ καί βάρος καί νά ἀποδώσουν οἱ λέβητες αἰμό ὕψηλότερων πίεσεων.

Οἱ ὕδραυλῶν λέβητες εἶχαν τεράστια ἐξέλιξη μέχρι σήμερα καί κατασκευά-

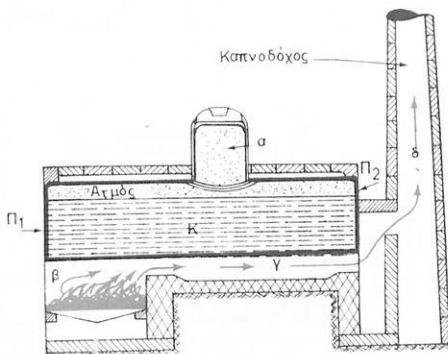
στηκαν σέ πάρα πολλούς τύπους, από τούς οποίους καθένας φέρει καί τό όνομα τού κατασκευαστή του. Οί ψηλές πιέσεις ατμού καί οί πολύ ψηλές θερμοκρασίες ύπερθερμάνσεως, πού αποδίδουν οί λέβητες αύτοί, συνετέλεσαν στήν αύξηση τού βαθμού αποδόσεως τών ατμομηχανών. Έπίσης καί ή απόδοση τών λεβήτων, μέ τήν έπιμελημένη καύση πετρελαίου κυρίως καί γαιάνθρακα κονιοποιημένου καί τή χρήση συσκευών ανάκτησεως τής θερμότητας, δηλαδή προθερμαντήρων άέρα, καί νερού, ύπερθερμαντήρων καί αναθερμαντήρων ατμού, βελτιώθηκε, ώστε νά φθάσει μέχρι καί 95% σέ μερικές περιπτώσεις.

Στίς έπόμενες παραγράφους θά περιγράψομε σύντομα όρισμένους μόνο άντιπροσωπευτικούς κυρίως τύπους λεβήτων.

α) Λέβητες μέ φλογωσωλήνες.

1) Άπλός κυλινδρικός λέβητας μέ έξωτερική έστία.

Άποτελείται (σχ. 3.6α) από έναν άπλό όριζόντιο χαλύβδινο ατμοϋδροθάλαμο (Κ) μέ δύο πώματα (Π_1 καί Π_2) καί τόν πρόσθετο ατμοθάλαμο (α) στό ψηλότερο σημείο του, ώστε ό ατμός πού παραλαμβάνεται από τό σημείο αύτό νά είναι όσο τό δυνατό στεγνότερος.



Σχ. 3.6α.

Όλος ό λέβητας περικλείεται σέ πλινθοδομή, στό έμπρός μέρος τής όποίας σχηματίζεται ή έστία (β), καί στό πίσω ό φλογοθάλαμος (γ).

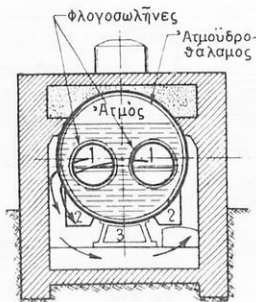
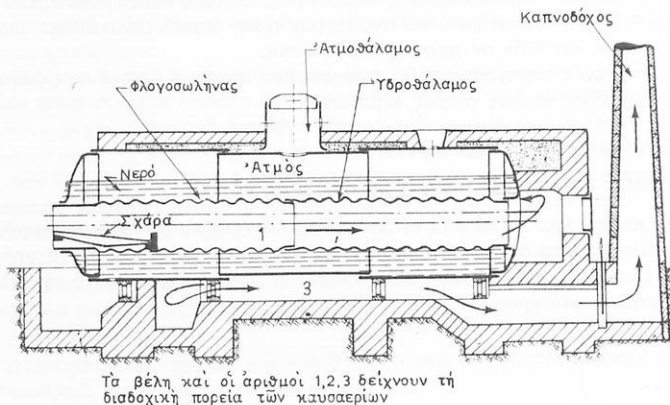
Στό σχήμα 3.6α σημειώνεται ή πορεία τών καυσαερίων πρίν εισέλθουν στήν καπνοδόχο (δ). Τά άέρια θερμαίνονται τό λέβητα στό μέρος τού υδροθάλαμου μόνο, όλη δέ ή λειτουργία τού λέβητα γίνεται μέ μικρή έκμετάλλευση τού καυσίμου, μέ μικρή δηλαδή απόδοση. Η πίεση τού ατμού, πού παράγει αύτός ό λέβητας, κυμαίνεται από 3 έως 5 kp/cm^2 . Χρησιμοποιείται σπανίως καί καίει πτωχά καύσιμα, όπως είναι οί λιγνίτες, ή τύρφη, τά ξύλα κλπ.

2) Λέβητας μέ φ. γγοσωλήνα καί άναστρεφόμενη φλόγα.

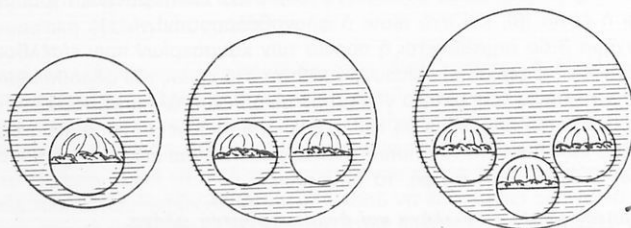
Άποτελείται (σχ. 3. 3) από κυλινδρικό ατμοϋδροθάλαμο μέ τά πώματά του, τόν

όποιο διαπερνούν σέ ὅλο τό μήκος του ἑνας, δύο ἢ τρεῖς φλογοσωλῆνες (σχ. 3.6γ).

Ὁ λέβητας τοποθετεῖται μέσα σέ πλινθοδομή, στό ἐσωτερικό τῆς ὁποίας κατασκευάζονται πλινθοκτιστοί ἀγωγοί ἢ ὀχετοὶ τῶν καπναερίων. Μέσω αὐτῶν οἱ φλόγες καί τὰ θερμά καυσαέρια διατρέχουν τρεῖς φορές τό λέβητα, θερμαίνουν ἐξωτερικά τὰ ἐλάσματα τοῦ ὕδροθάλαμου καί ἐξέρχονται τέλος πρὸς τήν καπνοδόχο.



Σχ. 3.6β.

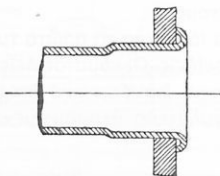


Σχ. 3.6γ.

καί πλάκες ἐφάπτονται, χρησιμοποιούμε τή μέθοδο τῆς **ἐκτονώσεως** τῶν αὐλῶν μέ τῇ βοήθειᾳ εἰδικοῦ ἐργαλείου, πού λέγεται **ἐκτονωτικό**.

Κατά τή μέθοδο αὕτῃ διανοίγονται ἢ ἐκτονώνονται, δηλαδή ξεχειλώνονται, τά χεῖλῃ τοῦ αὐλοῦ μέ τό εἰδικό **ἐκτονωτικό ἐργαλεῖο** ὥστε νά ἐπιτευχθεῖ τέλεια ἐπαφή καί ἐφαρμογή μεταξὺ τοῦ αὐλοῦ καί τῆς αὐλοφόρου πλάκας.

Στό σχῆμα 3.6ε εἰκονίζεται αὐλός μετά τήν ἐκτόνωσή του πάνω στήν αὐλοφόρο πλάκα. Φαίνεται ἡ ἀναδίπλωση τῶν χειλιῶν τοῦ αὐλοῦ, ἡ ὁποία γίνεται γιά καλύπτεση ἐφαρμογή, ἀλλά καί προστασία τοῦ ἐκτονώματος ἀπό τίς φλόγες.



Σχ. 3.6ε.

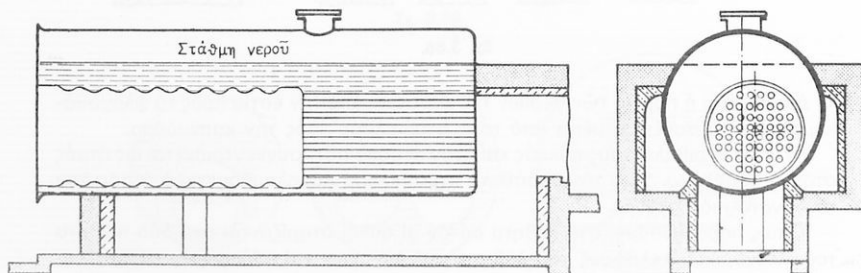
Ἡ μέθοδος τῆς ἐκτονώσεως τῶν αὐλῶν χρησιμοποιεῖται γενικά σέ ὅλους τοὺς λέβητες, ἀεριολυτούς καί ὕδραυλούς.

Ὁ λέβητας πού περιγράψαμε παράγει ἀτμό μέχρι 12 kp/cm^2 καί σέ σύγχρονες παραλλαγές του κατασκευάζεται κυρίως γιά καύση πετρελαίου.

2) Λέβητας μέ φλογοσωλήνα καί ἀεριολυούς.

Ἀπό τό συνδυασμό τῶν λεβήτων μέ φλογοσωλήνα καί τῶν λεβήτων μέ ἀεριολυούς γίνεται ὁ λέβητας μέ φλογοσωλήνα στό ἐμπρός μέρος καί στήν προέκτασή του, δηλαδή κατ' εὐθείαν τοὺς ἀεριολυούς ὅπως στό σχῆμα 3.6στ, ὅπου διακρίνουμε καί τήν πλινθόκτιστη κατασκευή του μέ τοὺς ὀχετοὺς τῶν καυσαερίων. Αὐτά μετά τήν ἐξοδὸ τους ἀπὸ τοὺς αὐλοὺς ἐπιστρέφουν πρὸς τὰ ἐμπρός μέσω τῶν ὀχετῶν, περιβάλλουν τό κέλυφος τοῦ λέβητα καί τελικά μέσω τοῦ κατώτερου ὀριζοντίου ὀχετοῦ πηγαίνουν πρὸς τήν καπνοδόχο.

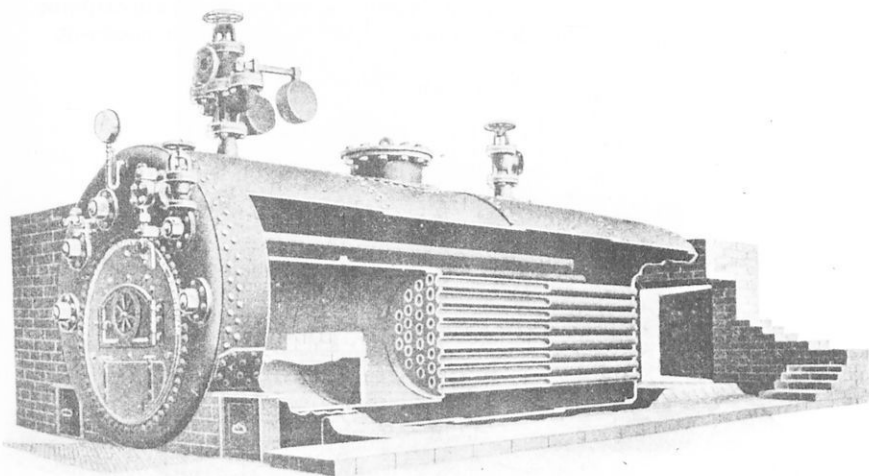
Ὁ λέβητας αὐτός κατασκευάζεται γιά γαιάνθρακα ἢ πετρέλαιο καί δίνει ἀτμό μέχρι καί 20 kp/cm^2 . Ἐφοδιάζεται καί μέ ὑπερθερμαντήρα καί δίνει ὑπερθερμό ἀτμό.



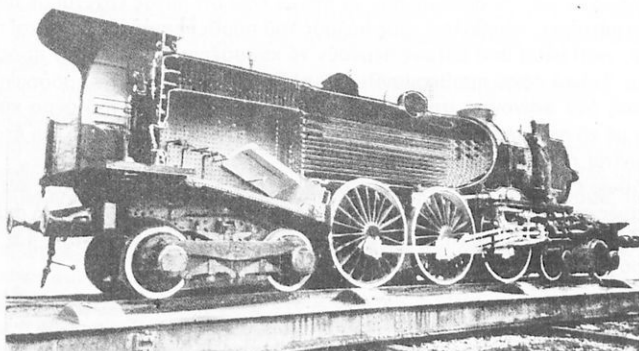
Σχ. 3.6στ.

“Ένας τέτοιος λέβητας φαίνεται σέ φωτογραφία στό σχήμα 3.6ζ.

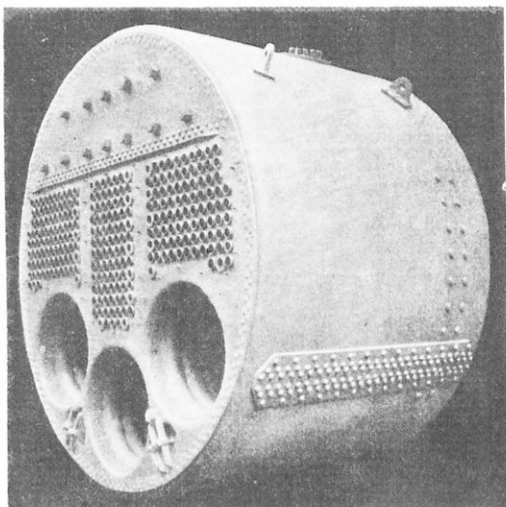
Παρόμοιος μέ τό λέβητα αυτό είναι ὁ λέβητας ἀτμάμαξας πού χρησιμοποιεῖται σέ ἀτμοκίνητους σιδηρόδρομους. Στό σχήμα 3.6η φαίνεται σέ φωτογραφία σέ διαμήκη τομή. Διακρίνομε ἔμπρός τόν πρισματικό σχήματος κλίβανο, τό φλογοθάλαμο, πού περιβάλλονται ἀπό νερό, καί τούς ἀεριαυλούς πού ὁδηγοῦν τά ἀέρια πρὸς τήν καπνοδόχο.



Σχ. 3.6ζ.



Σχ. 3.6η.



Σχ. 3.6i.

Συνήθως αποτελούνται από δύο ή περισσότερους υδροθάλαμους, έναν ατμοϋδροθάλαμο καί δέσμες αυλών, μέσω των οποίων συγκοινωνούν οι υδροθάλαμοι με τον ατμοϋδροθάλαμο.

Οι υδραυλικοί λέβητες διακρίνονται σε λέβητες **φυσικής κυκλοφορίας** καί **τεχνητής** ή **αναγκαστικής κυκλοφορίας**.

Στους πρώτους, η κυκλοφορία πραγματοποιείται με τη θέρμανση του νερού, υποβοηθείται δέ αρκετά καί από την κλίση των αυλών ως προς την κατακόρυφο. Στους λέβητες **τεχνητής κυκλοφορίας** η κυκλοφορία γίνεται με ιδιαίτερη άντλία. Οι λέβητες αυτοί παράγουν ατμό πολύ μεγάλης πίεσεως καί λέγονται καί **ατμογεννήτριες ύψιστης πίεσεως**.

Οι υδραυλικοί λέβητες φυσικής κυκλοφορίας ανάλογα με την κλίση των αυλών τους διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

— Λέβητες **περιορισμένης κυκλοφορίας**, στους οποίους οι αυλοί είναι τοποθετημένοι σχεδόν οριζόντιοι με μικρή μόνο κλίση προς τα πάνω. Οι λέβητες αυτοί δέν χρησιμοποιούνται πιά σήμερα καί γι' αυτό δέν θά μās άπασχολήσουν.

— Λέβητες **ελεύθερης κυκλοφορίας**, στους οποίους οι αυλοί έχουν μεγαλύτερη κλίση ως προς την κατακόρυφο, όπως είναι π.χ. οι λέβητες, Babcock-Wilcox (Μπάμπκοκ-Γουίλκοξ), B. and W., Dürr (Ντύρ), Combustion Engineering κλπ.

— Λέβητες **ταχείας κυκλοφορίας**, στους οποίους η κλίση πλησιάζει την κατακόρυφο καί η κυκλοφορία του νερού είναι πολύ έντονη. Σ' αυτούς ανήκουν οι λέβητες Yarrow (Γιάρρω) ή τύπου A, Normand (Νορμάν), Schultz (Σούλτζ), Foster - Wheeler (Φόστερ-Γουήλερ), F. and W. ή τύπου D, Wagner (Βάγκνερ), Stirling (Στέρλινγκ) καί πολλοί άλλοι.

— Τέλος οι λέβητες **τεχνητής κυκλοφορίας**, όπως είναι οι τύποι La Mont Sulzer κλπ.

Σε νεώτερους υδραυλωτούς λέβητες ταχείας κυκλοφορίας οι αύλοι τοποθετούνται και τελείως κατακόρυφοι.

Η έστια περιβάλλεται από πυρίμαχη πλινθοδομή ή κατασκευάζεται από υδροτοιχώματα.

Καί οι δύο μέθοδοι αποσκοπούν στην ελάττωση της ακτινοβολίας της έστιας προς τό περιβάλλον. Η δεύτερη μάλιστα περισσότερο έχει σκοπό νά απορροφάται από τό νερό των υδροτοιχωμάτων ή θερμότητα ώστε αυτή νά χρησιμοποιείται έπιφελώς για τήν άτμοποίηση.

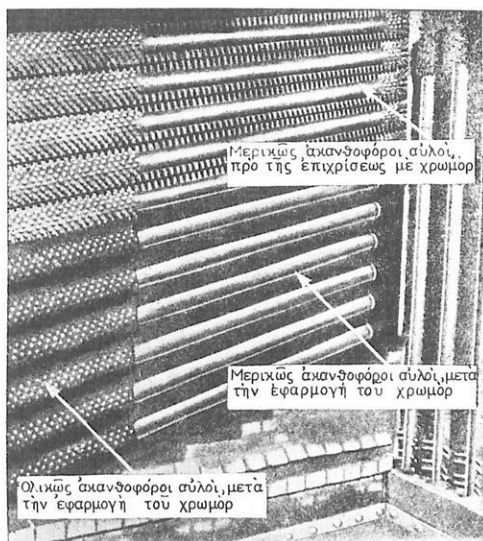
Στό σχήμα 3.6ια εικονίζεται τό έσωτερικό καί ή πλινθοδομή της έστιας σύγχρονου λέβητα καί τό έξωτερικό μεταλλικό κέλυφός της. Στό σχήμα 3.6ιβ εικονίζεται υδροτοιχώμα έστιας σύγχρονου λέβητα. Παρατηρούμε ότι οι αύλοι του υδροτοιχώματος έχουν **άγκάθια** ή **κεράτια**. Αύτά χρησιμεύουν ως όπλισμός, ό όποιος συγκρατεί τό **χρωμόρ** (Chrome-ore), δηλαδή τό πυρίμαχο ύλικό πού τοποθετείται επάνω τους.



Σχ. 3.6ια.

Μερικοί αύλοι έχουν άγκάθια μόνον σέ δύο διαμήκεις γενέτειρές τους καί λέγονται **μερικώς άκανθοφόροι** (χρησιμοποιούνται στα μέρη της έστιας πού είναι μακριά από τίς φλόγες, στα όποια έπικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες). Άλλοι όμως έχουν άγκάθια σ' όλόκληρη τήν παράπλευρη έπιφάνειά τους καί λέγονται **δολικώς άκανθοφόροι**. Αύτοί χρησιμοποιούνται στα μέρη της έστιας πού είναι κοντά στις φλόγες όπου έπικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες φλογών καί καυσαερίων.

Οι υδραυλωτοί λέβητες τροφοδοτούνται μέ γαιάνθρακα ή καί πτωχότερα καύσιμα, πού τοποθετούνται πάνω σέ κοινές μόνιμες σχάρες ή σέ κινητές μηχανικές, στίς όποιες ή τροφοδότηση του γαιάνθρακα γίνεται μέ μηχανικό καί αυτόματο τρόπο. Έπίσης τροφοδοτούνται μέ πετρέλαιο λεβήτων, δηλαδή mazout, ή μέ κονιοποιημένο γαιάνθρακα υπό πίεση άέρα (για τήν έμφύσησή του).



Σχ. 3.6ιβ.

2) Τά πλεονεκτήματα καί μειονεκτήματα των υδραυλωτών λεβήτων.

Πλεονεκτήματα.

— Οι υδραυλωτοί λέβητες **άντεχουν περισσότερο** στις **ύψηλές πιέσεις**, έπειδή κατασκευάζονται από τμήματα (θάλαμοι - αύλοι) μικρών διαστάσεων καί διαμέτρων. Γι' αυτό παράγουν ατμό ύψηλης πίεσεως, ή όποια συντελεί στην **αύξηση του βαθμού αποδόσεως της μηχανής**.

— Για την ίδια ατμοπαραγωγή παρουσιάζουν **μικρότερο όγκο** καί **βάρος** από τους φλογαυλωτούς.

— Μπορούν νά επιτύχουν την ατμοποίηση σέ **πολύ μικρό χρόνο**. Π.χ. ένας φλογαυλωτός λέβητας μέ έπιστρεφόμενη φλόγα χρειάζεται 12 έως 24 ώρες, γιά την ατμοποίηση, έπειδή έχει πολύ νερό στό μεγάλο υδροθάλαμό του, καί έπειδή τά μέρη του είναι μεγάλα καί δύσκαμπα καί δέν άπορροφούν σύντομα τίς διαστολές της θερμάνσεως. "Αν πάλι θερμανθεί έντονα καί βιαστικά τότε θά είναι αναπόφευκτες οί διαρροές στά έκτονώματα των αύλων καί τίς διάφορες ένώσεις του καί πιθανώς νά παρουσιασθούν μικρές ρωγμές στή μεταλλική του επιφάνεια. "Αντίθετα ένα υδραυλωτός λέβητας έπειδή είναι εύκαμπος (λόγω του μεγάλου κυρίως αριθμού αύλων, οί όποιοι έχουν μικρή διάμετρο καί είναι καμπύλιο σέ διάφορα σχήματα) μπορεί νά ατμοποιήσει τό νερό σέ δύο, μία ή καί μισή ώρα, έν ανάγκη, χωρίς νά διατρέχει τους κίνδυνους πού αναφέραμε.

— "Άλλο προτέρημα των υδραυλωτών λεβήτων είναι ότι έχουν **μεγάλο βαθμό**

καύσεως. Καίνε δηλαδή περισσότερο καύσιμο την ώρα, έπειδή άντέχουν στίς διαστολές περισσότερο. Δέχονται έξ άλλου εύκολότερα και τόν τεχνητό έλκυσμό, μέ τόν όποιο, και ό βαθμός καύσεως αύξάνει και ύψηλότερες θερμοκρασίες άναπτύσσονται.

Μειονεκτήματα.

— Έχουν **εύπάθεια στό τροφοδοτικό νερό.** Χρειάζονται δηλαδή άπαραίτητα **άποσταγμένο νερό** και αυτό βεβαίως δημιουργεί πρόσθετες δαπάνες για την έγκατάσταση και άπαιτεί ιδιαίτερη μέριμνα.

— Άπαιτούν μεγάλη **προσοχή κατά την τροφοδότηση** του ύδροθάλαμου, γιατί έχουν μικρά περιθώρια έπειδή ό ύδροθάλαμός τους είναι μικρός. Μικρή άμέλεια στην τροφοδότηση μπορεί νά προκαλέσει σοβαρή πτώση της στάθμης του νερού μέ συνέπεια σοβαρές ζημιές στό λέβητα.

— Υπάρχει **δυσκολία κατά τόν καθαρισμό και τόν έκκαπνισμό τους,** γιατί οι αύλοι τους είναι συνήθως πολλοί και τοποθετημένοι πυκνά, επί πλέον δέ καμπύλοι διαφόρων σχημάτων.

— Χρειάζονται πάντοτε **έμπειρο προσωπικό,** γιατί ή άτμοπαραγωγή τους είναι γρήγορη.

— Έχουν τέλος **μικρότερη διάρκεια ζωής** από τούς φλογαυλωτούς, γιατί τά πάχη των έλασμάτων και των αυλών τους είναι συγκριτικά μικρότερα.

Άνεξάρτητα όμως από τά μειονεκτήματα, τά πλεονεκτήματά τους είναι πολύ σημαντικότερα, ώστε σήμερα νά κατασκευάζονται σέ πολύ μεγαλύτερη άναλογία από τούς φλογαυλωτούς. Άν μάλιστα λάβομε υπ' όψη μας ότι οι περισσότεροι από αυτούς έφοδιάζονται μέ **προθερμαντήρες άέρα και νερού** και **υπερθερμαντήρες άτμού,** οι όποιοι συντελούν στην αύξηση της άποδόσεώς τους, άντιλαμβανόμαστε ότι πλεονεκτούν κατά πολύ και γι' αυτό χρησιμοποιούνται γενικά περισσότερο σέ έγκαταστάσεις ύψηλών ίπποδυνάμεων.

Στίς επόμενες παραγράφους του Κεφαλαίου αυτού θά περιγράψομε μερικούς άντιπροσωπευτικούς ύδραυλωτούς λέβητες των διαφόρων τύπων.

3) Λέβητας έλεύθερης κυκλοφορίας, μέ οικονομητήρα νερού, ύδροτοιχώματα και υπερθερμαντήρα.

Ένας τέτοιος λέβητας παριστάνεται σέ πλάγια σκαριφηματική τομή στό σχήμα 3.61γ, όπου φαίνονται και τά μέρη από τά όποια άποτελείται.

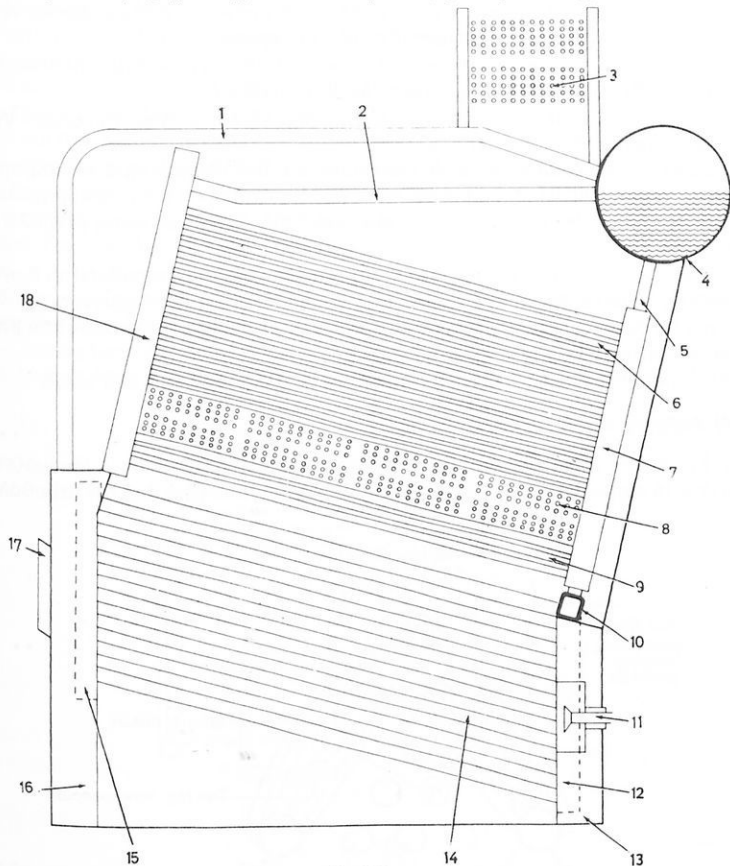
Ή λειτουργία του γίνεται ως έξης:

Τό νερό από την τροφοδοτική άντλία καταθλίβεται μέσα στους αύλους του οικονομητήρα όπου παίρνει την τελική θερμοκρασία προθερμάνσεώς του από τά καυσαέρια που όδεύουν πρός την καπνοδόχο. Έξέρχεται από τόν οικονομητήρα και εισάγεται στόν άτμούδροθάλαμο από τόν όποιο κατεβαίνει στόν έμπρός ύδροθάλαμο, στά άτμογόνα στοιχεία και τόν πίσω ύδροθάλαμο. Έκεί θερμαίνεται από τά καυσαέρια της έστίας και άτμοποιείται και κατόπιν μέ τούς άτμαγωγούς σωλήνες (2) εισέρχεται στόν άτμοθάλαμο ως κορεσμένος άτμός.

Παράλληλα, μέ κάθετους όχετούς (πού δέν φαίνονται στό σχήμα) άλλη ποσότητα νερού κατεβαίνει στους μπροστινούς συλλέκτες των ύδροτοιχωμάτων της έστίας άτμοποιείται μέσα στά ύδροτοιχώματα και ως άτμός εισέρχεται μέ τούς άτμαγωγούς σωλήνες (1) στόν άτμοθάλαμο.

Από τον ατμοθάλαμο λαμβάνεται μέσω του ατμοφράκτη ως κορεσμένος ατμός και οδηγείται με ατμαγωγό σωλήνα στον υπερθερμαντήρα από όπου παραλαμβάνεται ως υπέρθερμος ατμός.

Η καύση πραγματοποιείται μέσα στην έστια. Στο πίσω μέρος της έστιας εισάγεται με πίεση ο αέρας της καύσεως από τους ανεμιστήρες. Ένας άγωγός αέρα κάτω από το δάπεδο της έστιας τον οδηγεί στο μπροστινό μέρος γύρω από τους κώνους, αφού πριν ο αέρας έχει θερμανθεί από την έπαφή του με τα τοιχώματα της έστιας.



Σχ. 3.6ιγ.

(1) Ατμαγωγός από υδροτοιχώματα, (2) ατμαγωγός από αύλους, (3) οικονομητήρας, (4) ατμοϋδροθάλαμος, (5) σωλήνας καθόδου νερού, (6) ατμογόνοι αύλοι, (7) συλλέκτης καθόδου νερού, (8) υπερθερμαντήρας, (9) ύδραυλοί μεγάλης διαμέτρου, (10) οριζόντιος ίλυοσυλλέκτης, (11) καυστήρας, (12) συλλέκτης καθόδου νερού στα υδροτοιχώματα, (13) όχετός αέρα, (14) υδροτοιχώματα, (15) συλλέκτης παραγόμενου στα υδροτοιχώματα ατμού, (16) όχετός αέρα, (17) εισαγωγή αέρα από ανεμιστήρες, (18) συλλέκτης παραγόμενου ατμού στους ατμογόνους αύλους.

Στό κέντρο τῶν κήνων τοῦ ἀέρα ὑπάρχουν οἱ καυστήρες πού ψεκάζουν τὸ πετρέλαιο μέσα στὴν ἐστία. Ἔτσι πετρέλαιο καὶ ἀέρας ἀναμιγνύονται τελείως καὶ ἐπακολουθεῖ ἡ καύση τοῦ πετρελαίου. Τὰ καυσάερια κατευθύνονται πρὸς τὴν καπνοδόχο. Κατὰ τὴν πορεία τους θερμαίνουν καὶ ἀτμοποιοῦν τὸ νερὸ τῶν ὑδροτοιχιωμάτων, κατόπιν θερμαίνουν τὸ νερὸ τῶν κατωτέρων σειρῶν τῶν ἀτμογόνων αὐλῶν καὶ ὑπερθερμαίνουν τὸν ἀτμό. Ἐπίσης ἀτμοποιοῦν τὸ νερὸ τῶν ἀνωτέρων σειρῶν τῶν ἀτμογόνων αὐλῶν, στεγνώνουν τὸν ἀτμό, ὁ ὁποῖος ὀδεύει μὲ τοὺς σωλῆνες 1,2 πρὸς τὸν ἀτμοθάλαμο καί, ἀφοῦ τελικὰ προθερμάνουν τὸ τροφοδοτικὸ νερὸ μέσα στὸν οἰκονομητήρα, ἐξέρχονται στὴν ἀτμόσφαιρα.

Ό λέβητας αυτός μπορεί νά παράγει τήν ώρα 25 τόννους άτμό πιέσεως 40 kg/cm² καί θερμοκρασίας υπέρθερμου 480° C περίπου.

Κατασκευάζεται σέ διάφορες παραλλαγές από τά έργοστάσια Babcock - Wilcox, Combustion Engineering κλπ.

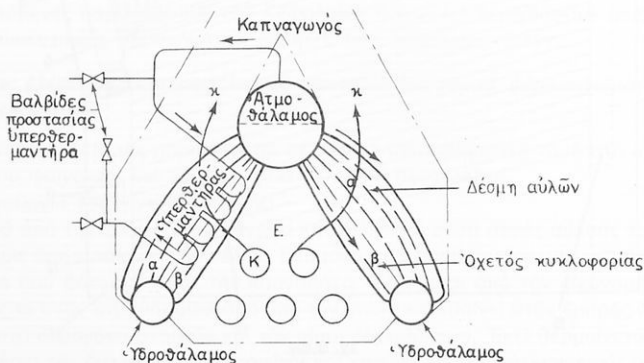
Άρχικά κατασκευάστηκε χωρίς οικονομητήρα, υπερθερμαντήρα και υδροτοιχώματα, για να καίει γαιάνθρακα σε κοινή μόνιμη σχάρα και άργότερα πετρέλαιο και γαιάνθρακα επάνω σε μηχανική σχάρα και παρήγε ατμό με πίεση μέχρι 23 ατμόσφαιρες.

Σέ ὀρισμένες παραλλαγές του στὴ θέση τοῦ οἰκονομητῆρα τοποθετεῖται ὁ προθερμαντῆρας ἀέρα, ἢ ὁ ὑπερθερμαντῆρας ἀτμοῦ, ὁπότε ἡ προθέρμανση τοῦ νεοῦ γίνεται σέ ἄλλο προθερμαντῆρα ἔξω ἀπὸ τὸ λέβητα, μέ τίς ἐξατμίσεις τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων τῆς ἐγκαταστάσεως.

Χρησιμοποιείται καί σέ ἐγκαταστάσεις ξηρᾶς ἀλλά ἰδιαίτερα στά πλοῖα.

4) Λέβητες ταχείας κυκλοφορίας.

— Στο σχήμα 3.6ιδ φαίνεται διαγραμματικά ένας λέβητας τύπου Α (ονομάζεται έτσι από το σχήμα που έχει ή γενική του διάταξη). Αποτελείται από τόν ατμοθάλα-



Σχ. 3.61δ.

μο, δύο υδροθάλαμους, τīs δέσμες τῶν αὐλῶν δεξιά καί ἀριστερά, τήν ἐστία Ε μέ-
τους καυστήρες Κ καί τόν ὑπερθερμαντήρα.

Τό νερό εισέρχεται μέ τήν πίεση τῆς ἀντλίας τροφοδοτήσεως στό κάτω μέρος τοῦ ἀτμοῦδροθάλαμου καί κατεβαίνει πρὸς τοὺς ὑδροθάλαμους ἀπὸ τοὺς πιὸ ἐξωτερικούς αὐλοὺς τῆς δέσμης (α).

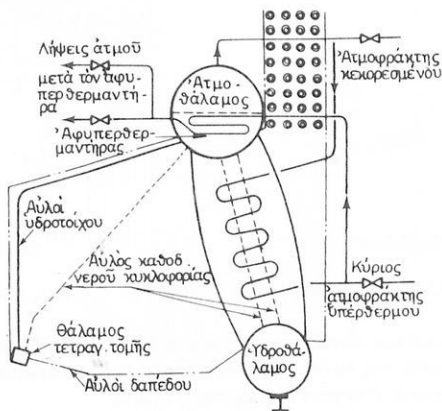
Παράλληλα, σέ μεγάλη ποσότητα κατεβαίνει νερό καί ἀπὸ τοὺς ὀχετούς κυκλοφορίας β μεγάλης διαμέτρου πού τοποθετοῦνται 2 στήν πρόσοψη καί ἄλλοι 2 στήν πίσω πλευρά τοῦ λέβητα. Τό νερό αὐτό θερμαίνεται ἀπὸ τήν ἐστία, ἀτμοποιεῖται ἀπὸ τίς πιὸ ἐσωτερικές σειρές τῶν αὐλῶν (α) καί εἰσέρχεται ἀπὸ αὐτές μέσα στὸν ἀτμοῦδροθάλαμο, ὅπου συλλέγεται σάν ἀτμός στό ἀνώτερο τμήμα του. Ἀπὸ κεῖ μέ τὸν ἀτμαγωγὸ σωλήνα ὁδηγεῖται στὸν ὑπερθερμαντήρα ἀπ' ὅπου βγαίνει ὡς ὑπέρθερμος.

Ἡ καύση γίνεται στήν ἐστία ὅπου ἀπὸ τοὺς καυστήρες ψεκάζεται πετρέλαιο καί ἀπὸ τοὺς κώνους ἀέρα εἰσέρχεται ὁ καυσιγόνος ἀέρας. Τὰ καυσαιέρια (κ) ὁδεύουν δεξιὰ καί ἀριστερά διὰ μέσου τῆς δέσμης τῶν αὐλῶν καί τοῦ ὑπερθερμαντήρα, ὅπου ἀτμοποιοῦν τό νερό, ὑπερθερμαίνουν τὸν ἀτμό καί ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν καπναγωγὸ πρὸς τήν καπνοδόχο καί τήν ἀτμόσφαιρα.

Ὁ λέβητας αὐτός κατασκευάσθηκε ἀρχικὰ ὡς γαιανθρακολέβητας μέ κοινή σχάρα. Παράγει ἀτμό 23 περίπου ἀτμοσφαιρῶν καί θερμοκρασίας 350° C περίπου.

Κατασκευάζεται, μέ διάφορες παραλλαγές, ἀπὸ τοὺς οἴκους Yarrow, Thornycroft, Schultz, Normand κλπ. κυρίως ὡς πετρελαιολέβητας.

— Στό σχῆμα 3.6ie φαίνεται παρόμοιος μέ τὸν προηγούμενο λέβητας τύπου D πού λέγεται ἔτσι ἀπὸ τό σχῆμα τῆς γενικῆς διατάξεως.



Σχ. 3.6ie.

Ἐχει 2 θάλαμους πού συνδέονται μεταξύ τους μέ αὐλοὺς πού ἡ κλίση τους πλησιάζει τήν κατακόρυφο· ἔχει ἀκόμη ἓναν τετράγωνο ὀριζόντιο ὑδροσυλλέκτη, αὐλοῦς ὑδροτοίχου καί δαπέδου τῆς ἐστίας, αὐλοῦς καθόδου τοῦ νεροῦ κυκλοφορίας, ἀφυπερθερμαντήρα καί στήν ἐξοδο τῶν καυσαερίων πρὸς τήν καπνοδόχο εἶναι τοποθετημένος ὁ οἰκονομητήρας νεροῦ.

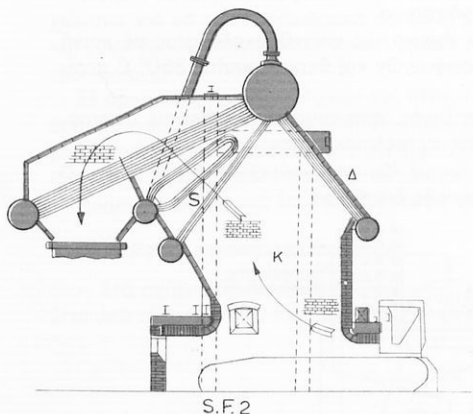
Ἡ ὅλη λειτουργία του συνάγεται εὐκόλα ἀπὸ τὸ σχῆμα. Παράγει ἀτμὸ 30 ἀτμοσφαιρῶν μὲ θερμοκρασία ὑπέρθερμου 400° C περίπου.

Κατασκευάζεται ὡς πετρελαιολέβητας μὲ παραλλαγές ἀπὸ διάφορους οἴκους ὅπως οἱ Foster-Wheeler, Combustion Engineering, Babcock-Wilcox κλπ.

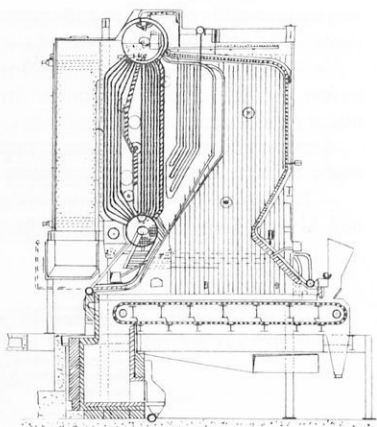
— Στὸ σχῆμα 3.6ιστ φαίνεται σὲ μία του διάταξη λέβητας τύπου Α 5 θαλάμων μὲ μηχανικὴ σχάρα, ὑπερθερμαντήρα S καὶ ὕδροτοιχῶμα Δ. Χαρακτηριστικὸ του εἶναι ὁ μεγάλος θάλαμος καύσεως K, ὁ ὁποῖος ἐπιτρέπει τὴν πραγματοποίηση τέλει καύσεως.

Ἡ μηχανικὴ σχάρα εἶναι ἀτέρμων κυλιόμενη καὶ τροφοδοτεῖται μὲ γαιάνθρακα σὲ μέγεθος ἀμύγδαλου (γαρμπίλι) ἀπὸ τὸ τροφοδοτικὸ χωνὶ πού βρίσκεται ἀπὸ πάνω της.

Ὁ λέβητας αὐτὸς εἶναι κατασκευῆς Yarrow τύπου S.F.2.



Σχ. 3.6ιστ.



Σχ. 3.6ιζ.

— Στὸ σχῆμα 3.6ιζ παριστάνεται ἓν λέβητας μὲ ὀρθοῖς αὐλούς καὶ ὕδροτοιχῶματα.

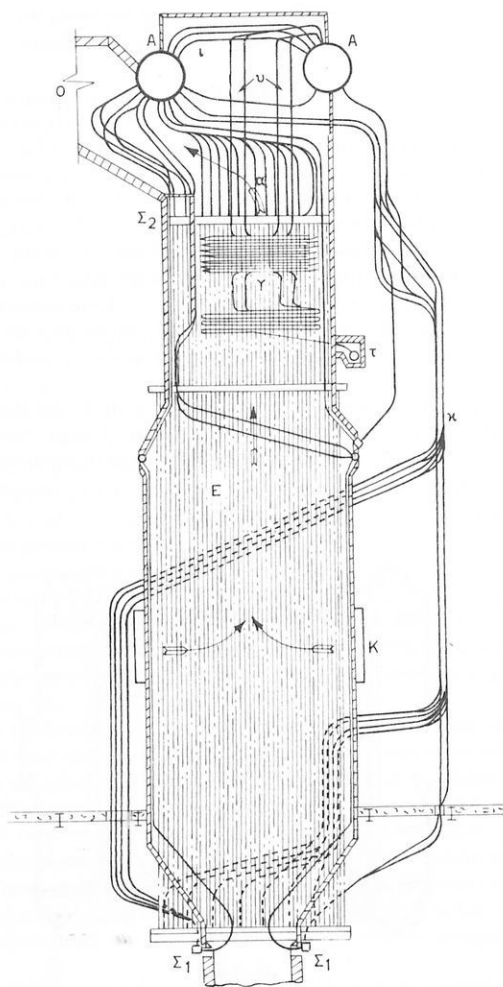
Τὰ χαρακτηριστικὰ του εἶναι ἓνας **ἀτμοῦδροθάλαμος**, ἓνας **ὕδροθάλαμος**, **ὀρθοὶ αὐλοὶ**, **ὕδροτοιχῶματα** τῆς ἐστίας, **οἰκονομητήρας** τροφοδοτικοῦ νεροῦ, **ὑπερθερμαντήρας** καὶ **μηχανικὴ ἀτέρμων κυλιόμενη ἐσχάρα**.

Ὁ ἀτμός, τὸν ὁποῖο παράγει, ἔχει πίεση 60 kp/cm^2 καὶ θερμοκρασία ὑπέρθερμου 450° C.

— Στὸ σχῆμα 3.6ιη φαίνεται ἓνας λέβητας ἀκτινοβολίας πού καίει κονιοποιημένο γαιάνθρακα.

Ὁ τύπος αὐτοῦ τοῦ λέβητα εἶναι ἀπὸ τοὺς πρὶν σύγχρονους. Διαθέτει μεγάλο θάλαμο καύσεως καὶ ἐπιφάνειες ὕδροτοιχωμάτων, οἱ ὁποῖες δέχονται τὴ θερμότητα τῆς ἐστίας κατὰ τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ ἀπὸ ἀκτινοβολία.

Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο **ἀτμοῦδροθάλαμους** (Α-Α), **κάθετους τροφοδοτικούς αὐ-**



Σχ. 3.6η.

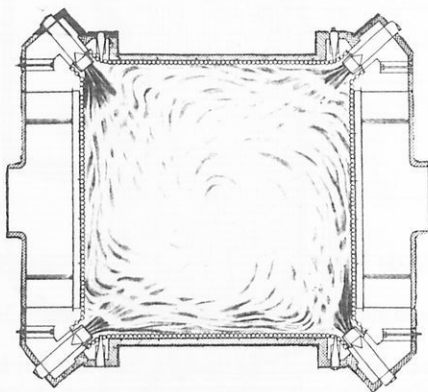
λούς (κ), συλλέκτες (Σ₁), ατμοπαραγωγούς αύλους, οι οποίοι είναι κάθετα τοποθετημένοι γύρω από την έστια και δημιουργούν κατ' αυτόν τον τρόπο την επιφάνεια ακτινοβολίας (Ε), συλλέκτη ατμού (Σ₂), ατμαγωγούς αύλους (α), αύλους εξισώσεως της πίεσης των δύο ατμοθαλάμων (ι), υπερθερμαντήρα (Υ) καί ατμαγωγό υπέρθερμου (τ).

Στό μέσο τοῦ ὕψους τοῦ λέβητα ὑπάρχει ἡ **ζώνη καύσεως** (Κ). Ἐκεῖ εἰδικοί καυστήρες μέ πίεση ἀέρα ἐμφυσοῦν τόν **κονιοποιημένο γαιάνθρακα**, ὁ ὁποῖος καίγεται τελείως.

Ἡ **Λειτουργία** τοῦ λέβητα εἶναι ἡ ἐξῆς: Τό νερό μέ τήν πίεση τῆς τροφοδοτικῆς ἀντλίας εἰσέρχεται στούς θάλαμους (Α) καί ἀπό τούς αὐλοῦς (κ) κατεβαίνει στούς συλλέκτες (Σ₁). Ἀπό ἐκεῖ λόγω στάθμης καί θερμάνσεως ἀνεβαίνει μέσα ἀπό τούς αὐλοῦς τῶν ὑδροτοιχωμάτων τῆς ἐστίας (Ε) ὅπου καί ἀτμοποιεῖται. Ὡς ἀτμός πλέον μέ τούς ἀτμαγωγούς αὐλοῦς (α) ὁδεύει πρὸς τόν ἀριστερό θάλαμο (Α) καί ἀπ' αὐτόν μέ τούς ἐξισωτικούς αὐλοῦς (ι) στό δεξιό, ἀπ' ὅπου μέ τούς αὐλοῦς (U) κατεβαίνει πρὸς τόν ὑπερθερμαντήρα (Υ), ὑπερθερμαίνεται καί ὡς ὑπέρθερμος παραλαμβάνεται ἀπό τόν ἀτμαγωγό (τ) γιά τήν κατανάλωση.

Παράλληλα, τά καυσάδια ἀπό τή ζώνη καύσεως (Κ) θερμαίνουν κυρίως μέ ἀκτινοβολία τούς αὐλοῦς (Ε), ἀτμοποιοῦν τό νερό, ὑπερθερμαίνουν τόν ἀτμό καί, ὁπῶς δείχνουν τά βέλη, πηγαίνουν τελικά πρὸς τήν καπνοδόχο μέσα ἀπό τόν ὀχετό (Ο).

Οἱ καυστήρες γιά τήν καύση τοῦ κονιοποιημένου γαιάνθρακα εἶναι βασικά σωλῆνες μέ ἐσωτερικές ἑλικοειδεῖς περυγώσεις. Ἔτσι τά μόρια τοῦ γαιάνθρακα, τά ὁποῖα ἐμφυσῶνται μέ ἀέρα ὑπό πίεση, ἀποκοτῶν περιστροφική κίνηση καί καίγονται τελείως. Οἱ καυστήρες τοποθετοῦνται συνήθως στίς τέσσερις γωνίες τῆς ἐστίας (σχ. 3.6ιθ).



Σχ. 3.6ιθ.

Τέτοιοι λέβητες κατασκευάζονται ἀπό τά μεγάλα λεβητοποιεῖα Yarrow, Sulzer B. and W. κλπ.

δ) Λέβητες πολύ μεγάλης πίεσεως ἢ ἀτμογεννήτριες.

Οἱ νεώτεροι τύποι λεβήτων, οἱ ὁποῖοι παράγουν ἀτμό μέχρι 100 καί 120 At, ἄρχισαν νά κατασκευάζονται τά τελευταῖα χρόνια (περίπου ἀπό τό 1930).

Ἡ μελέτη τοῦ θερμοδυναμικοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τῶν ἀτμομηχανῶν ὁδήγησε

σε στο συμπέρασμα ότι **όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του ατμού, ό όποιος εισέρχεται στη μηχανή, τόσο ύψηλότερος είναι ό βαθμός αποδόσεώς της.**

Στό συμπέρασμα αυτό στηρίχθηκε ή κατασκευή τών λεβήτων, οί όποιοί όνομάζονται **λέβητες ύψιστης πίεσεως ή άτμογεννήτριες.**

Στίς άτμογεννήτριες οί πιέσεις φθάνουν τίς 200 At. Σήμερα μάλιστα έχουν κατασκευασθεί καί όρισμένες μέ πίεση τήν κρίσιμη πίεση του άτμού, δηλαδή 225 At, ή άκόμη καί άνωτερη άπ' αύτή, μέχρι 350 At, καί λέγονται άτμογεννήτριες κρίσιμης καί ύπερκρίσιμης πίεσεως αντίστοιχα.

Γιά τήν κατασκευή τών άτμογεννητριών εφαρμόσθηκαν νέες άρχές, οί βασικότερες τών όποίων είναι:

— **Ή άναγκαστική ή τεχνητή** κυκλοφορία του νερού. Αύτή πραγματοποιείται μέ τή βοήθεια ιδιαίτερης άντλίας, πού ξανακυκλοφορεί τό νερό μέσα στο λέβητα 8 έως 20 φορές περισσότερο άπό όσες χρειάζεται γιά νά άτμοποιηθεί. Έτσι αύξάνει πολύ ή μετάδοση τής θερμότητας μέ άποτέλεσμα νά αύξάνει καί ό βαθμός αποδόσεως τής άτμογεννήτριας.

— **Ή χρησιμοποίηση τών ύδροτοιχωμάτων,** τά όποία σχηματίζουν τή θερμαινόμενη επιφάνεια του λέβητα καί μαζί μέ τά τοιχώματα τής έστίας συντελούν στήν αύξηση του ποσοστού τής θερμότητας πού μεταδίδεται μέ άκτινοβολία άπό τήν έστία πός τή θερμαινόμενη επιφάνεια. Επίσης ελαττώνουν τήν άπώλεια θερμίδων πός τό περιβάλλον μέ άποτέλεσμα τήν αύξηση πάλι τής αποδόσεως του λέβητα.

— **Ή καύση μέ μεγάλη πίεση άέρα.** Ό άέρας πού χρησιμοποιείται γιά τήν καύση καταθλίβεται μέ μεγάλη πίεση, περίπου 2,5 At. Έτσι αύξάνει κατά πολύ ή ταχύτητα τών καυσαερίων καί ή θερμότητα πού μεταδίδεται μέ άκτινοβολία πός τή θερμαινόμενη επιφάνεια γίνεται πολύ μεγαλύτερη άπό τή συνηθισμένη.

— **Ή χρήση κονιοποιημένου γαιάνθρακα,** κατά τήν όποία ό γαιάνθρακας άλέθεται σέ σκόνη, καίγεται μέ έμφύσηση άέρα σέ λεπτότατους κόκκους μέ άποτέλεσμα τήν τέλεια καύση του.

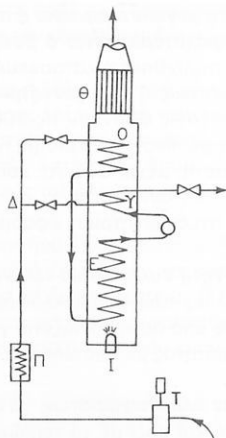
— **Ή έμμεση άτμοποίηση.** Κατ' αύτήν ή θερμότητα τής έστίας δέν μεταδίδεται άπ' εύθείας στο νερό άλλα στον άτμό. Ό άτμός αυτός, πού είναι πιά ύπέρθερμος, χρησιμοποιείται ως μέσο εξατμίσεως του νερού μέσα σέ ιδιαίτερη συσκευή ή όποία λέγεται **έξατμιστήρας.** Κατ' αυτόν τόν τρόπο άποφεύγεται ή δημιουργία λεβητόλιθου καί δέν είναι άπαραίτητη ή χρήση άποσταγμένου νερού.

Οί άρχές αυτές οί όποίες όπως είδαμε έχουν έν μέρος εφαρμοσθεί καί στους κλασσικούς λέβητες, καθιστούν τό λέβητα ικανό νά παράγει άτμό ύψηλής πίεσεως καί έπομένως νά αύξάνει τήν άπόδοση τής άτμομηχανής. (Κυρίως όταν ή αύξηση τής πίεσεως συνοδεύεται καί άπό άνάλογη αύξηση τής θερμοκρασίας ύπερθερμάνσεως).

Άντιπροσωπευτικοί τύποι άτμογεννητριών είναι οί λέβητες τύπου Benson, Lamont, Sulzer, Loeffler καί Velox.

1) Άτμογεννήτρια Sulzer.

Στό σχήμα 3.6κ εικονίζεται μία άτμογεννήτρια Sulzer, ή όποία άνήκει στήν κατηγορία τών λεβήτων μέ τεχνητή κυκλοφορία καί παράγει άτμό πίεσεως 1500 p.s.i. καί θερμοκρασίας 900° F περίπου. Ή άπόδοσή της φθάνει στα 94%.



Σχ. 3.6κ.

Λειτουργεί ως εξής: Η αντλία (Τ) στέλνει στην αρχή το νερό προς τον οικονομητήρα (Π), από όπου κατεβαίνει προς την κυρίως εξατμιστική επιφάνεια (Ε) και τέλος στον υπερθερμαντήρα (Υ), από τον οποίο εξέρχεται προς την κατανάλωση.

Η διακλάδωση Δ του νερού χρησιμεύει, για να στέλνεται νερό στην είσοδο του υπερθερμαντήρα και έτσι να ρυθμίζεται ανάλογα η θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού κατά την τελική του έξοδο.

Ο λέβητας διαθέτει προθερμαντήρα του αέρα (Θ) και καίει πετρέλαιο λεβήτων με τον καυστήρα (Ι).

Τό κυριότερο χαρακτηριστικό της κατασκευής του είναι ότι όλη η θερμαινόμενη επιφάνειά του αποτελείται από ένα συνεχόμενο σωλήνα κατάλληλα διαμορφωμένο. Γι' αυτό ονομάζεται και **μονοσωλήνιος** λέβητας.

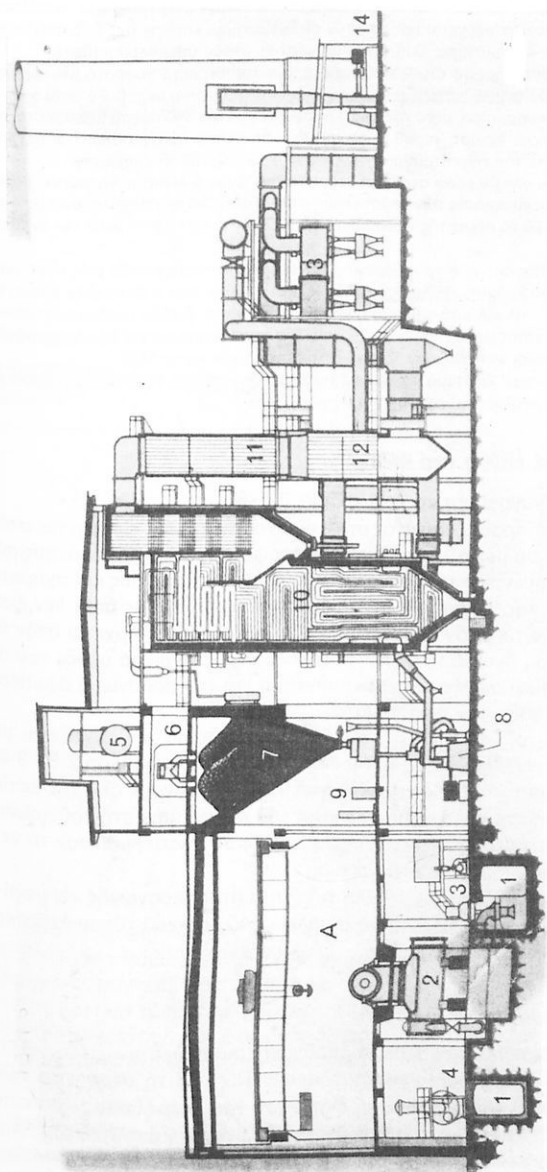
Η ατμογεννήτρια Sulzer έχει πολύ μεγάλη εφαρμογή σε πάρα πολλές εγκαταστάσεις ξηράς. Στο σχήμα 3.6κα εικονίζεται μία ατμογεννήτρια Sulzer, η οποία χρησιμοποιείται σε σιδηρουργικές βιομηχανίες. Σ' αυτή γίνεται σωστή εκμετάλλευση της θερμότητας των αερίων της ύψικαμίνου σε συνδυασμό με την καύση κοκιοποιημένου γαιάνθρακα.

Η εικονιζόμενη εγκατάσταση περιλαμβάνει τέσσερις μονοσωλήνιους λέβητες. Ο καθένας έχει ατμοπαγωγική ικανότητα 125 tons/h, πίεση 95 kp/cm² και θερμοκρασία υπέρθερμου 520° C.

Τά λοιπά στοιχεία λειτουργίας κάθε λέβητα είναι:

Θερμοκρασία του τροφοδοτικού νερού 200° C, θερμοκρασία του καυσιγόνου αέρα 240° C, θερμοκρασία των αερίων ύψικαμίνου 140° C, θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων προς την καπνοδόχο 150° C, κατώτερη θερμαντική ικανότητα του γαιάνθρακα 5000 kcal/kr, κατώτερη θερμαντική ικανότητα των αερίων της ύψικαμίνου 950 kcal/m³.

Η καύση του γαιάνθρακα γίνεται, αφού κοκιοποιηθεί πρώτα στους μύλους, με καυσήρες μεταβλητής κλίσεως προς τα πάνω ή κάτω. Η κλίση έχει σκοπό να ρυθμίζει τη θέση των φλογών πλησιέστερα ή μακρύτερα από τον υπερθερμαντήρα με σκοπό τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του υπέρθερμου. Η καύση των αερίων της ύψικαμίνου γίνεται με σταθερούς εφαιπομενικούς καυσήρες. Για τό



Σχ. 3.6κα.

Μηχανοστάσιο, (1) άγωγός του νερού ψύξεως, (2) ψυγείο, (3) τροφοδοτική άντλία, (4) βραστήρες, (5) εφεδρική δεξαμενή τροφοδοτικού νερού, (6) μεταφορές του γαϊάνθρακα, (7) σιλό του γαϊάνθρακα, (8) μύλοι άλέσεματος του γαϊάνθρακα σέ σκόνη, (9) σταθμός έλέγχου του λέβητα, (10) άτμολογική, (11) άναθερμαντήρας με άέρια τής ύψικαίνου, (12) άναθερμαντήρας με άέρια τής ύψικαίνου, (13) άποκονιστής, (14) άνεμιστήρες έλκυσμού βεβιασμένης έκπνοής.

άρχικό άναμμα (άφή) του λέβητα χρησιμοποιούνται καυστήρες πού καίνε μέχρι καί βαρύ πετρέλαιο.

Τό νερό τής τροφοδοτήσεως εισέρχεται πρώτα στον οικονομητήρα, κατόπιν στά ύδροτοιχώματα τής έστίας καί κατόπιν στον εξατμιστήρα, άπό όπου μεταβαίνει στους ύπερθερμαντήρες.

Πρίν μπει στους ύπερθερμαντήρες ό άτμός ύφίσταται άπομάστευση κατά ποσοστό 2% περίπου, τό όποίο οδηγείται στους βραστήρες γιά τήν παραγωγή του άποσταγμένου νερού. Τό υπόλοιπο εισέρχεται στον πρώτο ύπερθερμαντήρα, μετά τον όποιο πραγματοποιείται ένδιάμεση (μεταξύ πρώτου καί δεύτερου ύπερθερμαντήρα) έγχυση νερού. Δεύτερη έγχυση νερού πραγματοποιείται μετά τό δεύτερο ύπερθερμαντήρα γιά τήν τελική ρύθμιση τής θερμοκρασίας του ύπέρθερμου.

Η προθέρμανση του άέρα γίνεται μέσα στον προθερμαντήρα. Όταν ό λέβητας λειτουργεί μέ κοινιοποιημένο γαϊάνθρακα, ή θερμοκρασία των καυσαερίων στην έξοδο άπό τον προθερμαντήρα είναι 150° C, καί όταν λειτουργεί μέ τά άέρια τής ύψικαίνου, είναι 202° C καί πέφτει μετά τον άναθερμαντήρα στους 150° C.

Κάθε λέβητας τροφοδοτείται άπό δύο τροφοδοτικές άντλίες, πού ή παροχή κάθε μιάς είναι περίπου 145 tons/h σέ πίεση 150 kp/cm². Συνήθως λειτουργεί μόνο ή μία, ένώ ή άλλη είναι έτοιμη νά λειτουργήσει (έφεδρική). Άν δηλαδή πάθει βλάβη αυτή πού λειτουργεί, ή άλλη μπαίνει αυτόμάτως σέ λειτουργία. Επίσης κάθε λέβητας είναι έφοδιασμένος μέ δύο καταθλιπτικούς καί δύο άναρροφητικούς άνεμιστήρες. Οι τελευταίοι καταθλίζουν τά καυσάέρια πρós τήν καπνοδόχο.

Η έγκατάσταση έφοδιάζεται μέ ιδιαίτερο ύδραυλικό σύστημα άποκομιδής τής τέφρας, ή όποία άπορρίπτεται σέ άπόσταση 2 περίπου χιλιομέτρων άπό αυτή.

2) Άτμογεννήτρια μέ καύση υπό πίεση.

Αυτή παριστάνεται διαγραμματικά στό σχήμα 3.6κβ.

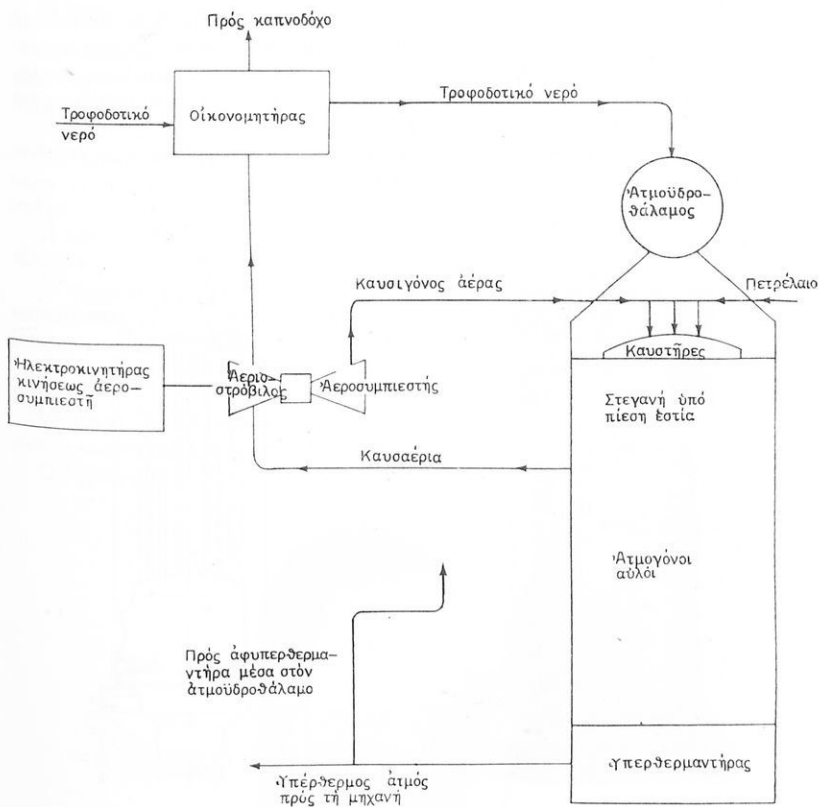
Τό τροφοδοτικό νερό προθερμαίνεται στον οικονομητήρα καί εισέρχεται στον άτμοϋδροθάλαμο άπ' όπου μέ κάθετους όχετους τροφοδοτεί τούς άτμογόνους αϋλούς πού είναι τοποθετημένοι περιμετρικά στην έπιφάνεια τής έστίας καί σχηματίζουν τά ύδροτοιχώματά της. Ό παραγόμενος άτμός μέ άτμαγωγούς (πού δέν φαίνονται στό σχήμα) οδηγείται στον άτμοθάλαμο καί άπό αυτόν κατέρχεται στον ύπερθερμαντήρα, άπ' όπου βγαίνει πρós τήν κατανάλωση. Ένα μικρό μέρος του άπομαστεύεται καί οδηγείται στον άφυπερθερμαντήρα γιά τήν παραγωγή άφυπέρθερμου άτμου γιά τά βοηθητικά μηχανήματα.

Τό πετρέλαιο έρχεται μέ τήν πίεση τής άντλίας πετρελαίου καί ψεκάζεται μέ τρεΐς καυστήρες στή όροφή τής έστίας, όπου εισάγεται άέρας υπό πίεση 2,5 - 3 άτμοσφαιρών γιά τήν καύση. Τά άέρια τής καύσεως καθώς βγαίνουν άπό τήν έστία περιστρέφουν έναν άεριοστρόβιλο, ό όποίος κινεί τον άεροσυμπιεστή του καυσιγόνου άέρα. Κατόπιν περνούν άπό τον οικονομητήρα όπου προθερμαίνουν τό νερό καί άπό κεί πηγαίνουν πρós τήν άτμόσφαιρα.

Μέ τό λέβητα αυτόν έπιτυγχάνεται μεγάλη ταχύτητα άτμοπαραγωγής καί μεγάλη οικονομία σέ βάρος καί όγκο συγκριτικά μέ άλλους κλασσικού τύπου λέβητες τής ίδιας άτμοπαραγωγικής ικανότητας.

ε) Διάφοροι λέβητες βοηθητικών χρήσεων.

Οι βοηθητικοί λέβητες παράγουν άτμό, ό όποίος χρησιμοποιείται κυρίως γιά τίς βοηθητικές άνάγκες των διαφόρων έγκαταστάσεων. Π.χ. γιά τή **θέρμανση των χώρων** ενός έργοστασίου ή ενός πλοίου, τή **θέρμανση του πετρελαίου** μέσα στίς δεξαμενές, ώστε νά γίνεται λεπτόρρευστο καί νά εύκολύνεται ή άντλησή του, τήν **κίνηση πλωτών γερανών, περιστρεφόμενων γεφυρών, βοηθητικών μηχανημάτων** κ.ά.



Σχ. 3.6κβ.

Οι βοηθητικοί λέβητες στην πιο συνηθισμένη μορφή τους έχουν κατακόρυφη διάταξη και είναι ως επί το πλείστον φλογαυλωτοί, όπως οι Clarkson (Κλάρκσον), Spanner (Σπάννερ), Cochrane (Κόχραν) κλπ., κατασκευάζονται όμως και ύδραυλωτοί σε ποικιλία τύπων και μορφών, όπως οι Foster-Wheeler, (Φόστερ - Γουήλνερ), Clayton (Κλαίυτον) και διάφοροι άλλοι.

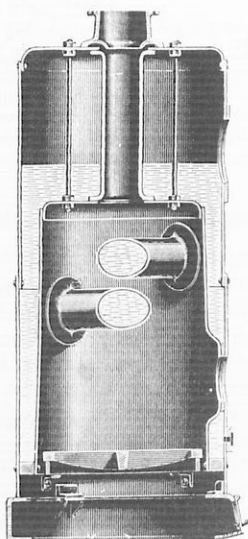
Παρακάτω περιγράφονται όρισμένοι απ' αυτούς οι όποιοι χρησιμοποιούνται περισσότερο.

1) Όρθιος βοηθητικός λέβητας με όρθιο φλογοσωλήνα και δύο ύδραυλούς με-γάλης διαμέτρου.

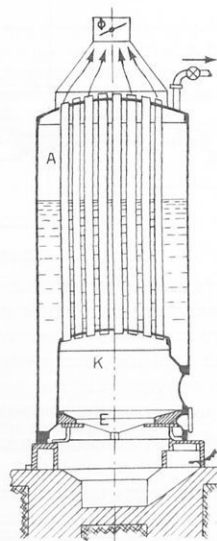
Τά καυσαέρια, τά όποια δημιουργούνται στον έσωτερικό όρθιο φλογοσωλήνα

του λέβητα του σχήματος 3.6κγ πηγαίνουν προς την καπνοδόχο και θερμαίνουν το νερό του ύδροθάλαμου. Κατά την πορεία τους συναντούν τους δύο ύδραυλους μεγάλης διαμέτρου που είναι τοποθετημένοι σταυροειδώς και έτσι μεταδίδουν καλύτερα τη θερμότητά τους στο νερό. Ο ατμός συγκεντρώνεται στον ατμοθάλαμο και από εκεί παραλαμβάνεται προς κατανάλωση.

Ο λέβητας αυτός καίει γαιάνθρακα ή και άλλα πτωχά στερεά καύσιμα, παράγει δέ ατμό χαμηλής πίεσεως μέχρι 5 έως 7 At.



Σχ. 3.6κγ.



Σχ. 3.6κδ.

2) Όρθιος βοηθητικός λέβητας με αεριαυλούς.

Η αρχή λειτουργίας του λέβητα αυτού (σχ. 3.6κδ) είναι η ίδια με του προηγούμενου, με τη διαφορά ότι, αντί του ενός καπναγωγού όχευτος, υπάρχουν πολλοί όρθιοι αεριαυλοί (A), μέσα από τους οποίους τα καυσαέρια οδηγούνται προς την καπνοδόχο. Οι αεριαυλοί προσαρμόζονται στον ούρανο του κλίβανου (K) και στον ούρανο του ατμοθάλαμου.

Στή βάση της καπνοδόχου υπάρχει ο **καπνοφράκτης** (Φ) για τη ρύθμιση της ποσότητας των καυσαερίων, που θα περάσουν προς την καπνοδόχο, δηλαδή για τη **ρύθμιση της έντάσεως της καύσεως**.

Ο λέβητας καίει γαιάνθρακα πάνω στη **σχάρα** (E) και παράγει ατμό μέχρι 10 At περίπου.

3) Κάθετος λέβητας επιστροφόμενης φλόγας τύπου *Cochrane* (Κόχραν).

Ο λέβητας αυτός χρησιμοποιείται πάρα πολύ και κατασκευάζεται είτε ως γαιανθρακολέβητας είτε, συνηθέστερα, ως πετρελαιολέβητας (σχ. 3.6κε). Είναι ως προς τα κύρια χαρακτηριστικά του κάθετος λέβητας επιστροφόμενης φλόγας.

Αποτελείται από κυλινδρικό κέλυφος και σφαιροειδή ατμοθάλαμο.

Στό κατώτερο μέρος του υπάρχει η έστια με τον καυστήρα πετρελαίου και τον κώνο αέρα, όταν είναι πετρελαιολέβητας. Όταν είναι γαιανθρακολέβητας έχει σχάρα, θύρα έστιας και τεφροδόχη.

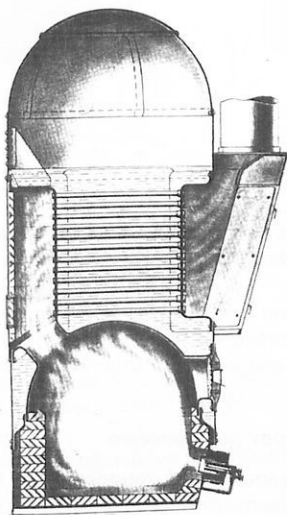
Η σφαιροειδής έστια μαζί με τό φλογοθάλαμο σχηματίζουν αρκετό χώρο για τέλεια καύση.

Τά καυσάερια όδεύουν από τήν έστια προς τό φλογοθάλαμο, όπου αλλάζουν κατεύθυνση και μπαίνουν στους αεριαυλούς. Εκεί ατμοποιούν τό νερό, τέλος δέ έξέρχονται προς τόν καπνοθάλαμο και ανεβαίνουν προς τήν καπνοδόχο.

Παρατηρούμε ότι οι αυλοί είναι ίσοι και έκτονώνονται πάνω στις αυλοφόρες πλάκες.

Μπροστά από τόν καπνοθάλαμο υπάρχουν οι αυλόθυρες, πού άνοίγουν για νά γίνει ό έκκαπνισμός των αυλών και των άλλων τμημάτων του λέβητα.

Ο λέβητας *Cochrane* δίνει άτμό πιέσεως 8 έως 10 At περίπου.



Σχ. 3.6κε.

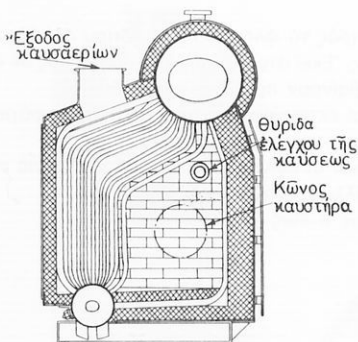
4) Υδραυλώς βοηθητικός λέβητας *Foster-Wheeler* (Φόστερ-Γουήλερ).

Στό σχήμα 3.6κστ εικονίζεται ό λέβητας αυτός πού μπορεί νά παράγει 3000 lb άτμό τήν ώρα.

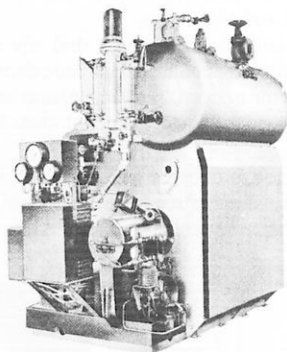
Διακρίνονται ο **ατμοθάλαμος**, ο **υδροθάλαμος**, ή **κύρια δέσμη ατμογόνων αυλών**, το **υδροτοίχωμα** της έστιας, ή **έστια**, ο **κώνος καυστήρα**, ή **έξοδος των καυσαερίων** καί μία **θυρίδα έλέγχου της καύσεως**.

Η λειτουργία του είναι φανερή απ' όσα γνωρίζομε από τούς λέβητες τύπου «D», παράγει δέ ατμό 12 At περίπου.

Ο ίδιος λέβητας εικονίζεται στο σχήμα 3.6κζ έφοδιασμένος με όλα τά εξαρτήματα καί όργανα αυτόματου έλεγχου της λειτουργίας του.



Σχ. 3.6κστ.



Σχ. 3.6κζ.

5) Ηλεκτρικοί λέβητες.

Οι ηλεκτρικοί λέβητες για βοηθητικές χρήσεις έχουν τό χαρακτηριστικό ότι γιατή θέρμανσή τους χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια πού τούς παρέχεται με ηλεκτρικές αντίστασεις.

Η χρήση τους είναι σπάνια στις βιομηχανικές εφαρμογές. Συναντώνται περισσότερο ως ηλεκτρικοί βραστήρες, γιατήν ατμοποίηση σκληρού νερού καίτήν παραγωγή κατόπιν αποσταγμένου νερού με συμπύκνωση. Τό νερό αυτό χρησιμοποιείται ως τροφοδοτικό.

6) Λέβητες πού λειτουργούν με καυσάερια.

Οι λέβητες αυτοί θερμαίνονται από τά καυσάερια των MEK ή αεριοστροβίλων τά όποια καθώς βγαίνουν προςτήν ατμόσφαιρα, έχουν άκόμη ύψηλή θερμοκρασία πού μπορεί νά χρησιμοποιηθεί γιατήν ατμοποίηση του νερού.

Μέτή μέθοδο αυτή γίνεται ίκανοποιητική έκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων καί έπέρχεται φυσικά σημαντική αύξηση του συνολικού βαθμού αποδόσεως της εγκαταστάσεως της μηχανής.

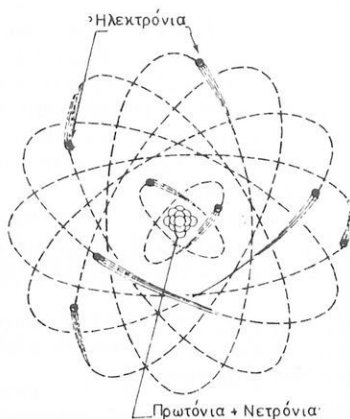
Γιατήν έφαρμογή της μεθόδου αυτής σχεδιάσθηκαν πολλοί τύποι βοηθητικών λεβήτων όριζόντιου ή κάθετου τύπου, φλογαυλωτού ή ύδραυλωτού.

στη Λέβητες για πυρηνικούς σταθμούς.

Ἡ χρήση τῆς ἀτομικῆς ἢ πυρηνικῆς ἐνέργειας γιά τήν παραγωγή μηχανικοῦ ἔργου μέσω ἀτμομηχανῆς ἄρχισε νά ἐφαρμόζεται τά τελευταῖα χρόνια σέ ἐγκαταστάσεις κυρίως ηλεκτροπαραγωγῆς ἢ προώσεως πλοίων, μολονότι βρίσκεται ἀκόμη στό στάδιο τῶν ἐρευνῶν καί τῆς ἐξελιξέως.

Θεωρεῖται γνωστό ἀπό τή Φυσική τί ἐννοοῦμε λέγοντας ἀτομική ἢ πυρηνική ἐνέργεια πού ὅπως ξέρομε προέρχεται, ἀπό τή διάσπαση τοῦ πυρήνα τοῦ ἀτόμου.

Ἐπαναλαμβάνομε ὅμως σύντομα τά ἐξῆς: Θεωροῦμε τά **ἄτομα** τῆς ὕλης ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπό ἓνα **πυρήνα**. Αὐτός ἀποτελεῖται ἀπό ἀριθμό **πρωτονίων**, πού εἶναι θετικά ηλεκτρισμένα σωματίδια, καί **νετρονίων** (ἢ **οὐδετερονίων**). Γύρω ἀπό τόν πυρήνα καί σέ σχετικά πολύ μεγάλη ἀπόσταση περιστρέφονται σωματίδια ἀρνητικά ηλεκτρισμένα, τά **ἠλεκτρόνια**, ὅπως οἱ πλανῆτες περιφέρονται γύρω ἀπό τόν ἥλιο (σχ. 3.6κη).



Σχ. 3.6κη.

Τά νετρόνια καί τά πρωτόνια συγκρατιοῦνται μεταξύ τους μέ ἐσωτερικές δυνάμεις ἓνα ἑκατομμῦριο φορές ἰσχυροτέρες ἀπό ἐκεῖνες, πού συγκρατοῦν τά ἠλεκτρόνια στίς τροχιές τους.

Κατά τή **διάσπαση** ἢ **σχάση** τοῦ πυρήνα τοῦ ἀτόμου ἐπέρχεται ἀλλαγὴ σ' αὐτόν τόν ἴδιο τόν πυρήνα. Ὄταν δηλαδή ὁ πυρήνας ἐνός σχάσιμου ὕλικου, ὅπως τό **οὐράνιο 235**, ὑποστῇ βομβαρδισμό ἀπό ἓνα οὐδέτερονιο, θά διασπασθεῖ στά δύο καί συγχρόνως θά ἐλευθερωθοῦν περισσότερα νετρόνια, τά ὁποῖα θά ἐπιπέσουν σ' ἄλλον πυρήνα, τόν ὁποῖον θά διασπάσουν κ.ο.κ., ὥστε νά ἔχομε τή λεγόμενη **αλυσιδωτή ἀντίδραση**.

Ἡ διάσπαση τοῦ πυρήνα συνοδεύεται ἀπό ἐκλυση τεράστιας ποσότητος ἐνέργειας, πού ὑπολογίζεται σέ πολλά ἑκατομμύρια φορές μεγαλύτερη ἀπό ἐκείνη ἢ ὁποῖα ἐκλύεται κατά τήν καύση ἴσου βάρους ὕδρογόνου.

Ἡ ἐνέργεια πού ἐκλύεται τίθεται ὑπό ἐλεγχου μέ τή βοήθεια εἰδικῶν ὑλικῶν, τῶν **ἐπιβραδυντῶν** (ὅπως ἄνθρακας, γραφίτης, βηρύλλιο κλπ.), μέσα σέ συσκευές, πού ὀνομάζονται **ἀτομικοί** ἢ **πυρηνικοί ἀντιδραστήρες**.

Ἐκμεταλλεῶμενοι τήν ἐνέργεια αὐτή γιά τήν παραγωγή ἔργου σέ συνδυασμό μέ ἀτμοστρόβιλο, δέν κάνομε τίποτε ἄλλο παρά νά τή χρησιμοποιοῦμε οὐσιαστικά γιά τήν παραγωγή ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος κατόπιν χρησιμοποιεῖται γιά τήν ἀπόδοση ἔργου σέ συνηθισμένες ἐγκαταστάσεις ἀτμοστροβίλων. Ἔτσι, εὐκόλα μπορούμε νά παραλλήλισομε τόν ἀτομικό ἀντιδραστήρα, ὁ ὁποῖος μᾶς δίνει τήν πυρηνική ἐνέργεια, μέ τήν ἐστία τῆς καύσεως τῶν λεβήτων. Ὁρθότερο ἐπομένως εἶναι νά μή μιλάμε γιά ἀτμομηχανή πού λειτουργεῖ μέ ἀτομική ἐνέργεια, ἀλλά γιά **ἀτμολέβητα ἀτομικῆς ἐνέργειας**.

Ἡ χρήση τῆς ἀτομικῆς ἐνέργειας παρουσιάζει στήν πράξη τά ἑξῆς πλεονεκτήματα:

α) Ἀπελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες θερμότητας μέ κατανάλωση ἐξαιρετικά μικρῶν ποσοτήτων καυσίμου.

β) Μία ἐγκατάσταση λέβητα ἀτομικῆς ἐνέργειας δέν ἀπαιτεῖ ἀτμοσφαιρικό ἀέρα, ὅπως εἶναι ἀναγκαῖο στούς συνηθισμένους λέβητες. Αὐτό ἀπαλλάσσει τήν ἐγκατάσταση ἀπό τά μηχανήματα τά σχετικά μέ τόν ἀέρα τῆς καύσεως (ἀνεμιστήρες, προθερμαντήρες κλπ.), καθῶς ἐπίσης καί ἀπό τά ἐξαρτήματα, τά ὁποῖα ἐλέγχουν τή σωστή ἀνάμιξη ἀέρα καί πετρελαίου. Τό πλεονέκτημα αὐτό ἔχει ἰδιαίτερη σημασία γιά τά ὑποβρύχια, γιατί ἔτσι ἡ ἐγκατάσταση μπορεῖ νά λειτουργεῖ συνεχῶς μέ πλήρη ἰσχύ καί κάτω ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας.

γ) Γενικά ἡ ἐγκατάσταση γίνεται πιό ἀπλή, γιατί δέν ὑπάρχουν καπνοδόχοι, καπνοθάλαμοι, συστήματα ἐξαερισμοῦ, μεταφορᾶς καί τροφοδοτήσεως μέ πετρέλαιο ἢ πετρελαιοδεξαμενές καί ἐπομένως περιορίζεται σημαντικά ὁ συνολικός ὥρος τῆς.

Ἀντιθέτως ὅμως μία τέτοια ἐγκατάσταση ἀπαιτεῖ τελειότητα κατασκευῆς, εἰδική προστασία καί ὄργανα ἐλέγχου καθῶς καί ἀπολύτως εἰδικευμένο καί ἐκπαιδευμένο προσωπικό γιά τήν ἀπρόσκοπτη λειτουργία τῆς.

— Στοιχειώδης περιγραφή ἑνός ἀτομικοῦ λέβητα σέ συνδυασμό μέ ἐγκατάσταση ἀτμοστρόβιλου.

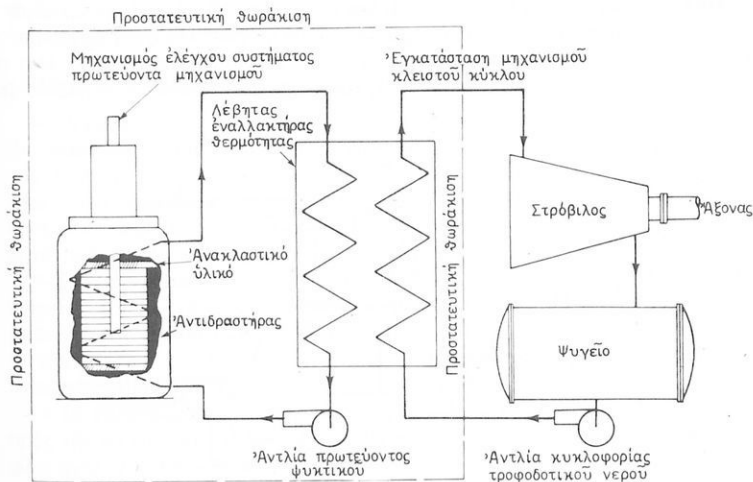
Τό σχῆμα 3.6κθ παριστάνει ἕνα βασικό σύστημα ἀτομικοῦ λέβητα πού λειτουργεῖ σέ συνδυασμό μέ μία ἐγκατάσταση ἀτμοστρόβιλου.

Τό σύστημα αὐτό ἀποτελεῖται βασικά ἀπό τά ἑξῆς μέρη: τόν **ἀντιδραστήρα**, τό **μηχανισμό ἐλέγχου**, τό **κύριο σύστημα ψύξεως**, τό **λέβητα - ἐναλλακτήρα θερμότητας**, τίς **ἀντλίες κυκλοφορίας τοῦ ψυκτικοῦ** καί μία συνηθισμένη ἐγκατάσταση **ἀτμοστρόβιλου** κλειστοῦ κυκλώματος.

Στόν ἀντιδραστήρα ἀπό τή σχάση τοῦ πυρήνα ἀπελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες ἐνέργειας μέ ἀποτέλεσμα τή δημιουργία πολύ ὑψηλῆς θερμοκρασίας στή μάζα, ἡ ὁποία τόν περιβάλλει.

Γιά τόν ἔλεγχο τῆς ἀντιδράσεως χρησιμοποιεῖται ὁ ἐπιβραδυντής, ἐνῶ ἀνακλαστικό ὑλικό περιβάλλει τόν πυρήνα γιά νά παρεμποδίζεται ἡ ἀπώλεια νετρονίων ἀπό τόν πυρήνα τοῦ ὑλικοῦ σχάσεως.

Βαριά θωράκιση περιβάλλει ὁλόκληρο τόν ἀντιδραστήρα μέ σκοπό νά ἐλαττώσει τήν ἐπιβλαβή ἀκτινοβολία του σέ ὅρια παραδεκτά γιά τόν ἀνθρώπινον ὄργανι-



Σχ. 3.6κθ.

σμό. Μέσα από τη θωράκιση ή ακτινοβολία είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από εκείνη, πού μπορεί να αντέξει ο ανθρώπινος οργανισμός.

Η θερμότητα πού αναπτύσσεται μέσα στον αντιδραστήρα μεταφέρεται με τη βοήθεια ψυκτικού υγρού καί ειδικής αντλίας στον εναλλακτήρα θερμότητας σέ κλειστό κύκλωμα.

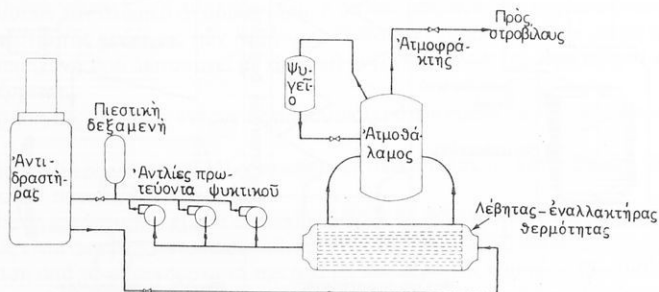
Τό ψυκτικό μέσο μπορεί νά είναι νερό, πρέπει όμως νά διατηρείται υπό ύψηλη πίεση, ώστε νά μήν εξατμίζεται. Επίσης φροντίζομε νά μήν καταστεί μόνιμα ραδιενεργό, γιά νά μπορούμε νά κάνομε τίς έργασίες συντηρήσεως κατά τίς περιόδους παύσεως στά τμήματα του συστήματος ψύξεως καί έξω από τόν αντιδραστήρα.

Μέσα στό λέβητα-εναλλακτήρα θερμότητας ή θερμότητα από τό ψυκτικό μέσο μεταφέρεται στό νερό του λέβητα μέ αποτέλεσμα τή δημιουργία ατμού, ό οποίος πλέον μπορεί νά χρησιμοποιηθεί σέ μία κλασσική έγκατάσταση ατμοστρόβιλου.

Τό σχήμα 3.6λ παριστάνει μία έγκατάσταση αυτού του είδους. Παρατηρούμε ότι ό αντιδραστήρας δίνει θερμότητα στό πρωτεΐον ψυκτικό νερό, τό όποιο αναγκάζεται νά περάσει από τούς αύλους του λέβητα όπου αφήνει τή θερμότητά του γιά νά δημιουργηθεί ατμός. Τό πρωτεΐον ψυκτικό μέσο ξανακυκλοφορεί κατόπιν πρὸς τόν αντιδραστήρα όπου ξαναθεμαίνεται. Τό δευτερεΐον έξ ἄλλου σύστημα του ατμού είναι τελείως ἀπομονωμένο από τό πρωτεΐον μέσα στον εναλλακτήρα θερμότητας.

Ό ατμός πού παράγεται τελικά κατευθύνεται από τόν ατμοθάλαμο του λέβητα μέσα από τόν ατμοφράκτη πρὸς τούς στρόβιλους γιά τήν παραγωγή ἔργου, μετά τήν όποία συμπυκνώνεται καί ξανακυκλοφορεῖ σέ κλειστό πάντοτε τροφοδοτικό κύκλωμα.

Ἀξίζει νά σημειωθεῖ ἐδῶ ὅτι πῶς ἐξελεγμένη χρήση τῆς θερμότητας τοῦ ἀντιδραστήρα ἐφαρμόζεται σέ συνδυασμὸ μὲ ἀerioστρόβιλο κλειστοῦ κυκλώματος, μέσα στὸν ὁποῖο ἀντὶ γιὰ ἀτμὸ κυκλοφορεῖ ἀέριο *ἥλιο* ὑπὸ ὑψηλὴ πίεση. Μία τέτοια ἐγκατάσταση περιγράφεται παρακάτω στὸ σχετικὸ κεφάλαιο τῶν ἀerioστροβίλων.



Σχ. 3.6λ.

3.7 Ἐργαλεῖα καὶ ἐξαρτήματα τῶν λεβήτων. Συνοπτικὴ περιγραφή, χρησιμότητα.

α) Ἐργαλεῖα.

Τὰ ἐργαλεῖα, πού χρησιμοποιοῦνται στοὺς λέβητες, καὶ κυρίως στοὺς γαιανθρακολέβητες εἶναι τὰ ἑξῆς:

Ἡ **ἀνθρακὸσφουρα** (βαριά). Σφύρα μεγάλου μεγέθους γιὰ τὸν τεμαχισμό τῶν μεγάλων κομματιῶν γαιάνθρακα σέ μικρότερα.

Ἡ **μικρὴ ἀνθρακὸσφουρα** (βαριοπούλα), γιὰ τὸν τεμαχισμό σέ ἀκόμη μικρότερα κομμάτια.

Τὸ **φτυάρι**. Χρησιμεύει γιὰ τὴ μεταφορὰ τοῦ γαιάνθρακα καὶ τὴν τροφοδότηση τῶν κλιβάνων.

Ὁ **τεφροσύρτης** (ρασκέττα). Μακριὰ σιδερένια ράβδος πού στή μιά ἄκρη τῆς ἔχει μικρὸ φτυάρι ὑπὸ γωνία 90° καὶ στὴν ἄλλη μιά χειρολαβή. Μὲ τὸν τεφροσύρτη στρώνομε τὰ πυρὰ πάνω στή σχάρα σέ ἰσοπαχές στρώμα γαιάνθρακα. Ἐπίσης ἀφαιροῦμε τὴ στάχτη καὶ τίς σκουριές ἀπὸ τὴν τεφροδόχη.

Ἡ **σκιωριολόγη** (λοστός). Βαρὺς μακρὺς μοχλὸς μὲ αἰχμηρὴ ἄκρη σάν κοπίδι, γιὰ τὸν καθαρισμὸ τῶν διασένων μεταξὺ τῶν ἐσχάρων ἀπὸ τὴ σκουριά ἢ, σέ πετρελαιολέβητες, γιὰ τὸ κομμάτισμα τοῦ κώκ, πού σχηματίζεται στὶς ἐστίες ἀπὸ ἀτελή καύση τοῦ πετρελαίου.

β) Ἐξαρτήματα.

Ἐξαρτήματα ὀνομάζονται ὅλα ἐκεῖνα τὰ ὄργανα, πού εἶναι τοποθετημένα στὸ λέβητα καὶ μὲ τὰ ὁποῖα παρακολουθεῖται καὶ ρυθμίζεται ἡ καλὴ λειτουργία του. Εἶναι τριῶν κατηγοριῶν, ἐξαρτήματα γιὰ τὴν καύση, ἐξαρτήματα γιὰ τὸ νερὸ τοῦ λέ-

βητα καί τέλος εξαρτήματα γιά τόν άτμό. 'Από αυτά παρακάτω θά περιγράψομε τά κυριότερα.

γ) Όργανα καί εξαρτήματα γιά τήν καύση.

— Οί **καυστήρες**: Αύτοί στέλνουν τό καύσιμο μέσα στην έστία. Τούς διακρίνομε σε **καυστήρες πετρελαίου, κονιοποιημένου γαιάνθρακα καί αερίων καυσίμων**.

Ειδικότερα οί καυστήρες πετρελαίου διασκορπίζουν τό πετρέλαιο σε λεπτότατα σταγονίδια μέσα στην έστία (τό ψεκάζουν), γιά νά έρχεται σε τέλεια έπαφή μέ τόν καυσιγόνο άέρα, καί νά πραγματοποιείται τέλεια ανάμιξη καυσίμου-άέρα καί τέλεια κατά τό δυνατόν καύση.

— Οί **κώνοι άέρα**: Είναί κωνικοί ή κυλινδρικοί όχετοί έφοδιασμένοι μέ έλικοειδή πτερύγια έσωτερικά: έτσι προκαλούν περιστροφική κίνηση του άέρα κατά τήν είσοδό του στην έστία, ώστε γίνεται τέλεια ανάμιξη του μέ τά μόρια του πετρελαίου. Οί κώνοι άέρα τοποθετούνται στην πρόσοψη, στην πλευρά ή στην όροφή τής έστίας καί περιβάλλουν τούς καυστήρες, όπως έχομε πεί.

— Οί **καπνοφράκτες** (ντάμπερ). Τοποθετούνται στην έξοδο των καυσαερίων προς τήν καπνοδόχο καί ρυθμίζουν τό άνοιγμα του όχετου έξόδου των καυσαερίων ανάλογα μέ τήν έπιθυμητή ένταση καύσεως, ιδίως στην περίπτωση φυσικού έλκυσμού.

— Οί **έκκαπνιστές**. Είναί ειδικά εξαρτήματα, πού μοιάζουν μέ προφύσια τοποθετημένα στην άκρη μακρού σωλήνα, τά όποια φυσούν άτμό επάνω στις δέσμες των αυλών, ώστε νά επιτυγχάνεται ό έκκαπνισμός τους κατά τή λειτουργία του λέβητα.

— Τά **περισκόπια** καί οί **ένδεικτες καπνού**: Αποτελούνται από μακρούς σωλήνες κατάλληλα τοποθετημένους, οί όποιοι έχουν καθρέφτες καί έγχρωμα γυαλιά παρατήρησης, γιά νά παρατηρούμε κατά διαστήματα τήν ποιότητα τής καύσεως μέσα στην έστία.

— Οί **μετρητές ροής πετρελαίου**. Χρησιμοποιούν γιά τή μέτρηση τής ποσότητας του πετρελαίου, πού εισέρχεται στην έστία γιά τήν καύση.

— Οί **ένδεικτες διοξειδίου του άνθρακα** (CO_2) ή **αναλυτές καυσαερίων**. Χρησιμοποιούν γιά νά δείχνουν σε κάθε στιγμή τήν περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO_2 μέσα στα καυσάερια, **τό ποσοστό του όποιου άποτελεί τό κριτήριο τής καλής καύσεως μέσα στην έστία**. "Όσο μεγαλύτερο είναι τό ποσοστό του CO_2 , τόσο καλύτερη είναι ή καύση. Στην καλή καύση κυμαίνεται γύρω στο 14%. Οί ένδεικτες συχνά έφοδιάζονται μέ κατάλληλο αύτογραφικό σύστημα, πού καταγράφει τίς μεταβολές του ποσοστού του CO_2 μέσα στο 24ωρο, ώστε νά μπορούμε νά συνάγομε χρήσιμα συμπεράσματα γιά τήν ποιότητα τής καύσεως.

— Τά **πυρόμετρα, θερμόμετρα, θλιβόμετρα**. Τά πυρόμετρα χρησιμοποιούν γιά τή μέτρηση τής θερμοκρασίας τής έστίας, τά θερμόμετρα γιά τή μέτρηση τής θερμοκρασίας του πετρελαίου καί τά θλιβόμετρα γιά τή μέτρηση τής πιέσεώς του.

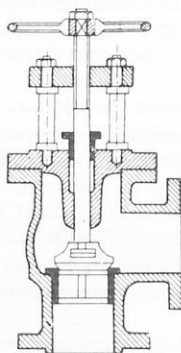
δ) Όργανα καί εξαρτήματα γιά τό νερό του λέβητα καί τόν άτμό.

— Οί **άτμοφράκτες** (σχ. 3.7α). Είναί βαλβίδες τοποθετημένες στο ψηλότερο σημείο του άτμοθάλαμου καί χρησιμοποιούν, γιά νά επιτρέπουν ή νά διακόπτουν τή είσοδο του άτμου προς τούς άτμαγωγούς σωλήνες.

Διακρίνονται σε **κύριους** άτμοφράκτες, όταν παρέχουν άτμό γιά τήν κύρια μηχανή

νή, καί σέ **βοηθητικούς**, ὅταν δίνουν ἀτμό γιά τά βοηθητικά μηχανήματα καί γιά ἄλλες χρήσεις. Ἐπίσης ὑπάρχουν ἀτμοφράκτες **κορεσμένου** καί **υπέρθερμου**.

— Τά **ἀσφαλιστικά ἐπιστόμια**. Εἶναι βαλβίδες, οἱ ὁποῖες ρυθμίζονται μέ βάρη ἢ ἐλατήρια, ὥστε νά ἀνοίγουν, ὅταν ἡ πίεση τοῦ λέβητα ὑπερβεῖ τό κανονικό ὄριο λειτουργίας. Σκοπός τους εἶναι ἡ ἀσφάλεια τοῦ λέβητα.



Σχ. 3.7α.

Τό σχῆμα 3.7β παριστάνει ἕνα ἀσφαλιστικό κοινοῦ τύπου πού λειτουργεῖ μέ ἐλατήρια ἀλλά ἔχει καί χειροκίνητο μοχλό ἀνοίγματος γιά περίπτωση ἀνάγκης.

— Τά **τροφοδοτικά ἐπιστόμια**. Εἶναι βαλβίδες τοποθετημένες στόν ὑδροθάλαμο καί χρησιμεύουν γιά νά κλείνουν ἢ νά ρυθμίζουν τήν ποσότητα τοῦ νεροῦ, πού θά μπεῖ στόν ὑδροθάλαμο, ὥστε νά διατηρεῖται ἡ κανονική στάθμη.

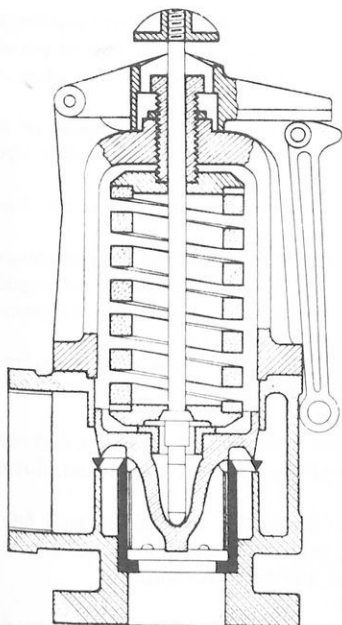
— Οἱ **τροφοδοτικοί ρυθμιστές**. Εἶναι μηχανισμοί, πού ρυθμίζουν αὐτομάτως τό ἄνοιγμα ἢ τό κλείσιμο τῆς βαλβίδας τῶν τροφοδοτικῶν ἐπιστομίων, ὥστε νά διατηρεῖται ἡ κανονική στάθμη στό λέβητα ἀνάλογα μέ τήν κατανάλωση ἀτμοῦ. Ὑπάρχουν **μηχανικοί, ὑδραυλικοί, θερμοστατικοί** καί διάφοροι ἄλλοι τύποι τροφοδοτικῶν ρυθμιστῶν.

— Τά **θλιβόμετρα** ἢ **μανόμετρα** (σχ. 3.7γ). Τοποθετοῦνται δύο στόν ἀτμοθάλαμο καί δείχνουν τήν τιμή τῆς μανομετρικῆς πιέσεως τοῦ λέβητα.

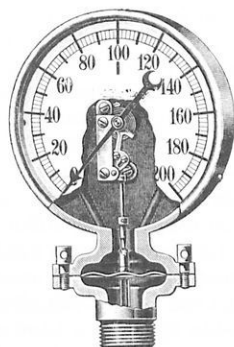
— Τά **θερμόμετρα**. Δείχνουν τή θερμοκρασία τοῦ υπέρθερμου ἀτμοῦ.

— Οἱ **ὑδροδείκτες**. Εἶναι γυάλινοι σωλῆνες ἢ ὀχετοί οἱ ὁποῖοι συγκοινωνοῦν πρὸς τά πάνω μέ τόν ἀτμοθάλαμο καί πρὸς τά κάτω μέ τόν ὑδροθάλαμο, μέσω κρουνῶν, καί δείχνουν τή στάθμη τοῦ νεροῦ τοῦ λέβητα (σχ. 3.7δ). Οἱ ὑδροδείκτες τοποθετοῦνται πάντοτε δύο σέ κάθε λέβητα γιά λόγους ἀσφάλειας στίς ἐνδείξεις.

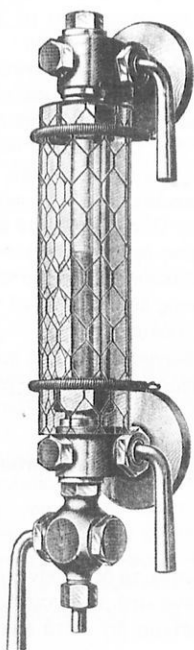
— Οἱ **δοκιμαστικοί κρουνοί**. Εἶναι τρεῖς κρουνοί τοποθετημένοι στό κέλυφος τῶν παλαιότερων λεβήτων χαμηλῆς πίεσεως σέ τρία διαφορετικά ὕψη: λίγο πάνω ἀπό τή στάθμη, στό ὕψος τῆς στάθμης καί λίγο κάτω ἀπ' αὐτή. Χρησιμεύουν, ὥστε σέ περίπτωση βλάβης τῶν ὑδροδεικτῶν νά μπορούμε νά προσδιορίσουμε τή στάθμη τοῦ νεροῦ στό λέβητα κατά προσέγγιση, ἀνοίγοντας δοκιμαστικά καθένα κρουνό.



Σχ. 3.7β.



Σχ. 3.7γ.



Σχ. 3.7δ.

— **‘Ο έξαεριστικός κρουνός.** Είναι μικρός κρουνός τοποθετημένος στο ψηλότερο μέρος του άτμοθάλαμου. Τόν άνοίγομε κατά τό άναμμα (άφή) του λέβητα γιά νά βγει ό άέρας ή κατά τήν έκκένωση του λέβητα, όταν δέν ύπάρχει πίεση μέσα σ’ αυτόν.

— **‘Ο έξαφριστικός κρουνός.** Τοποθετείται στόν άτμοθάλαμο καί συγκοινωνεί έσωτερικά μέ σωλήνα, ό όποίος καταλήγει σέ όριζόντιο χωνί τοποθετημένο λίγο κάτω από τή στάθμη του νερού.

Μέ τόν κρουνό αυτόν άδειάζονται έξω από τό λέβητα οι λιπαρές ουσίες πού επιπλέουν στή στάθμη του νερού.

— **‘Ο κρουνός έξαγωγής.** Τοποθετείται στο κάτωτερο σημείο των ύδροθαλάμων καί των ύδροσυλλεκτών. Τόν άνοίγομε όταν πρέπει νά άδειάσουμε μέρος του νερού του ύδροθάλαμου (όταν έχει αύξημένη πυκνότητα σέ άλατα), γιά νά τό άντικαταστήσουμε μέ νέο άποσταγμένο τήν ώρα πού λειτουργεί ό λέβητας.

— **‘Ο κρουνός έκκενώσεως** τοποθετείται όπως καί ό προηγούμενος στο κάτωτερο μέρος των ύδροθαλάμων γιά τό άδειασμα του λέβητα, όταν οι ύδροθάλαμοι εί- ναι έκτός λειτουργίας καί χωρίς πίεση.

— **‘Ο κρουνός δειγματοληψίας.** Είναι μικρός κρουνός του ύδροθάλαμου, από τόν όποιο λαμβάνομε δείγμα νερού γιά νά εκτέλεσουμε τίς διάφορες χημικές μετρήσεις καί νά έλέγξομε τήν καθαρότητά του.

Οι διάφοροι **κρουνοί ύγρων**, μέ τούς όποιους άφαιρούμε τό νερό από τούς διάφορους συλλέκτες, τόν ύπερθερμαντήρα, τούς άτμαγωγούς, κλπ. ιδίως κατά τό άναμμα του λέβητα (καί πρίν συγκοινωνήσει μέ τήν έγκατάσταση).

*Άλλα εξαρτήματα μέσα στόν λέβητα είναι:

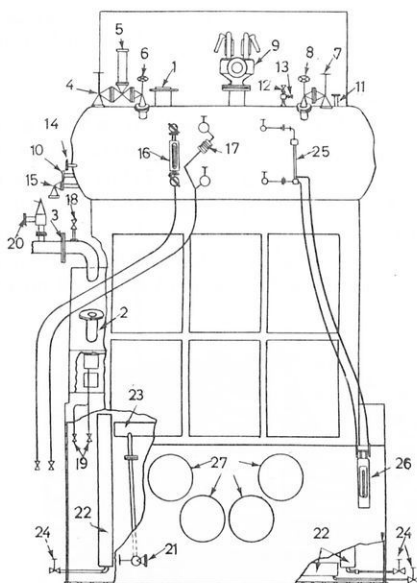
‘Ο έσωτερικός όριζόντιος **άτμαγωγός σωλήνας**, ό όποίος παραλαμβάνει τόν άτμό από τό ψηλότερο μέρος του άτμοθάλαμου καί τόν όδηγεί πρós τόν άτμοφράκτη όσο γίνεται πιό ξερό. ‘Ο **τροφοδοτικός σωλήνας** ό όποίος διασκορπίζει τό σχετικά ψυχρό τροφοδοτικό νερό σέ όλη τή μάζα του νερού του ύδροθάλαμου, ώστε νά μή δημιουργούνται τοπικές συστολές του υλικού. Οι **άποχωριστές** του άτμού, από τούς όποιους διέρχεται ό παραγόμενος άτμός, γιά νά άποχωρίζεται από τήν ύγρασία του καί νά γίνεται στεγνός. Οι **σωλήνες του άφυπερθερμαντήρα**, από τούς όποιους διέρχεται ό ύπερθερμος άτμός καί άφυπερθερμαίνεται, ένώ συγχρόνως θερμαίνει τό νερό του ύδροθάλαμου. Οι προστατευτικοί **ψευδόργυροι**, οι όποιοι τοποθετούνταν σέ παλαιότερους λέβητες γιά νά τούς προστατεύουν από τή διάβρωση πού προκαλεί ή ηλεκτρόλυση.

Τό σχήμα 3.7ε παριστάνει διαγραμματικά σέ πρόοψη λέβητα ύδραυλωτό μέ τοποθετημένα πάνω του τά διάφορα εξαρτήματα, τά όποια περιγράφηκαν προηγου- μένως.

3.8 Συσκευές καί βοηθητικά μηχανήματα λεβήτων. Συνοπτική περιγραφή, χρησι- μότητα.

α) Γενικά.

Οι συσκευές καί τά μηχανήματα, τά όποια είναι άπαραίτητα γιά τήν εξυπηρέτηση του λέβητα, είναι έγκαταστημένα στο μηχανοστάσιο, στο λεβητοστάσιο ή επάνω, στόν ίδιο τό λέβητα. Τά κυριότερα άπ’ αυτά είναι:



Σχ. 3.7ε.

(1) Κύριος ατμοφράκτης, (2) είσόδος υπερθερμαντήρα, (3) εξόδος υπερθερμαντήρα, (4) τροφοδοτικό έπιστόμιο, (5) τροφοδοτικός ρυθμιστής, (6) απομονωτικός τροφοδοτικός διακόπτης, (7) βοηθητικό τροφοδοτικό έπιστόμιο, (8) βοηθητικός απομονωτικός τροφοδοτικός διακόπτης, (9) ασφαλιστικό έπιστόμιο (διπλό), (10) είσαγωγή άφυπερθερμαντήρα, (11) έξαγωγή από άφυπερθερμαντήρα, (12) έξαεριστικός κρουνός, (13) λήψη ατμού, (14) κρουνός δειγματοληψίας, (15) έξαφριστικός κρουνός, (16) ύδροδείκτης, (17) αυτόματος τροφοδοτικός ρυθμιστής, (18) έξαεριστικό υπερθερμαντήρα, (19) ύγρα ύπερθερμαντήρα, (20) ασφαλιστικό ύπερθερμαντήρα, (21) κρουνός έκκενώσεως, (22) ύδρο-ύγρα ύπερθερμαντήρα, (23) ύδροσυλλέκτης, (24) ύγρα συλλέκτη ύδροτοιχώματος, (25-26) σύστημα ύδροδείκτη έξ απόστάσεως, (27) καυσήρες-κώνιοι άερα.

β) Άντλίες τροφοδοτικού νερού.

Χρησιμεύουν γιά νά άναρροφούν τροφοδοτικό νερό από τήν τροφοδοτική δεξαμενή ή τό θερμοδοχείο καί νά τό καταθλίβουν στό λέβητα μέ πίεση μεγαλύτερη από τήν πίεση λειτουργίας του.

Οί τροφοδοτικές άντλίες κατασκευάζονται **έμβολοφόρες** ή **περιστροφικές**. Οί περιστροφικές είδικότερα είναι πολυβάθμιες γιά νά δημιουργούν τή μεγάλη πίεση, πού χρειάζεται γιά νά εισέλθει τό νερό στό λέβητα.

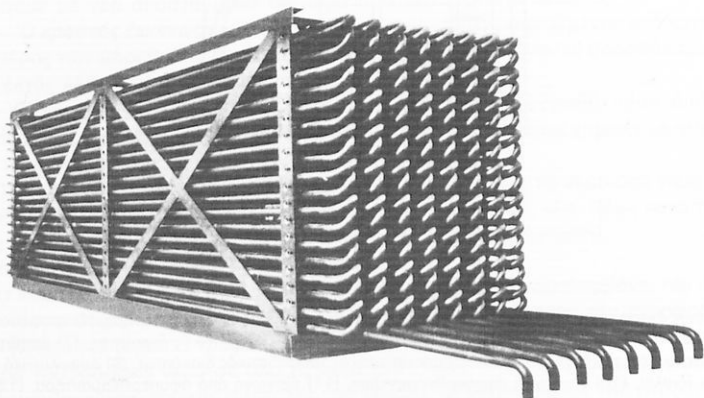
Σέ νωύτερες έγκαταστάσεις ατμοστροβίλων χρησιμοποιούνται καί οί **ένιαχυτικές άντλίες τροφοδοτήσεως**, οί όποιες άναρροφούν τό τροφοδοτικό νερό από τήν **έξαεριστική δεξαμενή**, πού λέγεται καί **θερμοδοχείο**, καί τό καταθλίβουν μέ πίεση στην άναρρόφηση τής κύριας τροφοδοτικής άντλίας, ή όποία τό εισάγει στό λέβητα.

Γενικά οι τροφοδοτικές αντλίες είναι ατμοκίνητες ή ηλεκτροκίνητες. Οι ατμοκίνητες έμβολοφόρες είναι γνωστές κοινώς με την ονομασία «*ίππάρια*».

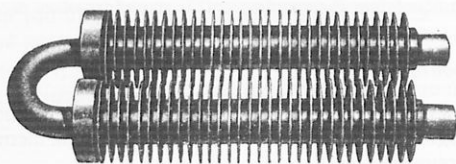
γ) Οικονομητήρας τροφοδοτικού νερού.

Είναι συσκευή με πολλούς αύλους, ή οποία τοποθετείται στον καπνοθάλαμο του λέβητα. Στο εξωτερικό των αύλων περνούν τά καυσάερια του λέβητα, προτού εισέλθουν στην καπνοδόχο, ενώ μέσα κυκλοφορεί τό τροφοδοτικό νερό, τό οποίο έτσι προθερμαίνεται. Μ' αυτόν τόν τρόπο ένα μέρος των θερμίδων των καυσαερίων, οι οποίες θά χανόντουσαν από τήν καπνοδόχο, εξοικονομούνται καί επανέρχονται στό λέβητα, μέ άποτέλεσμα νά αύξάνει ή απόδοσή του.

Στό σχήμα 3.8α εικονίζεται ένας οικονομητήρας νερού πρίν τοποθετηθεί στον καπνοθάλαμο.



Σχ. 3.8α.



Σχ. 3.8β.

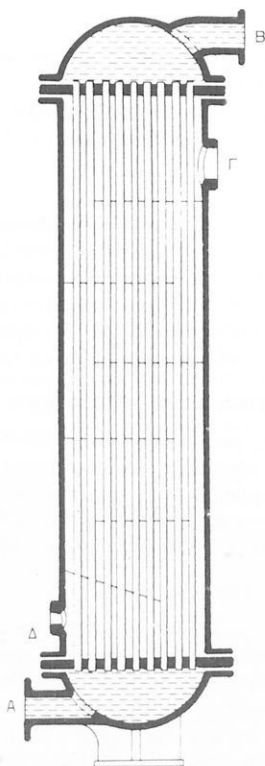
Στό σχήμα 3.8β διακρίνονται οι αύλοι άλλου τύπου οικονομητήρα, οι οποίοι περιβάλλονται από περυγωτούς δακτύλιους, ώστε νά παρουσιάζουν μεγάλη επιφάνεια καί νά άπορροφούν από τά καυσάερια μεγαλύτερη θερμότητα.

Οί οικονομητήρες τοποθετούνται κατά κανόνα σέ ύδραυλούς λέβητες μεγάλης άτμοπαραγωγής.

δ) Προθερματήρας τροφοδοτικού νερού.

Είναι συσκευή που στην κατασκευή της μοιάζει με τό ψυγείο τῆς μηχανῆς καί χρησιμεύει καί αὐτή γιά νά προθερμαίνει τό τροφοδοτικό νερό.

Συνήθως ἀποτελεῖται ἀπό πλάκες, αὐλούς, κέλυφος καί πώματα, δηλαδή ὅπως καί τό ψυγείο περίπου (σχ. 3.8γ).



Σχ. 3.8γ.

(Α) Εἴσοδος νεροῦ, (Β) ἔξοδος νεροῦ, (Γ) εἴσοδος ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος πραγματοποιεῖ κυματοειδή διαδρομή λόγω τῶν διαφραγμάτων, (Δ) ἔξαγωγή συμπυκνώματος.

Ἡ διαφορά τοῦ προθερμαντήρα ἀπό τόν οἰκονομητήρα εἶναι ὅτι ὡς μέσο θερμάνσεως τοῦ νεροῦ ὁ προθερμαντήρας χρησιμοποιεῖ τίς ἐξατμίσεις τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων, ἡ θερμότητα τῶν ὁποίων θά χανόταν στό ψυγείο. Τό νερό κυκλοφορεῖ μέσα στούς αὐλοῦς ἐνῶ ἐξωτερικά οἱ αὐλοὶ περιβάλλονται ἀπό τίς ἐξατμίσεις.

Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων υπάρχουν δύο έως τέσσερις προθερμαντήρες. Τό τροφοδοτικό νερό τότε περνά από τόν πρώτο προθερμαντήρα, όπου προθερμαίνεται από τίς εξατμίσεις τών βοηθητικών μηχανημάτων. Κατόπιν περνά διαδοχικά από τό δεύτερο, τρίτο, τέταρτο προθερμαντήρα, οί όποιοι θερμαίνονται μέ άτμό, πού άπομαστεύεται από τίς διάφορες ένδιάμεσες διαβαθμίσεις του άτμοστρόβιλου.

ε) Οί άντλίες πετρελαίου.

Εΐναι άντλίες πού άναρροφούν τό πετρέλαιο καύσεως από τήν πετρελαιοδεξαμενή καί τό καταθλίβουν μέ πίεση στους καυστήρες, γιά νά καεί στήν έστία. Πρίν καί μετά τίς άντλίες πετρελαίου τοποθετούνται **φίλτρα**, γιά νά συγκρατούν τυχόν άκαθαρσίες του πετρελαίου καί **θλιβόμετρα**, γιά τόν έλεγχο τής πίεσεώς του.

στ) Οί μηχανικές σχάρες.

Εΐναι κινητές σχάρες, πού πάνω τους καίγεται ό γαιάνθρακας σέ κανονικές ποσότητες. Κινούνται μέ ταχύτητα άνάλογη μέ τήν έπιθυμητή άτμοπαραγωγή. Οί μηχανικές σχάρες αποτελούνται από ταινίες πού κινούνται συνεχώς γύρω από δύο τροχαλίες (όπως π.χ. οί άλυσίδες τών τρακτέρ) καί λέγονται **άτέρμονες σχάρες** ή από πλάκες πού κινούνται παλινδρομικά γιά τήν άνακίνηση καί προώθηση του γαιάνθρακα, όποτε λέγονται **κλιμακωτές** ή σχάρες **προώσεως**.

ζ) Αυτόματοι τροφοδότες γαιάνθρακα - Μηχανήματα κονιοποιήσεως αυτού.

Τήν έργασία τής άντλίας πετρελαίου στους γαιανθρακολέβητες μέ μηχανική σχάρα έκτελεί τό σύστημα αυτόματης τροφοδοτήσεως τής σχάρας μέ γαιάνθρακα πού έχει τό κατάλληλο τυποποιημένο μέγεθος. Στίς εγκαταστάσεις κονιοποιημένου γαιάνθρακα τήν τροφοδότηση πραγματοποιεί ό μύλος, ό όποιος έφοδιάζεται καί μέ άνεμιστήρα, πού καταθλίβει τό μίγμα άέρα-σκόνης πρός τούς καυστήρες.

η) Προθερμαντήρας πετρελαίου.

Χρησιμεύει, γιά νά προθερμαίνει τό πετρέλαιο, πρίν φθάσει στους καυστήρες. Τό πετρέλαιο καταθλίβεται από τήν άντλία καί πρίν φθάσει στους καυστήρες, περνά από τόν προθερμαντήρα πετρελαίου, πού άποτελείται από αλούς, μέσα στους όποιους κυκλοφορεί πετρέλαιο καί άπ' έξω άτμός. Κατ' αυτόν τόν τρόπο τό πετρέλαιο γίνεται λεπτόρρευστο καί ψεκάζεται καλύτερα μέ τούς καυστήρες. Πρίν καί μετά τόν προθερμαντήρα πετρελαίου τοποθετούνται θερμόμετρα γιά τόν έλεγχο τής θερμοκρασίας είσόδου καί έξόδου του πετρελαίου καί θλιβόμετρο άτμου γιά τόν έλεγχο τής πίεσεως του άτμου, ό όποιος χρησιμοποιείται γιά τήν προθέρμανση.

θ) Άντλία πετρελαίου άρχικού άνάμματος.

Εΐναι μικρή ήλεκτροκίνητη ή χειροκίνητη άντλία, μέ τήν όποία τροφοδοτείται άρχικά ειδικός καυστήρας άνάμματος του λέβητα, όταν ή εγκατάστασή είναι έκτός λειτουργίας καί δέν υπάρχει άτμός, γιά νά κινηθούν οί άντλίες πετρελαίου τής κανονικής λειτουργίας.

ι) Άνεμιστήρες τεχνητού έλκυσμού.

Υπάρχουν δύο ειδών: α) Αυτοί που άναρροφούν ατμοσφαιρικό άέρα καί τόν στέλνουν στους κώνους τών καυστήρων του πετρελαιολέβητα ή κάτω από τίς σχάρες του γαιανθρακολέβητα γιά τήν καύση του πετρελαίου ή του γαιάνθρακα άντιστοίχως καί καλούνται **καταθλιπτικοί** άνεμιστήρες καί β) αυτοί που άναρροφούν τά καυσαέρια από τήν καπνοδόχο καί τά όδηγούν προς τήν ατμόσφαιρα δημιουργώντας έτσι τό ρεύμα του έλκυσμού καί καλούνται **άναρροφητικοί** άνεμιστήρες.

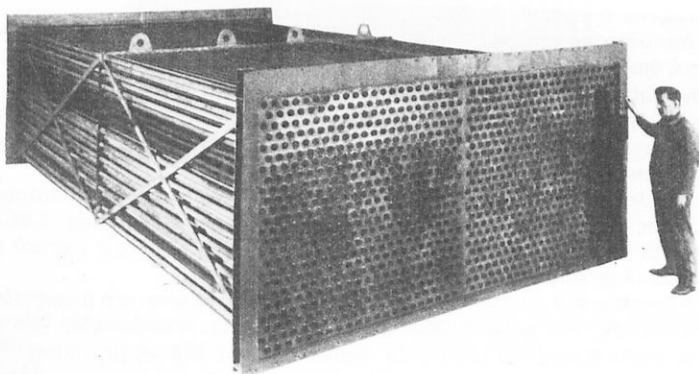
Σέ σύγχρονες έγκαταστάσεις γίνεται συνδυασμένη χρήση άναρροφητικών καί καταθλιπτικών άνεμιστήρων.

Στήν παράγραφο 3.10 όπου περιγράφονται τά διάφορα συστήματα τεχνητού έλκυσμού συγχρόνων έγκαταστάσεων, φαίνεται ή τοποθέτηση τών άνεμιστήρων.

ια) Προθερμαντήρας άέρα.

Είναί συσκευή, γιά τήν προθέρμανση του καυσιγόνου άέρα. Άποτελείται συνήθως από πολλούς αύλους ή από κυματοειδή έλάσματα. Ό προθερμαντήρας τοποθετείται στον καπνοθάλαμο του λέβητα. Έξω από τούς αύλους ή τίς κυψέλες, που σχηματίζουν τά έλάσματα, περνούν τά καυσαέρια, ενώ μέσα κυκλοφορεί άέρας, ό όποιος έτσι προθερμαίνεται καί μέ τήν προθέρμανσή του αυτή υποβοηθεί πολύ τήν καλή καύση.

Μέ τόν προθερμαντήρα άέρα εξοικονομούνται ταυτοχρόνως καί θερμίδες από κείνες, που μέ τά καυσαέρια όδηγούνται προς τήν ατμόσφαιρα γιατί μέ τήν προθέρμανση ξαναπαίνουν στήν έστία καί αύξάνεται έτσι ή άπόδοση του λέβητα.



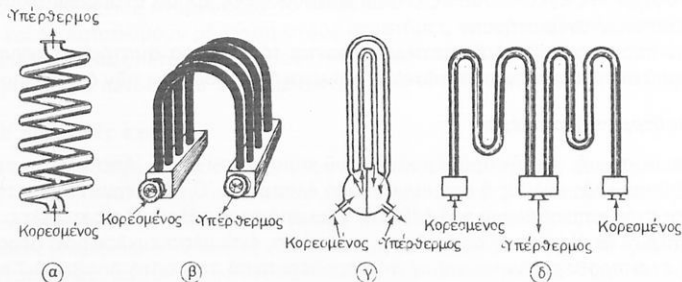
Σχ. 3.8δ.

Τό σχήμα 3.8δ παριστάνει έναν όριζόντιο αύλωτό προθερμαντήρα άέρα κατασκευής Sulzer.

Τελευταία χρησιμοποιούνται καί προθερμαντήρες άέρα μέ άτμό καθώς έπίσης καί περιστρεφόμενοι τύπου Ljungstrom.

ιβ) Ο υπερθερμαντήρας και ο άφυπερθερμαντήρας ατμού.

Οί συνηθισμένες μορφές υπερθερμαντήρα, ο οποίος χρησιμοποιείται για να υπερθερμαίνει τον ατμό εικονίζονται στο σχήμα 3.8ε και είναι κατά σειρά οι εξής: α) με έναν αυλό οφιοειδούς σχήματος, β) με πολλούς αυλούς σχήματος U και δύο χωριστούς συλλέκτες, γ) με αυλούς σχήματος U και κοινό συλλέκτη που χωρίζεται στα δύο με τη βοήθεια ενός διαφράγματος και δ) με πολλούς οφιοειδείς αυλούς χωριστούς συλλέκτες κορεσμένου ατμού και κοινό συλλέκτη υπέρθερμου. Το σχήμα 3.8στ δείχνει έναν υπερθερμαντήρα κατασκευής Sulzer.



Σχ. 3.8ε.

Σέ όλες τις περιπτώσεις ο ατμός του λέβητα περνά μέσα από τους αυλούς, ενώ απ' έξω κυκλοφορούν τά καυσάερια, ώστε ο ατμός να γίνεται στην αρχή ξερός γιατί εξατμίζεται ή υγρασία του και κατόπιν να υπερθερμαίνεται.

Σέ όρισμένες περιπτώσεις οί αυλοί του υπερθερμαντήρα κατασκευάζονται περυγωτοί, όπως περίπου του οικονομητήρα με σκοπό νά αύξηθει ή επιφάνεια υπερθερμάνσεως και νά βελτιωθεί ή απόδοση της συσκευής.

Στους υδραυλωτούς λέβητες οί υπερθερμαντήρες τοποθετούνται ή στον καπνοθάλαμο, όποτε λέγονται έξωτερικοί, ή μεταξύ των άτμογόνων αυλών, όποτε λέγονται **έσωτερικοί** ή **παρεντιθέμενοι**.

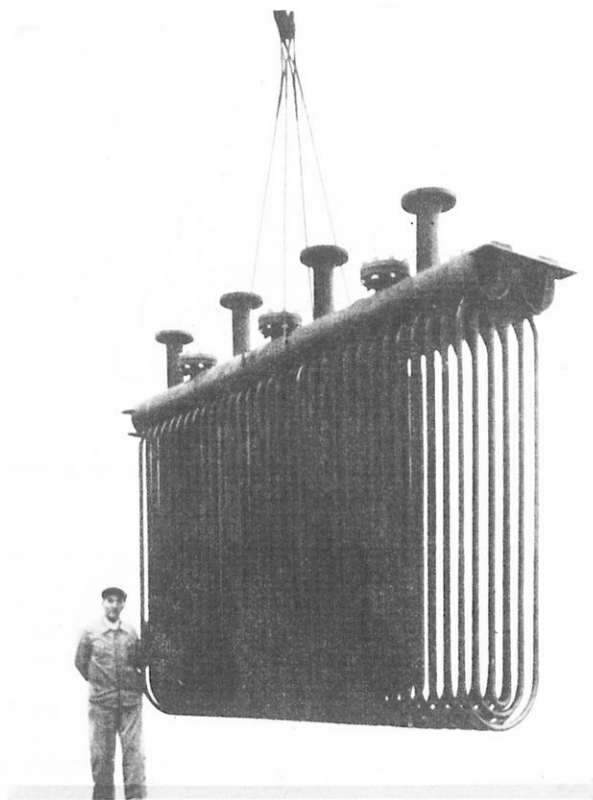
Στους φλογαυλωτούς τοποθετούνται στον καπνοθάλαμο, στο φλογοθάλαμο ή μέσα στους άεριοαυλούς, όπως ο υπερθερμαντήρας τύπου Smidth (σχ. 3.8ζ).

Στους σύγχρονους λέβητες υπέρθερμου ατμού υπάρχει πάντοτε σχετικό σύστημα για νά ρυθμίζει τή θερμοκρασία του υπέρθερμου.

Ένα συνηθισμένο σύστημα είναι εκείνο στο όποιο προβλέπεται ή ύπαρξη ιδιαίτερης συσκευής, που καλείται **άφυπερθερμαντήρας**. Αύτός άποτελείται από αυλούς, οί όποιοι βρίσκονται μέσα στον ύδροθάλαμο του λέβητα (σχ. 3.8η).

Μέσα από τους αυλούς του άφυπερθερμαντήρα περνά ένα ποσοστό από τον υπέρθερμο ατμό του λέβητα. Ό ατμός αυτός προθερμαίνει τό νερό του ύδροθαλάμου, ενώ ο ίδιος χάνει λίγη, πολλή, ή καί όλόκληρη τήν υπερθέρμανσή του. Η όλη διαδικασία της τροφοδοτήσεως, προθερμάνσεως του νερού, παραγωγής κορεσμένου, υπερθερμάνσεως καί άφυπερθερμάνσεως φαίνεται στο σχήμα 3.8θ.

Άλλοι τρόποι ρυθμίσεως της θερμοκρασίας του υπέρθερμου ατμού είναι οί εξής:



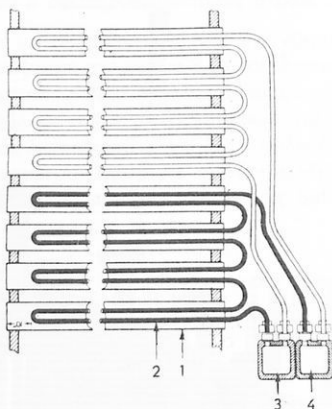
Σχ. 3.8στ.

— **Μέ καπνοφράκτες.** Αυτός ο τρόπος χρησιμοποιείται σέ δσους λέβητες ό ύπερθερμαντήρας τοποθετείται κοντά στή μία δέσμη αϋλών.

— Μέ ράντισμα τοϋ άτμοϋ μέ νερό.

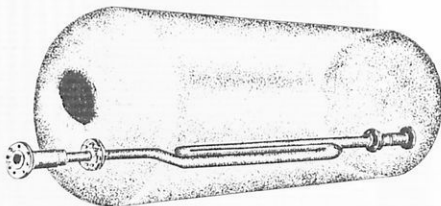
— Μέ άνάμιξη στόν ύπέρθερμο μικρής ποσότητας κορεσμένου άτμοϋ, όποτε τό τελικό μίγμα καταλήγει ώς ύπέρθερμος μέ χαμηλότερη θερμοκρασία.

— Σέ όρθιους λέβητες άκτινοβολίας, οί όποιοι καίνε κονιοποιημένο γαιάνθρακα ύπάρχει ή δυνατότητα μεταβολής τής θέσεως τών καυστήρων. Έτσι είναι δυνατόν οί φλόγες νά κατευθύνονται πρός τό δάπεδο ή πρός τόν οϋρανό τής έστίας, όπου καί βρίσκεται ο ύπερθερμαντήρας, μέ άποτέλεσμα νά παίρνομε άπ' αϋτόν ύπέρθερμο άτμό τής έπιθυμητής θερμοκρασίας (σχ. 3.8ι).

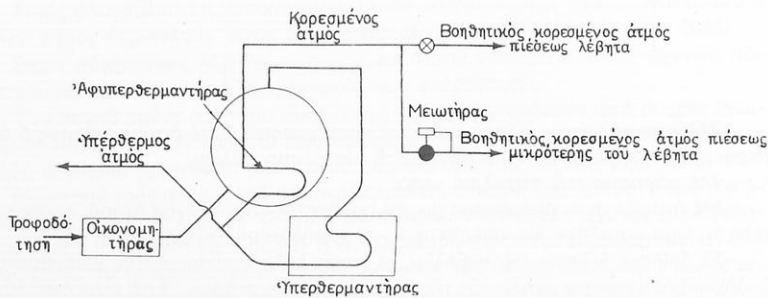


Σχ. 3.8ζ.

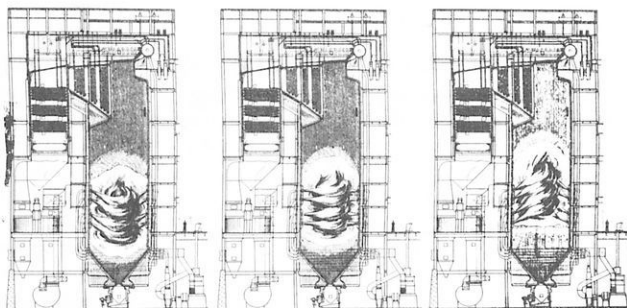
(1) Φλογαυλοί του λέβητα. (2) Αύλοι υπερθερμαντήρα. (3) Συλλέκτης κεκορεσμένου ατμού. (4) Συλλέκτης υπέρθερμου ατμού.



Σχ. 3.8η.



Σχ. 3.8θ.



Σχ. 3.8i.

3.9 Έπεξεργασία του τροφοδοτικού νερού των λεβήτων.

α) Γενικά.

Τροφοτικό νερό ονομάζεται τό νερό, μέ τό όποίο τροφοδοτείται ό λέβητας καί τό όποίο μετατρέπεται σέ άτμό.

Τό τροφοδοτικό νερό δέν εΐναι πάντοτε καθαρό, άλλά μπορεί νά περιέχει διάφορες έπιβλαβείς ούσίες, όπως:

— **Άλατα**, τά όποία σχηματίζουν τό λεβητόλιθο στίς έπιφάνειες του ύδροθάλαμου.

— **Πετρέλαια**, τά όποία προέρχονται από τυχαία διαρροή του προθερμαντήρα πετρελαίου.

— **Λάδια λιπάνσεως**, τά όποία παρασύρει ό άτμός από τούς κυλίνδρους τών μηχανών καί τών βοηθητικών μηχανημάτων.

— **Διαλυμένο όξυγόνο**, τό όποίο προέρχεται από διάλυση του άτμοσφαιρικού άερα μέσα στό τροφοδοτικό νερό όταν αυτό βρίσκεται μέσα στίς δεξαμενές.

— **Σκουριές**, πού προέρχονται από τά μέταλλα, μέ τά όποία έρχεται σέ έπαφή τό νερό.

Οί κατηγορίες νερού, τό όποίο χρησιμοποιείται γιά τήν τροφοδότηση τών λεβήτων, εΐναι τό **άποσταγμένο νερό**, τό **πηγαίο** καί τό **θαλασσινό**.

Άποσταγμένο λέγεται τό νερό, τό όποιο παράγουν ειδικές συσκευές, οί **βραστήρες** ή **άποστακτήρες**, καί δέν περιέχει άλατα.

Ό άτμός του λέβητα, από όποιαδήποτε νερό καί άν έχει παραχθεί, άφου χρησιμοποιηθεί στή μηχανή πηγαίνει πρός τό ψυγείο, μέσα στό όποιο θά συμπυκνωθεί ξανά σέ νερό άποσταγμένο. Αυτό τό λέμε **συμπύκνωμα** καί τό χρησιμοποιούμε σέ συνεχές κύκλωμα γιά τήν τροφοδότηση του λέβητα.

Πηγαίο λέγεται τό νερό τών πηγών καί τών ποταμών. Τό νερό τής βροχής εΐναι καθαρό άποσταγμένο νερό, άλλά, όπως τρέχει πάνω στήν έπιφάνεια τής γής ή κάτω άπ΄ αυτήν, παρασύρει καί διαλύει διάφορα άλατα, **χλωριούχα**, **θειικά**, **άσβε-**

στούχα κλπ., τά όποία κατόπιν θά έχουν δυσάρεστα άποτελέσματα γιά τό λέβητα.

Θαλασσινό νερό βρίσκεται στή φύση σέ τεράστιες ποσότητες, περιέχει όμως μεγάλη ποσότητα άλάτων, **κυρίως χλωριούχο νάτριο** (μαγειρικό άλάτι) καί **χλωριούχο μαγνήσιο**, τά όποία τό καθιστούν άκατάλληλο νά χρησιμοποιηθεί στους λέβητες.

β) 'Η πυκνότητα τών άλάτων του τροφοδοτικού νερού.

Κατά τή λειτουργία του λέβητα παρουσιάζεται συνεχής αύξηση τής πυκνότητας τών άλάτων του ύδροθάλαμου, γιατί ή νέα ποσότητα νερού, πού εισέρχεται στό λέβητα, μετατρέπεται σέ άτμό, ενώ τά άλατα πού περιείχε παραμένουν στον ύδροθάλαμο. Έτσι, όταν χρησιμοποιείται συνεχώς νέο νερό, όπως π.χ. στίς άτμομηχανές τών σιδηροδρόμων, ή όταν άκόμη συμπληρώνεται τό τροφοδοτικό κύκλωμα μέ νέο νερό πρός άναπλήρωση τών άπωλειών, αυξάνεται συνεχώς τό ποσό τών άλάτων του ύδροθάλαμου, δηλαδή αυξάνεται ή πυκνότητα του νερού του ύδροθάλαμου.

γ) 'Η επίδραση τών ξένων ουσιών του τροφοδοτικού νερού στό λέβητα.

Άπό τίς έπιβλαβείς ουσίες, πού αναφέραμε, τά διάφορα είδη άλάτων σχηματίζουν πάνω στίς έσωτερικές επιφάνειες του ύδροθάλαμου τό **λεβητόλιθο**, ό όποιος άλλοτε είναι σκληρός καί άλλοτε πολτώδης, ανάλογα μέ τήν ποιότητα τών άλάτων.

Ό λεβητόλιθος είναι δυσθερμαγωγή ουσία καί, όταν κολλήσει στήν επιφάνεια του ύδροθάλαμου, έμποδίζει τή μετάδοση τής θερμότητας πρός τό νερό μέ συνέπεια πολλές άνωμαλίες στή λειτουργία του λέβητα. 'Η σοβαρότερη άνωμαλία είναι ότι ή θερμότητα, επειδή δέν μεταδίδεται στό νερό, συγκεντρώνεται στό ύλικό τής θερμαινόμενης επιφάνειας, ή όποία έτσι υπερθερμαίνεται, μερικές φορές έρυθροπυρώνεται, διογκώνεται καί μέ τή διόγκωση σπάει τό λεβητόλιθο. Τότε τό έρυθροπυρωμένο ύλικό έρχεται σ' έπαφή μέ τό νερό καί συστέλλεται άπότομα, ενώ άναπτύσσεται υπερβολική πίεση λόγω τής τοπικής μεγάλης έξατμίσεως. Άμεσο άποτέλεσμα αυτών είναι νά σπάσει τό ύλικό, του αύλου π.χ., ή καί νά γίνει μεγαλύτερη έκρηξη του λέβητα.

Έκτός άπ' αυτά, όρισμένα άπό τά άλατα σχηματίζουν **όξέα**, τά όποία καταστρέφουν τά μεταλλικά τοιχώματα του ύδροθάλαμου.

Τά πετρέλαια καί οι λιπαρές ουσίες σχηματίζουν πάνω στίς επιφάνειες του ύδροθάλαμου τίς λεγόμενες **έπικαθήσεις**, οι όποιες είναι έξ ίσου δυσθερμαγωγές. Έπειδή μάλιστα είναι έλαφρότερες, άνεβαίνουν καί έπιπλούν στή στάθμη του νερού. Σχηματίζουν έτσι ένα στρώμα έλαιωδών ουσιών, πού έμποδίζει τήν άτμοπαραγωγή καί προκαλεί έντονη διαταραχή τής άτμοποιήσεως, **τήν άνάβραση**, ή όποία είναι πολύ επικίνδυνη. 'Η άνάβραση προκαλείται επίσης καί άπό τή μεγάλη πυκνότητα άλάτων του ύδροθάλαμου.

Τό όξυγόνο καί τά διάφορα όξέα, πού μπορεί νά περιέχει τό νερό, ύποβοηθοϋν πολύ τή **διάβρωση**, δηλαδή τήν καταστροφή τής μεταλλικής επιφάνειας του λέβητα.

Ἡ διάβρωση αὐτὴ πραγματοποιεῖται συχνὰ καὶ ἀπὸ **ἠλεκτρόλυση**, ἡ ὁποία συμβαίνει μέσα στὸ λέβητα καὶ ἡ ὁποία εἶναι, τόσο ἐντονότερη, ὅσο πιο ἀκάθαρτο εἶναι τὸ νερὸ τοῦ ὑδροθάλαμου.

δ) Ἡ χημικὴ ἐπεξεργασία τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ.

Γιὰ νὰ ἐξουδετερωθεῖ ἡ ἐπίδραση τῶν ἐπιβλαβῶν οὐσιῶν, χρησιμοποιοῦνται κυρίως διάφορες χημικὲς οὐσίες ἀπὸ αὐτές, πού ἡ χημεῖα ὀνομάζει **ἀλκαλικές**.

Οἱ οὐσίες αὐτές εἶναι κυρίως ἡ **σόδα**, ὁ **ἀσβέστης** καὶ ἡ **καυστικὴ σόδα** σέ διάφορες ἀναλογίες, χρησιμοποιοῦνται δέ σύμφωνα μὲ ὀρισμένες συνταγές ἀνάλογα μὲ τὴν κατάστασι τοῦ νεροῦ.

Οἱ ἴδιες οὐσίες ὑπάρχουν στὸ ἐμπόριο μὲ διάφορες ἐμπορικὲς ὀνομασίες, καὶ καθεμιά συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ὁδηγίες χρήσεως.

Μέ τὴ χρήση αὐτῶν τῶν οὐσιῶν ἐξουδετερώνεται ἡ ἐπίδραση τῶν ὀξέων, προλαμβάνεται ὁ σχηματισμὸς τοῦ σκληροῦ λεβητόλιθου ἢ μετατρέπεται αὐτός σέ πολτώδη ὁπότε ἀφαιρεῖται εὐκόλα ἀπὸ τὸ λέβητα μὲ τὸν κρουνοῦ ἐξαγωγῆς.

Προλαμβάνονται ἐπίσης οἱ διαβρώσεις τοῦ λέβητα καὶ ἐξουδετερώνονται οἱ λιπαρές οὐσίες, οἱ ὁποῖες μετατρέπονται σέ ἀφρό, πού ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸ λέβητα μὲ τὸν κρουνοῦ ἐξαφρίσεως.

Γιὰ νὰ ἀποφευχθεῖ ἡ ἠλεκτρόλυση τέλος, χρησιμοποιοῦνται κομμάτια καθαροῦ ψευδάργυρου, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται μέσα στὸν ὑδροθάλαμο. Ὁ ψευδάργυρος ἀπορροφᾷ τὰ ἠλεκτρολυτικὰ ρεύματα καὶ καταστρέφεται ὁ ἴδιος καὶ ἔτσι προστατεύει τὴ μεταλλικὴ ἐπιφάνεια τοῦ λέβητα.

ε) Οἱ μετρήσεις τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ.

Οἱ διάφορες χημικὲς μετρήσεις, πού χρειάζονται γιὰ νὰ διαπιστωθεῖ ἡ κατάστασι τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ καὶ νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀνάλογα οἱ χημικὲς οὐσίες, ἐκτελοῦνται μὲ εἰδικές συσκευές μετρήσεων καὶ εἶναι οἱ ἑξῆς:

Ἡ μέτρηση τῆς **πυκνότητος** προσδιορίζεται ἡ συνολικὴ ποσότητα ἀλάτων στὸ νερὸ τοῦ ὑδροθάλαμου.

Ἡ μέτρηση τῆς **ἀλκαλικότητος** προσδιορίζεται ἂν τὸ νερὸ εἶναι ὀξινο ἢ ἀλκαλικὸ καὶ πόσο.

Ἡ μέτρηση τῆς **χλωρίνης** ὑπολογίζεται τὸ ποσοστὸ τῶν χλωριούχων ἀλάτων. Πρέπει νὰ σημειωθεῖ ὅτι τὸ χλώριο εἶναι ἰδιαίτερα ἐπιβλαβές γιὰ τὸν ὑδροθάλαμο καὶ γενικότερα γιὰ ὅλη τὴν ἐγκατάστασι.

Ἡ μέτρηση **ὀξυγόνου** προσδιορίζεται τὸ ποσοστὸ τοῦ ὀξυγόνου πού εἶναι διαλυμένο στὸ νερὸ.

Ἡ μέτρηση τῆς **σκληρότητος** προσδιορίζεται τὸ ποσοστὸ τῶν ἀλάτων πού περιεῖχει τὸ νερὸ καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν τὸ λεβητόλιθο.

Ἡ ἐργασία τῶν μετρήσεων γίνεται πάντοτε μὲ μεγάλη προσοχὴ καὶ μὲ ὄργανα ἀκριβείας ἀπὸ ἐπιστήμονα χημικὸ ἢ ἀπὸ τὸν ὑπεύθυνον μηχανικὸ τῆς ἐγκαταστάσεως καὶ εἶναι ἀπὸ τίς σοβαρότερες ἐργασίες γιὰ τὴν καλὴ λειτουργία καὶ συντήρησι τοῦ λέβητα καὶ τῆς ὅλης γενικῆς ἀτμομηχανικῆς ἐγκαταστάσεως. Ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν τῶν μετρήσεων κανονίζομε ποιὲς χημικὲς οὐσίες θὰ προσθέσομε στὸ λέβητα καὶ πόσο ἀπὸ τὴν καθεμιά, γιὰ νὰ ἐξουδετερώσομε τὴν ἐπίδραση τῶν ἐπιβλαβῶν οὐσιῶν.

3.10 Έλκυσμός — Καπνοδόχοι λεβήτων.

α) Γενικά.

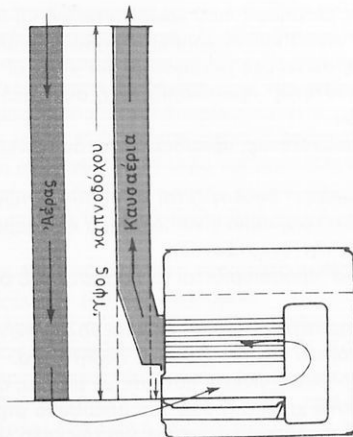
Ο **Έλκυσμός** ονομάζεται ή δημιουργία ρεύματος του αέρα, με τό όποιο άφ' ενός μέν μπαίνει στό θερμαντήρα του λέβητα ή αναγκαία ποσότητα άέρα, πού χρειάζεται-ται γιά τήν καύση, άφ' έτέρου δέ βγαίνουν τά καυσαέρια πρós τήν ατμόσφαιρα.

Όταν τό ρεύμα του άέρα δημιουργείται κατά φυσικό τρόπο, δηλαδή μόνο άπό τά θερμά καυσαέρια τής καπνοδόχου, τότε ό έλκυσμός λέγεται **φυσικός**. Όταν δημιουργείται μέ τεχνητά μέσα, λέγεται **τεχνητός**. Σέ όλες τίσ εγκαταστάσεις μεγάλης ίπποδυνάμεως χρησιμοποιείται σχεδόν γενικά ό τεχνητός έλκυσμός.

β) Φυσικός έλκυσμός.

Ο φυσικός έλκυσμός δημιουργείται άπό τή διαφορά βάρους, πού ύπάρχει μεταξύ δύο στηλών μέ τίσ ίδιες διαστάσεις. Δηλαδή μιάς στήλης πού έχει διατομή καί ύψος όσο καί ή καπνοδόχος, ή όποία περιέχει τά θερμά καυσαέρια, καί μιάς άλλης ύποθετικής στήλης, ή όποία έχει τίσ ίδιες διαστάσεις μέ τήν πρώτη, περιέχει όμως φυσικό ατμοσφαιρικό άέρα.

Τά καυσαέρια, έπειδή έχουν θερμοκρασία 200°C έως 350°C, είναι πολύ ελαφρότερα άπό τόν άέρα καί γι αυτό άνέρχονται πρós τήν έξοδο τής καπνοδόχου, ενώ ό βαρύτερος ατμοσφαιρικός άέρας τής ύποθετικής στήλης τείνει νά καταλάβει τό κενό, πού δημιουργείται άπό τά έξερχόμενα καυσαέρια. Εισέρχεται λοιπόν στό λέβητα καί έτσι δημιουργείται τό ρεύμα εξόδου καυσαερίων — εισόδου ατμοσφαιρικού άέρα. δηλαδή τό ρεύμα φυσικού έλκυσμού (σχ. 3.10α).



Σχ. 3.10α.

Τό ρεύμα αυτό είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο ψηλότερη είναι ή καπνοδόχος καί μεγαλύτερη ή θερμοκρασία των καυσαερίων τής καπνοδόχου. Γιαυτό καί ή καπνο-

δόχος κατασκευάζεται όσο γίνεται ψηλότερη αλλά βέβαια μέσα στα όρια, πού αναφέρονται στην παράγραφο 3.10στ.

Ο φυσικός έλκυσμός έχει τό μειονέκτημα ότι επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες. Όταν δηλαδή ο καιρός είναι ξερός, τότε ο έλκυσμός είναι ισχυρότερος, ενώ γίνεται ασθενέστερος, όταν ο καιρός μεταβάλλεται σέ υγρό ή βροχερό.

Ο φυσικός έλκυσμός χρησιμοποιήθηκε γιά πολλά χρόνια καί χρησιμοποιείται ακόμη καί σήμερα σέ μικρές εγκαταστάσεις, γιατί έχει τό πλεονέκτημα τής φθηνότερης εγκατάστασews, αφού δέν υπάρχουν ιδιαίτερα μηχανήματα, τά όποια απαιτεί ό τεχνητός έλκυσμός.

ν) Τεχνητός έλκυσμός.

Ο **τεχνητός ή βεβιασμένος** (ανάγκαστικός) έλκυσμός δημιουργείται μέ ιδιαίτερα μηχανήματα, τά όποια λέγονται **άνεμιστήρες**.

Σκοπός του τεχνητού έλκυσμού είναι νά παρέχει στήν έστία μεγαλύτερη ποσότητα άέρα από κείνη, πού παρέχει ό φυσικός έλκυσμός. Έτσι ό λέβητας καίει μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου καί παράγει περισσότερο άτμό. Ο τεχνητός έλκυσμός έπομένως συντελεί στήν αύξηση του **βαθμού καύσεως καί του βαθμού άτμοπαραγωγής του λέβητα**.

Άλλα πλεονεκτήματα του τεχνητού έλκυσμού είναι τά εξής:

— Μέ τήν αύξηση του βαθμού άτμοπαραγωγής ό λέβητας γίνεται **έλαφρότερος** από άλλον πού έχει τόν ίδιο τύπο καί τήν ίδια άτμοπαραγωγή, αλλά λειτουργεί μέ φυσικό έλκυσμό.

— Δημιουργεί **οικονομία σέ καύσιμα**, γιατί στόν τεχνητό έλκυσμό ρυθμίζεται μέ τήν ταχύτητα των άνεμιστήρων ή άκριβής ποσότητα άέρα μέ άποτέλεσμα τήν καλύτερη καύση στήν έστία καί τή βελτίωση τής άποδόσεως του λέβητα.

— Έπιτρέπει νά παρεμβάλλομε στό ρεύμα του άέρα συσκευές, όπως π.χ. **προθερμαντήρες άέρα, οικονομητήρες νερού, υπερθερμαντήρες άτμου**, οι όποιες άποτελούν μέν έμπόδια στό δρόμο των καυσαερίων, συντελούν όμως στήν αύξηση τής άποδόσεως του λέβητα.

— Δέν **έξαρτάται από τό ύψος** τής καπνοδόχου καί δέν επηρεάζεται από τις **καιρικές συνθήκες**, όπως ό φυσικός έλκυσμός.

Αντιθέτως όμως ό τεχνητός έλκυσμός έχει, καί όρισμένα μειονεκτήματα:

— **Έξαρτάται από τήν καλή λειτουργία των άνεμιστήρων** καί είναι **κουραστικός γιά τό προσωπικό**, ιδίως σέ γαιανθρακολέβητες, αφού σέ κάθε τετραγωνικό μέτρο τής σχάρας του λέβητα καίγεται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου σέ σύγκριση μέ τό φυσικό έλκυσμό.

— Απαιτεί **ισχυρή κατασκευή** του λέβητα, έπειδή στήν έστία αναπτύσσονται ύψηλές θερμοκρασίες καί γι αυτό δημιουργούνται καί έντονες διαστολές στα διάφορα μέρη του λέβητα.

δ) Τά διάφορα συστήματα φυσικού καί τεχνητού έλκυσμού.

Αυτά διακρίνονται σέ δύο βασικές κατηγορίες.

1) **Βεβιασμένης (ανάγκαστικής) εξαγωγής των αερίων**. Αύτή πραγματοποιείται μέ τις εξής μεθόδους:

— Στέλνουμε **πεπιεσμένο αέρα στη βάση της καπνοδόχου**. Έτσι δημιουργείται μία αναρροφητική δύναμη που τραβά τα καυσαέρια προς την ατμόσφαιρα με μεγαλύτερη ταχύτητα με αποτέλεσμα και η είσαγωγή του αέρα στην έστιά να γίνεται έντονότερη.

— Στέλνουμε **ατμό στη βάση της καπνοδόχου**. Αυτή η μέθοδος μοιάζει με την προηγούμενη και χρησιμοποιείται στους ατμοκίνητους σιδηροδρόμους, ή εξάτμιση των οποίων χρησιμοποιείται γιαυτό το σκοπό.

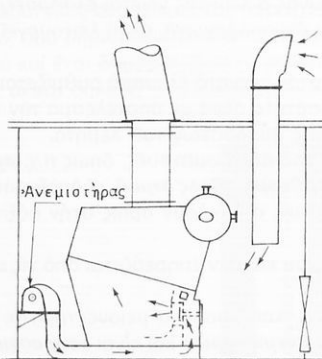
— Τοποθετούμε **αναρροφητικό ανεμιστήρα** στη βάση της καπνοδόχου· η μέθοδος αυτή λέγεται και σύστημα Ellis-Eaves.

2) **Βεβιασμένης εισαγωγής**, ή οποία πραγματοποιείται με τις εξής μεθόδους:

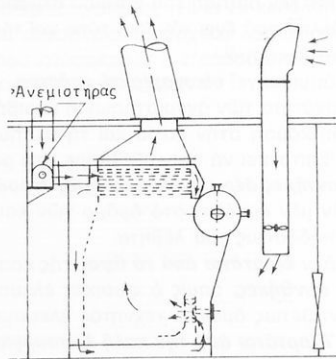
— Το σχήμα 3.10β παριστάνει το λεγόμενο σύστημα Howden.

Παρατηρούμε ότι ο ανεμιστήρας καταθλίβει με ιδιαίτερο όχετό τόν αέρα στην πρόσοψη της έστίας. Αυτή είναι κατασκευασμένη από δύο ελάσματα, ώστε να σχηματίζεται όχετός, μέσα στον οποίο είναι τοποθετημένοι οι κώνοι αέρα.

— Το σχήμα 3.10γ παριστάνει το ίδιο σύστημα με τη διαφορά ότι ο αέρας από τόν ανεμιστήρα καταθλίβεται πρώτα στον προθερμαντήρα του αέρα, κατόπιν κατέρχεται από το **διπλό κέλυφος** του λέβητα και καταλήγει τέλος στον κλειστό χώρο της διπλής επίσης προσόψεως του λέβητα.



Σχ. 3.10β.



Σχ. 3.10γ.

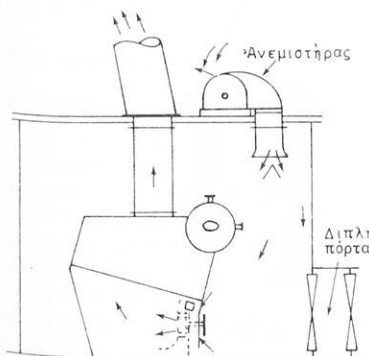
— Το σχήμα 3.10δ παριστάνει αναγκαστική είσαγωγή αέρα από τόν ανεμιστήρα, ο οποίος τόν καταθλίβει μέσα σε όλο το χώρο του λεβητοστασίου, που βρίσκεται έτσι συνεχώς υπό πίεση.

Τό λεβητοστάσιο είναι κλειστό με διπλή πόρτα ασφάλειας, όπως παριστάνεται στο σχήμα.

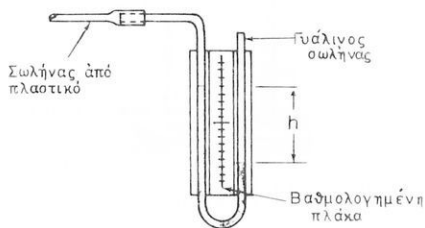
Τό σύστημα αυτό λέγεται **κλειστού λεβητοστασίου**, έχει μεγάλη εφαρμογή σε πολεμικά πλοία και σε γρήγορα επιβατηγά κυρίως, παρέχει δέ τούς μεγαλύτερους βαθμούς καύσεως στις έστιες των λεβήτων.

Απ' όλα τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις μεγάλες

ατμοπαραγωγικές εγκαταστάσεις είναι ταυτόχρονη χρησιμοποίηση των συστημάτων Ellis Eaves και Howden. Στά πλοία εξάλλου τό σύστημα Howden βρίσκεται σέ γενική χρήση καί μερικές φορές τό σύστημα κλειστού λεβητοστασίου.



Σχ. 3.10δ.



Σχ. 3.10ε.

ε) Ἡ μέτρηση τοῦ ἔλκυσμοῦ.

Ἡ μέτρηση τῆς πίεσεως (ἢ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἔλκυσμοῦ) γίνεται μέ εἰδικά ὄργανα, τά ὁποῖα καλοῦνται **ἀερόμετρα** ἢ **ὑδροθλιβόμετρα**.

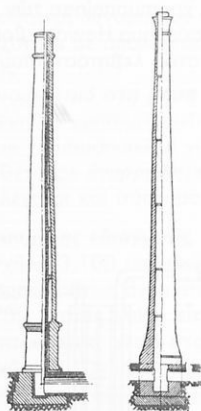
Αὐτά (σχ. 3.10ε) ἀποτελοῦνται ἀπό γυάλινου σωλήνα σχήματος U, ὁ ὁποῖος περιέχει χρωματισμένο νερό. Τό ἓνα ἄκρο τοῦ σωλήνα ἐπικοινωνεῖ μέ τήν ἀτμόσφαιρα καί τό ἄλλο μέ τό χῶρο, τοῦ ὁποῖου θά μετρηθεῖ ἡ πίεση.

Μεταξύ τῶν δύο σκελῶν τοῦ γυάλινου σωλήνα τοποθετεῖται μία πλάκα βαθμολογημένη σέ χιλιοστά ὑπό κλίμακα 1:2, στήν ὁποία διαβάζομε τή διαφορά ὕψους h τοῦ νεροῦ στά δύο σκέλη. Ἡ διαφορά αὕτη ἰσοδυναμεῖ μέ τήν ἐνταση ἔλκυσμοῦ, ἐκφρασμένη σέ χιλιοστά στήλης νεροῦ. Ἡ ἀνάγνωση γίνεται εἴτε στήν ὕψηλὴ στάθμη (πάνω ἀπό τό μηδέν τῆς πλάκας), εἴτε στή χαμηλὴ (κάτω ἀπό τό μηδέν τῆς πλάκας) μέ τόν ἴδιο πάντοτε ἀριθμό, ὁ ὁποῖος ἀναγράφεται καί στίς δύο θέσεις λόγω τῆς κλίμακας 1:2, μέ τήν ὁποία εἶναι βαθμολογημένη ἡ πλάκα.

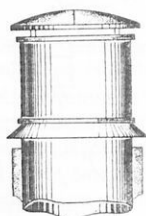
Ἡ πίεση εἶναι μικρή καί γι'αυτό ὑπολογίζεται σέ χιλιοστά στήλης νεροῦ. Στήν περίπτωση π.χ. τοῦ κλειστοῦ λεβητοστασίου φθάνει κατὰ μέγιστο σέ 6" ἢ 150 mm στήλης νεροῦ.

στ) Καπνοδόχοι.

Ἡ καπνοδόχος εἶναι ὁ ὀχετός, διά τοῦ ὁποῖου τά καυσαέρια ὁδεύουν πρὸς τήν ἀτμόσφαιρα. Ἡ βάση τῆς καπνοδόχου συνδέεται μέ τόν καπνοθάλαμο. Σέ εγκαταστάσεις ξηρᾶς κατασκευάζεται πλινθόκτιστη (σχ. 3.10στ) συχνά δέ καί ἀπό σιδηροπαγῆς σκυροκονίαμα. Σέ λέβητες ἀτμαμαζῶν κατασκευάζεται ἀπό ἔλασμα. Σέ λέβητες πλοίων τέλος κατασκευάζεται ὁμοίως ἀπό ἔλασμα (σχ. 3.10ζ) καί ἔχει διά-



Σχ. 3.10στ.



Σχ. 3.10ζ.

φορες μορφές, ώστε να έναρμονίζεται αισθητικά προς τη γενική εμφάνιση και τις γραμμές του πλοίου.

Η τομή της καπνοδόχου είναι συνήθως κυκλική ή ελλειπτική. Σε εγκαταστάσεις ξηρής, όταν η καπνοδόχος είναι πλινθόκτιστη, για λόγους άντοχης κατασκευάζεται κωνική στενεύοντας προς τα πάνω.

Οι καπνοδόχοι των πλοίων έχουν κατά προτίμηση ελλειπτική τομή με το μεγάλο άξονα της ελλείψεως κατά το μήκος του πλοίου, ώστε να παρουσιάζουν μικρότερη αντίσταση στον άνεμο.

Οι μεταλλικές καπνοδόχοι των ατμαμαζών και των πλοίων στηρίζονται μερικές φορές πλευρικά με ισχυρά συρματόσχοινα και έντατῆρες. Καί σε εγκαταστάσεις ξηρής συναντιώνται μεταλλικές καπνοδόχοι, ιδίως όταν το έδαφος δεν είναι αρκετά ισχυρό, για να αντέξει σε μεγάλα βάρη.

Οι μεταλλικές καπνοδόχοι κατασκευάζονται συνήθως με διπλά τοιχώματα, για να ελαττώνεται η ακτινοβολία της θερμότητας των καυσαερίων προς το περιβάλλον και να μην ελαττώνεται η ένταση του έλκυσμού λόγω ψύξεώς τους.

Όταν τα καυσαέρια από δύο ή τρεις λέβητες πηγαίνουν σε κοινή καπνοδόχο τότε μέσα σ' αυτήν υπάρχουν χωρίσματα, που σχηματίζουν ιδιαίτερους όχετους για κάθε λέβητα. Σ' αυτήν τήν περίπτωση κάθε όχετός είναι εφοδιασμένος με ένα **καπνοφράκτη** ή **δικλείδα** (ντάμπερ), ώστε να μπορούμε να ανοίγουμε μόνο τους όχετους, που αντιστοιχούν στους λέβητες που βρίσκονται σε λειτουργία.

Η **διατομή** της καπνοδόχου γίνεται περίπου ίση προς τα 20 έως 25% της επιφάνειας της σχάρας, και το **ύψος** της, για τήν περίπτωση φυσικού έλκυσμού, όσο τό δυνατό μεγαλύτερο. Σε παλαιά πλοία με λέβητα φυσικού έλκυσμού, επειδή η αντίσταση του ανέμου είναι μεγάλη, τό ύψος της, υπολογιζόμενο από τήν επιφάνεια της σχάρας ή από τό στόμιο του καυστήρα, δεν υπερβαίνει τά 30 έως 40 m. Σε εγκαταστάσεις ξηρής συναντᾶμε καπνοδόχους με ύψος πολύ μεγαλύτερο.

Σέ ἐγκαταστάσεις τεχνητοῦ ἔλκυσμοῦ τὸ ὕψος τῆς καπνοδόχου εἶναι 8 ἕως 10 φορές μεγαλύτερο ἀπὸ τὴ διάμετρό της, γιὰτὶ ὁ τεχνητὸς ἔλκυσμός δημιουργεῖται μὲ τεχνητὰ μέσα, τοὺς **ἀνεμιστήρες**, καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ ὕψος τῆς καπνοδόχου. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ὁ καπνοδόχος χρησιμεύει σάν ὀχετὸς ἀπαγωγῆς τῶν καυσαερίων στὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ὄχι γιὰ τὴ δημιουργία τοῦ ρεύματος ἀέρα, ὅπως στὸ φυσικὸ ἔλκυσμό.

3.11 Βασικὲς γνώσεις γιὰ τὴ συντήρηση τῶν λεβήτων.

α) Γενικά.

Ἡ συντήρηση τοῦ λέβητα ἀφορᾷ τὴ λήψη καταλλήλων μέτρων καὶ ἐφαρμογὴ μεθόδων προστασίας τοῦ ἀπὸ τὴ φθορὰ καὶ εἰδικότερα ἀπὸ τὴ διάβρωση τῆς μεταλλικῆς του ἐπιφάνειας.

Ἡ διάβρωση, τὰ αἶτια τῆς ὁποίας ἀναπτύχθηκαν στὴν παράγραφο 3.9 εἶναι μία σοβαρότατη ἀσθένεια τοῦ λέβητα ἀπὸ τὴν ὁποία προοδευτικὰ ἐπέρχεται ἡ καταστροφή του.

Οἱ διαβρώσεις γενικὰ χαρακτηρίζονται ὡς **ἐσωτερικὲς**, ποὺ ἐμφανίζονται στὴν περιοχὴ τοῦ ἀτμοῦδρθάλαμου τοῦ λέβητα, καὶ **ἐξωτερικὲς** στὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνειά του.

Χαρακτηριστικὸ τῆς διαβρώσεως εἶναι ἡ ἐπικάλυψη τῆς ἐπιφάνειας τοῦ μετάλλου μὲ ἓνα στρώμα σκουριᾶς. Ἀνάλογα μὲ τὴ μορφή τῆς σκουριᾶς ἡ διάβρωση προσδιορίζεται ὡς:

— **Γενική**, ὅταν καλύπτει συνεχῆ καὶ μεγάλο τμῆμα τῆς ἐπιφάνειας τοῦ μετάλλου.

— **Εὐλογίαση**, ὅταν παρουσιάζεται σάν στίγματα στὴ μεταλλικὴ ἐπιφάνεια.

— **Αὐλάκωση**, ὅταν τοπικῶς ἐμφανίζεται σάν αὐλάκι.

Στὴν παράγραφο 3.9 περιγράψαμε σύντομα τὰ βασικὰ προληπτικὰ μέτρα ἔναντι τῶν διαβρώσεων τοῦ λέβητα τὰ ὁποῖα λαμβάνονται προφανῶς τὴν ὥρα ποὺ ὁ λέβητας λειτουργεῖ. Ὅταν ὅμως ὁ λέβητας ἀργεῖ καὶ πρόκειται νὰ γίνῃ συντήρηση ἢ ἐπισκευὴ του, ἐκτελοῦνται ὀρισμένες ἐργασίες, ὅπως ἡ **ὕγρὴ ἢ στεγνὴ συντήρηση, ὁ καθαρισμός, ὁ ἐκκαπνισμός** κλπ., οἱ ὁποῖες περιγράφονται σὲ γενικὲς γραμμὲς παρακάτω. Πρέπει πάντως νὰ ἔχομε ὑπ' ὄψη μας ὅτι σὲ κάθε σύγχρονη ἐγκατάσταση ὑπάρχουν σαφεῖς ὁδηγίες τοῦ κατασκευαστῆ σχετικὰ μὲ τὴ συντήρησή της.

β) Ἀνοιγμα λέβητα-προφυλακτικὰ μέτρα.

Κατὰ τὸ ἀδειασμα καὶ τὸ ἀνοιγμα ἑνὸς λέβητα λαμβάνονται τὰ ἀκόλουθα προφυλακτικὰ μέτρα γιὰ νὰ ἀποφεύγονται ἀτυχήματα στὸ προσωπικὸ ἢ ζημιές στὸ ὑλικὸ τοῦ λέβητα.

Κατ' ἀρχή, τὸ ἀδειασμα λεβήτων ὑπὸ πίεση πρέπει νὰ ἀποφεύγεται, ἔστω καὶ ἂν ὁ κατασκευαστὴς ἔχει προβλέψει σχετικὴ σωλήνωση. Ἐξαίρεση ἐπιτρέπεται μόνο ὅταν μᾶς ἐνδιαφέρει πάρα πολὺ ὁ χρόνος. Τότε ὅμως θὰ γίνετα δεκτὴ καὶ ἡ πιθανότητα ἀσταθμῆτων βλαβῶν, λόγω ἀνομοιομόρφων συστολῶν καὶ διαστολῶν τοῦ λέβητα.

Ἡ καλύτερη λύση στὴν περίπτωση αὐτὴ εἶναι ἡ ἀπομόνωση τοῦ λέβητα μέχρι νὰ πέσει ἐντελῶς ἡ πίεσή του, ὁπότε ἀνοίγονται τὰ ἐξαεριστικὰ του, γιὰ νὰ ψυχθεῖ.

Ἐπιτάχυνση τῆς ψύξεώς του μὲ τὴ δημιουργία ρευμάτων ἀέρα ἀπαγορεύεται.

Μετά τήν όμαλή αύτή ψύξη του λέβητα άκολουθει τό άδειασμό του. Πρίν μπούμε στό λέβητα πρέπει νά τόν αφήσουνε νά άερισθει καλά γιατί σέ λέβητες πού μόλις άδειασαν παρουσιάζονται τοξικά ή άλλα άέρια καταστρεπτικά γιά τόν άνθρωπινο όργανισμό. Επίσης παρουσιάζονται συχνά καί έκρηκτικά άέρια. Γιαυτό άπαγορεύονται ρητώς τά γυμνά φώτα καί τό κάπνισμα μέσα στό λέβητα καί στό λεβητοστάσιο πρίν περάσει ένα 24ωρο έντατικού άερισμού.

Επίσης είναι φρόνιμο, κατά τό χρονικό αύτό διάστημα, νά άποφεύγονται τά φορητά φώτα καί νά χρησιμοποιούνται φανάρια του χεριού μέ ξηρούς συσσωρευτές (μπαταρίες).

Τά μέτρα ασφάλειας περιλαμβάνουν επίσης έλεγχο τής ηλεκτρικής έγκαταστάσεως του λεβητοστασίου γιά τυχόν βραχυκυκλώματα πρίν από τό άδειασμα του λέβητα.

Γιά νά μήν μπει άτμός καί νερό στό λέβητα όλα τά σχετικά έπιστόμια πρέπει νά ασφαλισθούν στη θέση «κλειστό» μέ σύρμα καί νά τοποθετηθούν σχετικές πινακίδες. Καλό είναι νά υπάρχουν δύο έπιστόμια ασφαλισμένα μ' αύτόν τόν τρόπο σέ κάθε σωλήνωση. Έφ' όσον εργάζονται άνθρωποι μέσα στό λέβητα, πρέπει νά τοποθετείται άπ' έξω ένας έφεδρικός άνδρας γιά ασφάλεια.

Ποτέ δέν επιτρέπεται νά εργάζεται προσωπικό μέσα στό λέβητα, εάν δέν γίνεται άφθονος άερισμός μέ τεχνητά μέσα.

Έφ' όσον δύο λέβητες έχουν κοινή καπνοδόχο, πρέπει νά εξασφαλισθει ότι οι καπνοθάλαμοι τους δέν συγκοινωνούν καί ότι δέν υπάρχει κίνδυνος νά περάσουν καυσάέρια από αύτόν πού λειτουργεί σ' αύτόν πού καθαρίζεται ή επιθεωρείται.

γ) Βρασμός λέβητα.

Βρασμός γίνεται όταν διαπιστωθει ότι υπάρχουν **ελαιώδεις ουσίες** μέσα στό λέβητα. Είναι εργασία πού απαιτεί άρκετό χρόνο καί είναι πολύπλοκη.

Πρίν από τό βρασμό τοποθετούνται συνδέσεις άτμού στόν ύδροθάλαμο, στά έκκενωτικά του πυθμένα των συλλεκτών άτμού, καί στά κατώτερα σημεία του υπερθερμαντήρα καί του οικονομητήρα. Επίσης τοποθετούνται ανεξάρτητα δίκτυα έκκενώσεως σέ κάθε οικονομητήρα καί στά έξαεριστικά του υπερθερμαντήρα.

Γιά τό βρασμό χρησιμοποιείται διάλυση 15 kr μεταπυρρικού πενταϋδρικού νατρίου γιά κάθε m³ χωρητικότητας του λέβητα πού τό διαλύουμε μέσα στό άπαραίτητο θερμό νερό. Χρησιμοποιούνται όμως καί άλλες χημικές ουσίες κατά τίς οδηγίες του κατασκευαστή.

Τό διάλυμα τό ρίχνουμε στόν οικονομητήρα, στόν υπερθερμαντήρα, στους ύδροθάλαμους καί στους συλλέκτες νερού. Κατόπιν γεμίζουμε τό άτμογόνο τμήμα του λέβητα μέ νερό μέχρι τήν κατώτερη στάθμη του ύδροδείκτη. Μέσα στόν οικονομητήρα ή τόν υπερθερμαντήρα δέν προσθέτουμε νερό μετά τήν είσαγωγή του διαλύματος.

Διοχετεύουμε κορεσμένο άτμό πρós τό άτμογόνο τμήμα του λέβητα, τόν υπερθερμαντήρα καί τόν οικονομητήρα μέσα από τίς ειδικές συνδέσεις, πού αναφέραμε προηγουμένως. Έτσι διατηρείται πίεση 2 έως 6 kr/cm² μέσα στό λέβητα. Όσο ύψηλότερη διατηρείται ή πίεση κατά τή διάρκεια του βρασμού, τόσο τελειότερος είναι καί ό καθαρισμός του λέβητα. Η πίεση πάντως του παρεχόμενου άτμού πρέπει νά είναι περίπου 3 kr/cm² ύψηλότερη από τήν πίεση του λέβητα, γιά νά εξασφαλίζεται έπαρκώς ή κυκλοφορία.

Κατά τή διάρκεια του βρασμού του λέβητα επιτρέπεται μικρή έκροή από υπερχειλίση του διαλύματος από τούς διάφορους κρουούς έξαερισμού.

Η διάρκεια του βρασμού πρέπει νά φθάνει στίς 8 ώρες μετά τήν ύψωση τής επιθυμητής πίεσεως στό λέβητα καί μέχρις ότου εξακριβωθεί ότι όλα τά τμήματά του έχουν γεμίσει μέ τά ύλικά καθαρισμού.

Όταν τελειώσει ό βρασμός διακόπτεται ή παροχή άτμού καί άνοίγονται τά έξαεριστικά γιά νά ά-

φαιρεθεί ή πίεση. Οί σωληνώσεις άτμου άποσυνδέονται, ό λέβητας άδειάζεται καί, άφού πλυθεί μέ γλυκό νερό, έπιθεωρείται.

Έάν διαπιστωθεί ότι παρέμειναν άκόμη έλαιώδεις ούσιες ό βρασμός πρέπει νά έπαναληφθεί.

δ) Έσωτερικός καί έξωτερικός καθαρισμός λέβητα. Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι καί έργαλεία.

Ό έσωτερικός καθαρισμός του λέβητα καί ό έξωτερικός, ό όποιος λέγεται καί **έκκαπνισμός**, είναι έργασίες πού γίνονται κατά κανονικά διαστήματα, μέ σκοπό τήν καλύτερη διατήρηση του λέβητα, τή δυνατότητα καλής έπιθεωρήσεως του καί τή βελτίωση τής άποδόσεως του.

1) Ό έσωτερικός καθαρισμός.

Είναι καί ό σημαντικότερος, έκτελείται δέ στην έσωτερική έπιφάνεια του ύδρο-θάλαμου (στήν πλευρά του νερού του λέβητα). Σκοπό έχει τήν άπαλλαγή του λέβητα από τά άλατα καί τίς λοιπές έναποθέσεις.

Έκτελείται κατά διαστήματα πού εξαρτώνται από τό είδος του νερού πού χρησιμοποιείται καί από τά μέσα χημικής έπεξεργασίας του. Οί κανονισμοί ύπαγορεύουν ότι πρέπει νά γίνεται περιοδικά μετά από χρονικό διάστημα 1800 — 2000 ώρων λειτουργίας ύπό τήν προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται άποσταγμένο νερό καί κατάλληλες χημικές συνθέσεις.

Η έκτέλεση του έσωτερικού καθαρισμού.

1) **Σέ φλογαυλωτούς λέβητες** ή άπομάκρυνση του λεβητόλιθου γίνεται μέ σφυροκοπανισμό ή ξύσιμο μέ ειδικά έργαλεία (σφυριά, ματσάκονια, ξύστρες, ψήκτρες) σέ όλα τά κατά τό δυνατόν προσιατά σημεία του ύδροθάλαμου. Προσοχή πρέπει νά δίνεται, ώστε νά μήν παραμορφώνεται τό ύλικό από τά χτυπήματα. Έπειδή ή έργασία αύτή είναι δυσχερής, συχνά λίγες ήμέρες πριν από τόν καθαρισμό ρίχνουμε στό νερό άρκετή ποσότητα σόδας, ή όποία μετατρέπει τίς σκληρές έναποθέσεις σέ μαλακές. Μετά τόν καθαρισμό οί έπιφάνειες πλένονται καλά καί στεγνώνονται έπιμελώς μέ ύφασμα.

2) **Σέ ύδραυλωτούς λέβητες**, όπου πρέπει νά καθαρισθοϋν έσωτερικά όλοι οί αϋλοί, χρησιμοποιοϋνται κυλινδρικές συρμάτινες ψήκτρες μέ διάμετρο άνάλογη προς τή διάμετρο του αϋλού. Μέ αυτές άπομακρύνεται ό λεβητόλιθος από τό έσωτερικό των αϋλών. Για τά λοιπά μέρη των θαλάμων, ό καθαρισμός γίνεται όπως καί στους φλογαυλωτούς λέβητες. Οί ψήκτρες καθαρισμού είτε προσαρμόζονται στό άκρο άρθρωτής ράβδου (συσπάστου) όποτε τίς βάζουμε καί τίς βγάζουμε έπανειλημμένα μέσα στον αϋλό μέ τό χέρι, είτε προσαρμόζονται στό άκρο εϋκαμπτου σωληνωτού άξονα, ό όποιος περιστρέφεται μέ ιδιαίτερο μηχάνημα (μηχανικό σύστημα). Τό μηχάνημα περιστροφής μπορεί νά είναι κινητήρας πού λειτουργεί μέ πιεσμένο άέρα, ύδραυλική πίεση ή, συνήθως, ήλεκτροκινητήρας.

Μετά τόν καθαρισμό άκολουθεί πλύσιμο των αϋλών καί σκούπισμα μέ ένα κομμάτι ύφασμα, προσαρμοσμένο στό άκρο του συσπάτου, όπου προσαρμόζεται ή ψήκτρα.

Γιά νά άποκλεισθεί τό ένδεχόμενο νά μείνει κάποια ψήκτρα μέσα στους αϋλούς, πράγμα πού θά προκαλέσει διόγκωση ή καί θραύση κατά τή λειτουργία άκολου-

Θεΐται ἡ ἑξῆς διαδικασία: Πρῶτα μετράμε τὶς ψῆκτρες πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸν καθαρισμὸ καὶ τὶς ξαναμετράμε ὅταν τελειώσει ὁ καθαρισμὸς. Δεύτερο ἐλέγχουμε τοὺς αὐλοὺς μὲ τὴ βοήθεια μικροῦ λαμπτήρα (στὴν περίπτωση πού εἶναι εὐθεῖς) ἢ ἂν εἶναι καμπύλοι ρίχνουμε μέσα σὲ κάθε αὐλὸ μιά μεταλλικὴ σφαῖρα (μπίλλια) τὴν ὁποία μαζεύουμε στὴν ἄλλη ἄκρη. Οἱ αὐλοὶ πού ἐλέγχονται μ' αὐτὸν τὸν τρόπο σημειώνονται στὰ χεῖλη μὲ κιμωλία.

Μὲ ἄλλη νεώτερη μέθοδο (μέθοδος διὰ ἀμμοβολῆς) γιὰ τὸν ἐσωτερικὸ καθαρισμὸ χρησιμοποιοῦνται ἐργαλεῖα τὰ ὁποῖα ἐκτοξεύουν ἄμμο μὲ νερὸ ὑπὸ πίεση (sand blast).

Ἔργαλεῖα καὶ μηχανήματα ἐσωτερικοῦ καθαρισμοῦ:

Ὅπως εἶπαμε τὰ μέσα πού χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὸ μηχανικὸ ἐσωτερικὸ καθαρισμὸ εἶναι βασικά οἱ μεταλλικὲς ψῆκτρες, χειροκίνητες ἢ μηχανοκίνητες, τὰ ἐργαλεῖα λειάνσεως καὶ τὰ διάφορα σύσπαστα.

Πρέπει νὰ ἔχομε ὑπ' ὄψιν μας ὅτι ἀπὸ τοὺς κατασκευαστὲς τῶν λεβήτων παρέχονται οἱ ἀναγκαῖες ὁδηγίες γιὰ τὴ χρῆση τῶν καταλλήλων ἐργαλείων, οἱ διαστάσεις καὶ ἡ ποιότητά τους καθὼς καὶ τὰ ἀντίστοιχα μηχανήματα καὶ ἐξαρτήματα.

Στὰ σχήματα 3.11α ἕως 3.11ε εἰκονίζονται διάφορα εἶδη ψηκτρῶν, συσπάστων καὶ μεταλλικῶν κεφαλῶν πού συνήθως χρησιμοποιοῦνται.



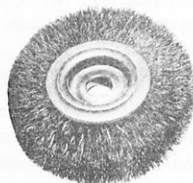
Σχ. 3.11α.

Κοινὴ ψῆκτρα ἐσωτερικοῦ καθαρισμοῦ.



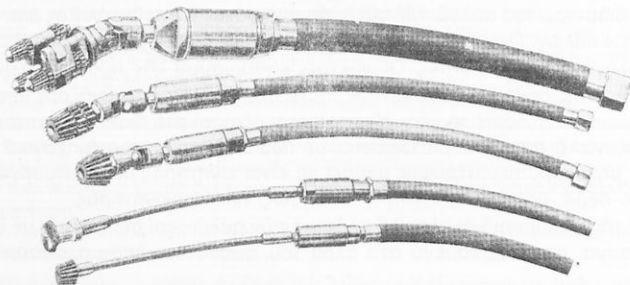
Σχ. 3.11β.

Ψῆκτρα συμμάτινη γιὰ αὐλοὺς μὲ διάμετρο πάνω ἀπὸ 50 mm μὲ ἔνωση Universal γιὰ καμπύλους αὐλοὺς.



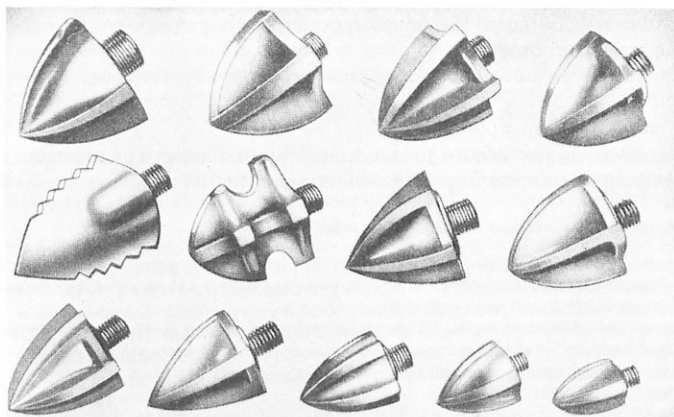
Σχ. 3.11γ.

Συρματόψηκτρα ἐπιφανειακοῦ καθαρισμοῦ.



Σχ. 3.11δ.

Τυπικὰ ἀεροκίνητα σύσπαστα γιὰ αὐλοὺς μὲ μικρὴ διάμετρο καὶ μικρὴ καμπυλότητα.



Σχ. 3.11ε.

Τυπικές κεφαλές έσωτερικής λειάνσεως αύλων.

2) Ο χημικός καθαρισμός των λεβήτων.

Έκτός από το μηχανικό έσωτερικό καθαρισμό γίνεται και χημικός καθαρισμός φλογαυλωτών και υδραυλωτών λεβήτων.

Αυτός βασικά γίνεται γεμίζοντας το λέβητα με διάλυμα οξέων, τα οποία εξουδετερώνουν τις έναποθέσεις. Τόν καθαρισμό αυτόν αναλαμβάνουν συνήθως ειδικευμένοι εργολάβοι. Με τή μέθοδο αυτή όμως υπάρχει κίνδυνος να φθαρεί το μέταλλο του λέβητα και γιαυτό δεν συνιστάται από τούς κανονισμούς. Επιτρέπεται μόνον όταν ο μηχανικός καθαρισμός δεν επιτυγχάνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

3) Ο έκκαπνισμός.

Με τόν έκκαπνισμό απομακρύνεται ή αϊθάλη από όλες τις επιφάνειες του λέβητα, οι οποίες έρχονται σε έπαφή με τα καυσάερια και τις φλόγες.

Η εκτέλεση του έκκαπνισμού.

Ο έκκαπνισμός γίνεται όταν ο λέβητας δεν λειτουργεί. Χρησιμοποιούνται ειδίκες χειροκίνητες συσκευές, όπως συρμάτινες επίπεδες ψήκτρες, πριόνια, σάρωθρα και μάκτρα.

Στούς φλογαυλωτούς λέβητες ο έκκαπνισμός γίνεται και στο έσωτερικό των αύλων και κατά τόν ίδιο τρόπο με τόν έσωτερικό καθαρισμό των αύλων του υδραυλωτού λέβητα, δηλαδή με κυλινδρικές χειροκίνητες ψήκτρες.

Συχνά κατά τόν έκκαπνισμό υδραυλωτών λεβήτων χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας, πού παρέχει ιδιαίτερη αεροθλιπτική άντλία, ή ατμός υπό πίεση, ο οποίος κατευθύνεται με ειδικά άκροσωλήνια στά μεταξύ των αύλων διάκενα.

Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις στους φλογαυλωτούς και υδραυλωτούς λέβητες υπάρχουν μόνιμα προσαρμοσμένες συσκευές έκκαπνισμού πού λειτουργούν με α-

τμό. Οι συσκευές αυτές (soot-blowers) ή έκκαπνιστήρες κάνουν τόν έκκαπνισμό ενώ ο λέβητας λειτουργεί.

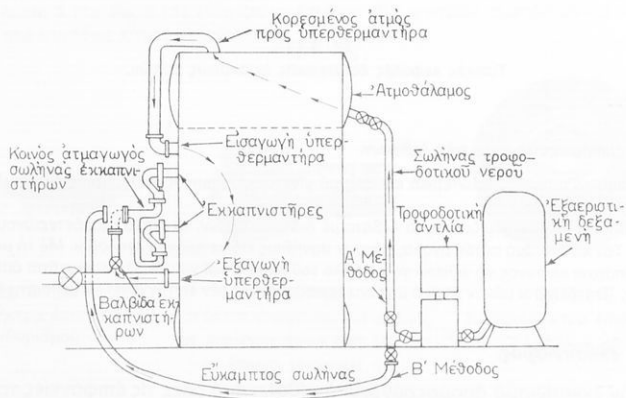
Η άπομάκρυνση των άπανθρακωμάτων, τα όποια συγκεντρώνονται στις ρίζες των έσωτερικών αυλών, έπιτυγχάνεται με τετραχλωριούχο άνθρακα ή πετρέλαιο Diesel καί έκτόξευση ατμού.

Ο έκκαπνισμός γίνεται κατά κανονικά διαστήματα σύμφωνα με την πείρα του υπεύθυνου μηχανικού, τό είδος του καυσίμου καί τό βαθμό ρυπάνσεως του λέβητα.

Ο έκκαπνισμός με πλύσιμο του λέβητα με νερό.

Αυτός γίνεται όταν τα διάκενα αερίων των άτμογόνων αυλών έχουν φραχθεί από έναποθέσεις αιάλης, άνθρακα κλπ. σε βαθμό που οι μηχανικές μέθοδοι έκκαπνισμού νά μήν έχουν αποτέλεσμα. Τότε χρησιμοποιείται θερμό νερό υπό πίεση.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι πλύσεως. Για την πρώτη πρέπει νά υπάρχει έκτοξευτήρας, ό όποιος έκτοξεύει νερό έπιτοπίως. Για τή δεύτερη πρέπει νά χρησιμοποιηθεί ό έκκαπνιστήρας, με τόν όποιο κατευθύνεται καί διανέμεται τό νερό στή δέσμη των αυλών υπό πίεση 10 έως 15 kp/cm^2 καί θερμοκρασία 90°C (σχ. 3.11στ).



Σχ. 3.11στ.

Η μέθοδος με έκτοξευτήρα άπαιτεί λιγότερο νερό καί προκαλεί λιγότερο βρέξιμο του πλινθοκτίσματος των λεβήτων. Έν τούτοις μπορεί έτσι νά μήν έπιτυγχάνεται ή έκτόξευση του νερού σε όλα τα σημεία της δέσμης των αυλών.

Έξ άλλου κατά τή μέθοδο με έκκαπνιστήρα ή πλινθόκτιστη κατασκευή του λέβητα βρέχεται πολύ καί άκόμη χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού.

Όταν υπάρχει άρκετό νερό, τά καλύτερα αποτελέσματα έπιτυγχάνονται με συνδυασμό των δύο μεθόδων.

Κατά τό πλύσιμο πρέπει νά τοποθετούνται καλύμματα από αδιάβροχο ύφασμα, όπου είναι δυνατόν, για νά μήν βραχούν τά πλινθόκτιστα της έστίας.

Τό πλύσιμο με νερό πρέπει νά αρχίζει από τό ψηλότερο σημείο του λέβητα καί νά κατευθύνεται συστηματικά προς τά κάτω μέχρι τής σειράς των αυλών, οι όποιοι είναι κοντά στην έστία. Κατ' αυτόν τόν τρόπο οι σταγόνες του νερού μαλακώνουν έγκαιρα τής συσσωρευμένες έπικαθήσεις στην κατώτερη περιοχή των αυλών.

"Όταν χρειάζεται να πλυθούν οι οικονομητῆρες, τότε τὸ νερὸ πρέπει νὰ ρίχνεται ἐπάνω ἀπὸ τοὺς αὐλοὺς ὑπὸ πίεση 10 ἕως 15 kr/cm^2 καὶ θερμοκρασία περίπου 90°C.

Οἱ ὑπερθερμαντῆρες κατὰ κανόνα ἀπαιτοῦν τὴ χρῆση ἐκκαπνιστῆρων.

Οἱ προστοιτοί ἀτμογόνοι αὐτοὶ πρέπει νὰ καθαρίζονται κατὰ προτίμηση μὲ ἐκτοξευτῆρα νεροῦ (ἀ-κροσωλήνιο) καὶ μόνο οἱ δυσπρόσιτοι νὰ καθαρίζονται μὲ τὴ βοήθεια τῶν ἐκκαπνιστῆρων.

"Όταν τὸ πλῆσιμο τελειώσει, ὁ λέβητας ἀφήνεται νὰ στεγνώσει καὶ ἀπομακρύνονται τὰ ἀπορρίμματα.

Οἱ ἐκκαπνιστῆρες καὶ οἱ σωληνώσεις ἀποκαθίστανται σὲ συνθήκες λειτουργίας καὶ ὁ λέβητας προετοιμάζεται γιὰ ἀφῆ πυρῶν. Κατόπιν γίνεται ἡ ἀφῆ μὲ ἓναν καυστήρα καὶ μὲ τὸ μικρότερο δια-σκορπιστῆρά ἐπὶ 15 λεπτά. Κατόπιν ἀκολουθεῖ ἐναλλακτικὰ ἀφῆ καὶ σβήσιμο τοῦ καυστήρα ἐπὶ 5 ὥ-ρες.

"Υστερα ὁ λέβητας κρατιέται ἐπὶ 1 ὥρα, πρὶν νὰ θεθεῖ σὲ λειτουργία γιὰ βοηθητικές χρήσεις.

Γιὰ τὸν ὑπερθερμαντῆρα κατὰ τὴ φάση αὕτῃ πρέπει νὰ ἐξασφαλίζεται ἡ ἐπαρκὴς ροὴ ἀτμοῦ.

Μετὰ τὴν ξήρανση τοῦ λέβητα ἀκολουθεῖ ἐπιμελημένη ἐπιθεώρηση. Ἐάν ὁ λέβητας πρόκειται στὴ συνέχεια νὰ μὴ λειτουργήσῃ συνιστᾶται ἡ ἐκτόξευση στὶς ἐπιφάνειες τῶν αὐλῶν «προστατευτικοῦ μίγματος τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας» (Metal Conditioning Compound) σὲ στρώση πάχους 0,1 mm. Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς ἐκτοξεύσεως ἀπαγορεύεται τὸ κάπνισμα. Ἐπὶ πλέον λαμβάνεται μέριμνα, ὥστε ἡ ἐκτόξευση νὰ μὴ γίνεται σὲ λέβητα, ὁ ὁποῖος συνδέεται μὲ κοινὸ καπναγωγὸ πρὸς ἄλλο λέβητα ποῦ εἶναι σὲ λειτουργία.

ε) Συντήρηση τῶν λεβήτων ποῦ δέν εἶναι σὲ λειτουργία.

"Όταν ὁ λέβητας δέν πρόκειται νὰ λειτουργήσῃ γιὰ μικρὸ χρονικὸ διάστημα, δέν λαμβάνονται σο-βαρὰ ἰδιαίτερα μέτρα συντηρήσεώς του. Ἀνυψώνεται μόνο καὶ καταβιβάζεται ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ κατὰ διαστήματα καὶ κατὰ 5 ἕως 7 cm περίπου. Ἐτσι δέν προσβάλλεται τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ἀτμοῦ-δροτοῦ λαοῦ στὴν ἰδια πάντοτε γραμμὴ καὶ δὲ δημιουργεῖται διάβρωση τῆς μορφῆς τῆς αὐλακώσεως γύρω στὸ ὕψος τῆς στάθμης τοῦ νεροῦ. Ὅταν ὅμως ὁ λέβητας πρόκειται νὰ παραμείνῃ γιὰ πολὺ ἐ-κτὸς λειτουργίας, τότε ἐφαρμόζεται μία ἀπὸ τὶς ἐξῆς μεθόδους συντηρήσεως, ἡ *ὕγρῃ* ἢ ἡ *στεγνή*.

Ὑγρὴ συντήρηση.

Εἶναι ἡ συνθετέστερη καὶ ἐφαρμόζεται, ὅταν ὁ λέβητας πρόκειται νὰ μὴ λειτουργήσῃ γιὰ διάστημα μέχρι 6 μῆνες περίπου.

Πρῶτα πρέπει νὰ γίνῃ καλὸς ἐσωτερικὸς καθαρισμὸς καὶ ἐκκαπνισμὸς τοῦ λέβητα. Κατόπιν γεμί-ζομε τὸ λέβητα μέχρι τὴν ἀνώτατῃ στάθμῃ λειτουργίας μὲ ἀλκαλικὸ νερὸ καὶ ἀνάβωμε τὴ φωτιά, ὥ-στε νὰ βρᾷσῃ τὸ νερὸ ἐπὶ μισὴ ὥρα τουλάχιστον, ὑπὸ πίεση 1 ἕως 1,2 at. Ὁ βρασμὸς πραγματο-ποιεῖται μὲ ἀνοικτὸ τὸ ἀσφαλιστικόν, ὥστε νὰ ἀπομακρυνθεῖ ὁλος ὁ ἀέρας, ποῦ περιέχεται στὸ νερὸ.

Σβήνωμε κατόπιν τὴ φωτιά καὶ ρίχνωμε ἀλκαλικὸ νερὸ μέχρις ὅτου ὁ λέβητας γεμίσει τελείως. Κλείνωμε τὸ ἀσφαλιστικὸ καὶ ἐλέγχωμε τὴ στεγανότητα ὅλων τῶν ἐπιστοιμίων.

Κάθε δέκα μέρες περίπου ἐλέγχωμε πάλι τὴ στεγανότητα καὶ ἐξακριβώνωμε ἐάν ὑπάρχει ἀπώλεια, ὅποτε τὴν ἀναπληρώνωμε μὲ τὴ χειραντλία ἢ τὴν ἡλεκτραντλία.

Γιὰ νὰ γίνῃ τὸ νερὸ ἀλκαλικόν, προσθέτομε 3 kr σόδας γιὰ κάθε τόννο νεροῦ ἢ διαλύωμε στὸ νερὸ ἀσβέστη, μέχρις ὅτου νὰ πάρῃ γαλακτώδη ὄψη.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ λεβητοστασίου πρέπει νὰ διατηρεῖται ἱκανοποιητικῇ, ὥστε νὰ ἀποκλείεται πε-ρίπτωση πῆξεως τοῦ νεροῦ.

Στεγνὴ συντήρηση.

Αὕτῃ εἶναι πολυπλοκότερη ἀπὸ τὴν ὕγρῃ καὶ χρησιμοποιεῖται ἂν ὁ λέβητας πρόκειται νὰ μείνῃ ἐ-κτὸς λειτουργίας γιὰ διάστημα μεγαλύτερο ἀπὸ 6 μῆνες.

Πρῶτα ἀδειάζωμε τὸ λέβητα καὶ κύνωμε καλὸ ἐσωτερικὸ καὶ ἐξωτερικὸ καθαρισμὸ.

Κατόπιν τοποθετοῦμε μέσα στὸ λέβητα ἀπὸ τὶς ἀνθρωποθυρίδες μαγκάλια μὲ ἀναμμένα κάρβου-να. Συγχρόνως ἀνάβωμε μικρὴ φωτιά στὴν ἐστία. Ἐτσι ἐπιτυγχάνεται τὸ στέγνωμα τοῦ λέβητα καὶ ἐ-λαττώνεται ὁ ἀέρας ποῦ εἶναι μέσα σ' αὐτόν μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σβήσουν προοδευτικὰ καὶ τὰ κάρβου-να λόγω καταναλώσεως τοῦ ὀξυγόνου.

‘Αμέσως μόλις γίνει αυτό τοποθετούνται γρήγορα μέσα στο λέβητα δίσκοι με άνυδρο άσβέστη (άσβηστο) και κατόπιν τοποθετούνται επίσης γρήγορα τά πώματα. ‘Η αναλογία άσβέστη είναι 5 κρ περίπου για κάθε m^3 όγκου του ατμοϋδροθάλαμου.

Μέ τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται ή άπορρόφηση της ύγρασίας που τυχόν παρουσιάζεται κατά τό διάστημα της συντηρήσεως. Για τήν επιτυχία της μεθόδου της στεγνής συντηρήσεως άπαιτείται καλή στεγανότητα του λέβητα, έλλειψη άέρα και ύγρασίας και ταχύτητα κινήσεων κατά τήν έκτέλεση των διαφόρων έργασιών.

Και στίς δύο μεθόδους πρέπει τά έξωτερικά μέρη των λεβήτων νά τηρούνται σέ καλή κατάσταση, τά δέ κατώτερα νά χρωματίζονται μέ μίνιο. Τό δάπεδο του λεβητοστασίου πρέπει νά διατηρείται στεγνό, ώστε νά άποφεύγονται οι διαβρώσεις στά κατώτερα μέρη του έξωτερικού περιβλήματος του λέβητα.

στ) Δοκιμές των λεβήτων.

Οι διάφορες δοκιμές των λεβήτων γίνονται κατά τήν αρχική κατασκευή τους ή μετά από έκτεταμένες έπισκευές και άποσκοποϋν στόν έλεγχο της καλής καταστάσεως και γενικά της ικανοποιητικής άποδόσεώς τους.

‘Η κυριότερη είναι ή ύδραυλική δομική.

— ‘Η ύδραυλική δοκιμή.

Περιλαμβάνει δοκιμή και έλεγχο της άντοχής της στεγανότητας και της καλής κατασκευής ή καταστάσεως του λέβητα μέ ύδραυλική πίεση.

‘Η ύδραυλική δοκιμή έκτελείται: α) ‘Απαραίτητα σέ καινούργιους λέβητες στό έργοστασιο. β) Σέ λέβητες, στους όποιους έγινε μερική ή γενική έπισκευή ή άντι-κατάσταση αϋλών. γ) Κατά διάφορα χρονικά διαστήματα που δέν ρυθμίζονται από πρίν από τούς κανονισμούς, αλλά συγχρονίζονται μέ τίς είδικές και γενικές έπιθεωρήσεις και δ) όποτε τό άπαιτεί ή κρίση του ύπεϋθυνου Μηχανικού της έγκαταστάσεως.

‘Η ύδραυλική δοκιμή πρέπει έν τούτοις νά άποφεύγεται ή μάλλον νά μήν έκτελείται χωρίς σοβαρό λόγο, ιδίως σέ κυλινδρικούς λέβητες, οι όποιοι λόγω των μεγάλων διαμέτρων τους είναι εύπαθέστεροι στίς κοπώσεις και τίς μόνιμες παραμορφώσεις. ‘Η ύδραυλική δοκιμή γίνεται ως εξής:

Κατ’ αρχή γεμίζεται ό λέβητας μέ νερό τελείως, μέχρις ότου νά βγαίνει από τόν έξαεριστικό κρουνό. Τό νερό μπορεί νά είναι ψυχρό ή, κατά τούς άμερικανικούς κανονισμούς, νά έχει θερμοκρασία 150°F, ώστε ή δοκιμή νά προσομοιάζει μέ τίς συνθήκες λειτουργίας του λέβητα από άποψη θερμοκρασίας. Αυτό δέ, γιατί έχει παρατηρηθεί τό φαινόμενο νά είναι στεγανός ό λέβητας κατά τήν ύδραυλική δοκιμή μέ ψυχρό νερό και κατόπιν, κατά τή λειτουργία, λόγω των διαστολών από τή θερμοκρασία νά παρουσιάζει διαρροές.

Μετά τό γέμισμα του λέβητα κλείνονται τά ασφαλιστικά και άκολουθεί ή βαθμιαία ύψωση της πίεσεως μέ χειραντλία, μέχρι τά επιθυμητά όρια. ‘Ενώ ύψώνεται ή πίεση, έπιθεωρούνται λεπτομερώς όλα τά τμήματα του λέβητα από άποψη διαρροών, μόνιμες παραμορφώσεις κλπ.

‘Όταν παρουσιασθεί κάποια άνωμαλία, διακόπτεται άμέσως ή δοκιμή και λαμβάνονται τά κατάλληλα μέτρα. ‘Ενισχύονται τά άσθενή σημεία κατάλληλα ή έλαττώνεται ή πίεση λειτουργίας του λέβητα κατά 1 έως 2 άτμ.

‘Εάν δέν παρουσιασθεί καμιά άνωμαλία διατηρούμε τήν ίδια πίεση επί ένα τέταρτο ή μισή ώρα και κατόπιν άφήνομε νά πέση όμαλά.

‘Η ύδραυλική δοκιμή έκτελείται σέ πίεση πάντοτε μεγαλύτερη από τήν άνώτατη

πίεση λειτουργίας του λέβητα. Η τιμή αυτή καθορίζεται από τους διάφορους κανονισμούς. Έτσι οι αγγλικοί κανονισμοί υπαγορεύουν ότι, για λέβητες πίεσεως μέχρι 100 p.s.i. η υδραυλική δοκιμή πρέπει να γίνεται σε πίεση διπλάσια από την πίεση λειτουργίας, δηλαδή 2 p. Για λέβητες μεγαλύτερης πίεσεως 1,5 φορά την πίεση λειτουργίας σύν 50 p.s.i., δηλαδή $1,5 p + 50$ p.s.i. Οι γερμανικοί κανονισμοί υπαγορεύουν τα ίδια με τους αγγλικούς με τη διαφορά ότι σε ορισμένες περιπτώσεις όριζουν ότι, έφ' όσον η πίεση λειτουργίας δεν υπερβαίνει τις 4,5 άτμ., η πίεση υδραυλικής δοκιμής θα είναι $1,3 p + 3$ άτμ. Οι αμερικανικοί κανονισμοί υπαγορεύουν πίεση υδραυλικής δοκιμής ίση με 1,5 p.

Οι τιμές αυτές αφορούν καινούργιους λέβητες. Σε παλιούς θεωρείται ικανοποιητικό, αν η πίεση δοκιμής είναι κατά 3 έως 3,5 άτμ. υψηλότερη από την πίεση των ασφαλιστικών.

Οι υπερθερμαντήρες και οικονομητήρες τροφοδοτικού νερού υποβάλλονται στην ίδια δοκιμή με τον κυρίως λέβητα.

Με τον όρο **υδροστατική** δοκιμή, αντί υδραυλική, έννοείται η δοκιμή στεγανότητας που γίνεται σε περιπτώσεις πολύ μικρών έπισκευών με μόνη την πίεση της στήλης του νερού του υδροθάλαμου, ο οποίος στην περίπτωση αυτή γεμίζεται μέχρι τη στάθμη λειτουργίας του.

3.12 Απώλειες και απόδοση των λεβήτων, τύπος, εφαρμογές.

α) Οι απώλειες του λέβητα.

Οι βασικές λειτουργίες του λέβητα είναι, όπως ξέρομε, η παραγωγή της θερμότητας στην έστιά και η μετάδοσή της στο νερό.

Από την ποσότητα της θερμότητας, που παράγει στην έστιά τό καύσιμο, μέρος μόνο μεταδίδεται στο νερό, ενώ τό υπόλοιπο χάνεται και αποτελεί τις λεγόμενες απώλειες θερμότητας, οι οποίες είναι:

— Η απώλεια λόγω **άνθρακιδίων της τέφρας (Ατ)**. Με αυτήν έννοούνται οι θερμίδες, που χάνονται από τό άκαυστα κομμάτια του γαιάνθρακα (καρβουνίδια), τά όποια απορρίπτονται μαζί με την τέφρα.

— Η απώλεια λόγω **άτελου καύσεως** του καυσίμου στην έστιά (**Αα**). Με αυτήν έννοούνται οι θερμίδες, που χάνονται, έπειδή τό καύσιμο δεν καίγεται τελείως και τά καυσάερια που έξέρχονται προς την άτμόσφαιρα περιέχουν άκόμη καύσιμα συστατικά, όπως π.χ. τό μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

— Η απώλεια από τό σχηματισμό **αϊθάλης** στά τοιχώματα της έστίας (**Αφ**). Η αϊθάλη, ως γνωστόν, αποτελείται από καύσιμα μόρια άνθρακα.

— Η απώλεια λόγω **καυσαερίων** της καπνοδόχου (**Ακ**). Τά καυσάερια δηλαδή φεύγοντας παίρνουν μαζί τους θερμίδες, οι όποιες έτσι χάνονται. Τά καυσάερια, ως γνωστόν, πεέρχονται από άέρα, ο όποιος εισήλθε στην έστιά σχεδόν ψυχρός και ο όποιος μετά την καύση, μαζί με τά λοιπά άερίωδη προϊόντα αυτής, έξέρχεται προς την άτμόσφαιρα με την πολύ υψηλότερη θερμοκρασία των 200°-350°C περίπου. Η απώλεια αυτή είναι και η πιό σημαντική για τό λέβητα.

— Η απώλεια λόγω **άκτινοβολίας** του λέβητα προς τό περιβάλλον (**Αν**).

Οι τρεις πρώτες απώλειες ονομάζονται **απώλειες της έστίας (Α_Ε)**, και οι δύο τελευταίες **απώλειες της θερμαινόμενης επιφάνειας (Α_Θ)**, ώστε να έχομε ότι:

$$A_E = A_T + A_a + A_\phi \quad \text{καί} \quad A_\Theta = A_k + A_n,$$

δηλαδή οι συνολικές απώλειες του λέβητα (**A**) είναι:

$$A = A_E + A_{\Theta} \quad \text{ή} \quad \text{καί} \\ A = A_T + A_a + A_{\phi} + A_{\kappa} + A_v.$$

β) 'Η απόδοση του λέβητα και οι τρόποι αύξησής της.

Έαν ονομάσουμε H_{κ} τό ποσό της θερμότητας, πού παράγεται από τήν καύση ενός 1 kr καυσίμου, δηλαδή τήν κατώτερη θερμαντική ικανότητα του καυσίμου καί A τό μέρος της θερμότητας, πού κατ' αναλογία 1 kr καυσίμου χάνεται λόγω των απωλειών, πού αναφέραμε, βρίσκουμε ότι τό ποσό της θερμότητας, πού μεταδόθηκε στο νερό θά είναι ίσο μέ $H_{\kappa} - A$.

Διαιρώντας τώρα τό $H_{\kappa} - A$ μέ τό αρχικό ποσό H_{κ} , θά ἔχομε τή λεγόμενη **απόδοση ή βαθμό αποδόσεως** η_{λ} του λέβητα ως ἑξῆς:

$$\eta_{\lambda} = \frac{H_{\kappa} - A}{H_{\kappa}}$$

Ὁ βαθμός αὐτός βρίσκεται σέ ποσοστά ἐπί τοῖς ἑκατό. (Π.χ. $\eta_{\lambda} = 73\%$, δηλαδή ἀπό κάθε 100 θερμίδες, πού παράγονται ἀπό τό καύσιμο, οἱ 73 εἰσέρχονται στό νερό, ἐνῶ οἱ ὑπόλοιπες 27 χάνονται στίς διάφορες ἀπώλειες).

Ὁ βαθμός ἀποδόσεως ἐκφράζει τήν ποιότητα τοῦ λέβητα, ἄν δηλαδή ἐκμεταλεῦεται κατὰ ικανοποιητικό τρόπο τίς θερμίδες, πού τοῦ δίνουμε, ἤ ὄχι. Ὅσο μεγαλύτερος εἶναι ὁ βαθμός ἀποδόσεως, τόσο καλύτερος εἶναι ὁ λέβητας.

Στούς συνηθισμένους λέβητες οἱ ἀπώλειες κυμαίνονται περίπου ως ἑξῆς:

$$A_T = 2 - 3\%, \quad A_a = 2 - 2,5\%, \quad A_{\phi} = 1 - 2\%, \\ A_{\kappa} = 12 - 14\%, \quad A_v = 3 - 6\%,$$

ὁ δέ βαθμός ἀποδόσεως τους κυμαίνεται ἀπό 60 — 80% περίπου.

Σέ μεγάλους σύγχρονους λέβητες, ὅπως π.χ. οἱ ἀτμογεννήτριες ἡ ἀπόδοση φθάνει μέχρι καί 90 ἕως 94%.

Εἶναι εὐνόητο ὅτι γιά νά αὐξηθεῖ ὁ βαθμός ἀποδόσεως τοῦ λέβητα, πρέπει νά ἐλαττωθοῦν οἱ ἀπώλειές του. Αὐτό ἐπιτυγχάνεται μέ τούς ἀκόλουθους τρόπους:

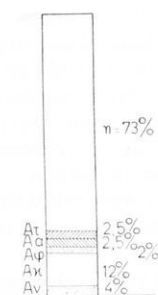
— Ἐπιδιώκεται ἡ **τέλεια καύση** καί παρακολουθεῖται ἡ **χημική ἀνάλυση τῶν καυσαερίων**, γιά νά ἐλέγχεται ἡ ποιότητα τῆς καύσεως.

— Ἐλαττώνεται ἡ ἀπώλεια ἀκτινοβολίας μέ τή **θερμική μόνωση** τῶν λεβήτων καί τή χρήση τῶν **ὕδροτοιχωμάτων**.

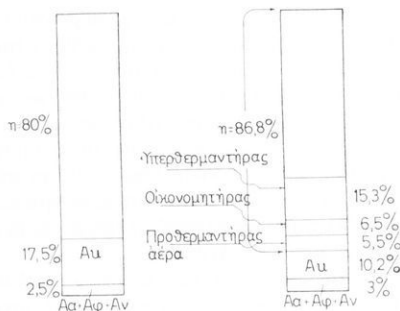
— Χρησιμοποιοῦνται **προθερμαντήρες ἀέρα, οἰκονομητήρες, ὑπερθερμαντήρες**, ὥστε νά ἐκμεταλλεῖσθε ἐπιφελῶς ὅσο τό δυνατό μεγαλύτερο ποσό θερμότητας ἀπό αὐτήν πού περιέχουν τά καυσαέρια, πρὶν ἐξέλθουν στήν ἀτμόσφαιρα.

— Αὐξάνεται ἡ **ταχύτητα τοῦ νεροῦ** καί ἡ **ταχύτητα τῶν καυσαερίων** μέ τή μέθοδο τῆς τεχνητῆς κυκλοφορίας, τοῦ τεχνητοῦ ἑλκυσμοῦ καί τῆς καύσεως ὑπὸ πίεσης ἔτσι, ὥστε νά διευκολύνεται ἡ μετάδοση τῆς θερμότητας πρὸς τό νερό καί ἐπομένως νά αὐξάνεται ἀνάλογα ὁ βαθμός ἀποδόσεως τοῦ λέβητα.

Τό σχῆμα 3.12α παριστάνει τίς ἀπώλειες καί τήν ἀπόδοση ἑνὸς συνηθισμένου λέβητα.



Σχ. 3.12α.



Σχ. 3.12β.

Τό σχήμα 3.12β παριστάνει τη βελτίωση της απόδοσεως ενός λέβητα μετά τη χρησιμοποίηση συσκευών ανακτήσεως της θερμότητας ως ο προθερμαντήρας αέρα, ο οίκονομητήρας νερού και ο υπερθερμαντήρας ατμού.

3.13 Προσδιοριστικά στοιχεία του λέβητα.

Τα προσδιοριστικά στοιχεία του λέβητα είναι τὰ ἑξῆς:

— Ἡ **θερμαινόμενη ἐπιφάνεια**, δηλαδή ἐκείνη πού περικλείει τὸ θερμαντήρα καὶ βρίσκεται σὲ ἐπαφὴ ἀπὸ τὴ μιά πλευρά της μὲ τὴς φλόγες καὶ τὰ καυσάερια, καὶ ἀπὸ τῆς ἄλλης μὲ τὸ νερό. Διακρίνεται σὲ **ἄμεση**, ὅταν βρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὴς φλόγες, καὶ **ἔμμεση**, ὅταν βρίσκεται σὲ ἐπαφὴ μὲ τὰ καυσάερια.

— Ἡ θερμαινόμενη ἐπιφάνεια στὸ λέβητα εἶναι χαρακτηριστικὸ μέγεθος, πού μᾶς χρησιμεύει, γιὰ νὰ ὑπολογίζομε τὴν ἀτμοπαραγωγὴ του, γιὰτὶ ἀπὸ αὐτὴν ἐξαρτᾶται ἡ ποσότητα τῆς θερμότητας, ἡ ὁποία ἀπὸ τὴν ἐστία, θὰ περάσει πρὸς τὸ νερό.

— Ὁ **βαθμὸς καύσεως**. Εἶναι τὸ ποσὸ τοῦ καυσίμου, πού καίγεται στὴ μονάδα τῆς θερμαινόμενης ἐπιφάνειας σὲ μιά ὥρα. Στους φλογαυλωτοὺς λέβητες φθάνει μέχρι 2 kg/m²/h πετρελαίου, στους ὑδραυλωτοὺς μέχρι καὶ 6 ἕως 12 kg/m²/h.

Στους γαιανθρακολέβητες ὁ βαθμὸς καύσεως μετριέται σὲ χιλιόγραμμα γαιάνθρακα σὲ κάθε τετραγωνικὸ μέτρο ἐπιφάνειας τῆς σχάρας καὶ γιὰ κάθε ὥρα, δηλαδή kp/m²/h, ὀνομάζεται δὲ τότε καὶ **εἰδικὴ φόρτιση τῆς σχάρας**.

— Ὁ **βαθμὸς ἀτμοπαραγωγῆς** ἢ καὶ **εἰδικὴ ἀτμοποίηση** τοῦ λέβητα. Εἶναι τὸ βάρος τοῦ παραγόμενου ἀτμοῦ στὴ μονάδα ἐπιφάνειας τῆς θερμαινόμενης ἐπιφάνειας καὶ σὲ μιά ὥρα. Στους φλογαυλωτοὺς λέβητες φθάνει μέχρι 30 ἕως 40 kp/m²/h, καὶ στους ὑδραυλωτοὺς μέχρι καὶ 50 ἕως 120 kp/m²/h, ἀνάλογα μὲ τὸν τύπο τοῦ λέβητα.

— Ἡ **ἀτμοπαραγωγικὴ ἰκανότητα**, ἡ ὁποία εἶναι τὸ συνολικὸ βάρος ἀτμοῦ, πού παράγει ὁ λέβητας σὲ μιά ὥρα. Αὕτὴ βρίσκεται ἂν πολλαπλασιασθεῖ ὁ βαθμὸς ἀτμοπαραγωγῆς τοῦ λέβητα ἐπὶ τὴ θερμαινόμενη ἐπιφάνειά του.

Ἡ ἀτμοπαραγωγικὴ ἱκανότητα τοῦ λέβητα εἶναι ἓνα μέγεθος, ποῦ ἰσοδυναμεῖ μέ ἰσχύ, γιατί τὰ παραγόμενα χιλιόγραμμα ἀτμοῦ ἀντιπροσωπεύουν θερμίδες (kcal). Οἱ θερμίδες πάλι ὅταν πολλαπλασιασθοῦν ἐπὶ 427 δίνουν kpm. Τὰ χιλιοποντόμετρα αὐτά, τὰ ὁποῖα παράγονται σέ μία ὥρα, διαιρούμενα μέ τόν ἀριθμό τῶν 3600 δευτερολέπτων, μετατρέπονται σέ kpm/sec, καί ἂν αὐτά διαιρεθοῦν διά τοῦ ἀριθμοῦ 75, ποῦ καθορίζει πόσα χιλιοποντόμετρα τό δευτερόλεπτο ἔχει ὁ ἵππος, τό ἐξαγόμενο θά παριστάνει ἵππους. Ἀπ' αὐτό συμπεραίνομε ὅτι ἡ **ἀτμοπαραγωγική** ἱκανότητα τοῦ λέβητα ἔχει τό ἴδιο νόημα μέ τήν **ἰσχύ** τοῦ λέβητα.

Συνήθως δίνεται ἡ ἀτμοπαραγωγικὴ ἱκανότητα καί ὄχι ἡ ἰσχύς τοῦ λέβητα. Αὐτὴ προσδιορίζεται κατ' ἐπέκταση ἀπὸ τὴν ἰσχύ τῆς μεγαλύτερης μηχανῆς, τὴν ὁποία μπορεῖ νά ἐξυπηρετήσῃ ὁ λέβητας.

Γιὰ τὴ μέτρηση τῆς ἰσχύος τῶν λεβήτων ἡ πιὸ σωστὰ γιὰ τὴ σύγκριση διαφόρων λεβήτων μεταξύ τους χρησιμοποιεῖται τελευταῖα ὁ λεγόμενος **διεθνὴς ἵππος λέβητα**, δηλαδή τό ἰσοδύναμο τῆς θερμότητας, ποῦ ἀπαιτεῖται, γιὰ νά ἐξατμισθοῦν 34,5 lb νερὸ θερμοκρασίας 212°F καί νά μετατραποῦν σέ ἀτμὸ τῆς ἴδιας θερμοκρασίας σέ μία ὥρα.

Στό μετρικὸ σύστημα ὁρίσθηκε ὡς τό ποσό τῆς θερμότητος, γιὰ τὴ μετατροπὴ 15,63 kg νεροῦ θερμοκρασίας 100°C, σέ ἀτμὸ τῆς ἴδιας θερμοκρασίας σέ μία ὥρα.

Ἐπειδὴ ὅμως γνωρίζομε ὅτι ἡ θερμότητα αὐτὴ εἶναι γενικά ἢ λανθάνουσα θερμότητα, ἡ ὁποία καί ἰσοῦται πρὸς 537 kcal σέ κάθε χιλιόγραμμο ἐξατμιζόμενου νεροῦ, συμπεραίνομε ὅτι:

$$1 \text{ ἵππος λέβητα} = 15,63 \times 537 = 8940 \text{ kcal/h,}$$

$$\text{ἀλλὰ πάλι } 8940 \text{ kcal/h} = \frac{8940 \times 427}{3600 \times 75} = 14 \text{ PS περίπου, δηλαδή}$$

ὁ ἵππος λέβητα εἶναι 14 φορές μεγαλύτερος ἀπὸ τό γνωστὸ ἵππο PS, μέ τόν ὁποῖο μετρίεται γενικά ἡ ἰσχύς.

3.14 Αὐτοματισμός τῆς λειτουργίας τῶν λεβήτων.

Οἱ σύγχρονες ἐγκαταστάσεις ἡλεκτροπαραγωγῆς καί γενικότερα ἐγκαταστάσεις ξηρᾶς ἀλλὰ καί πλοίων μεγάλης χωρητικότητος λειτουργοῦν μέ αὐτόματο ἐλεγχὸ τῆς λειτουργίας τους. Γιὰ τό σκοπὸ αὐτὸ ἐφοδιάζονται μέ τοὺς **αὐτόματους ρυθμιστές** καύσεως οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν συγκρότημα ὁλόκληρο ἀπὸ ἐξαρτήματα, τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν κατάλληλα μέ **ἡλεκτρικὴ ἢ ὑδραυλικὴ** ἐνέργεια ἢ μέ **πεπιεσμένο ἀέρα**. Κύριος σκοπὸς τῶν ρυθμιστῶν εἶναι ἡ **ρύθμιση τῆς καύσεως** καί γενικότερα τῆς λειτουργίας τοῦ λέβητα ἀνάλογα μέ τὴν ἐπιθυμητὴ ἀτμοπαραγωγή. Αὐτὸ τό ἐπιτυγχάνουν ρυθμίζοντας τὴν παροχὴ καυσίμου καί ἀέρα ἔτσι ὥστε νά ὑπάρχει ἡ σωστὴ κάθε φορὰ ἀναλογία μεταξύ τους. Ἀπὸ τοὺς πιὸ γνωστοὺς αὐτόματους ρυθμιστὲς καύσεως ἀναφέρονται οἱ τύπου Bailey, Hagan, General Regulator κλπ. Ἡ παρακολούθηση τῆς λειτουργίας τοῦ λέβητα γίνεται ἀπὸ εἰδικὸ πλάνο ἐλέγχου καί ἐνδείξεων. Σέ περιπτώσεις εἰδικῶν συνθηκῶν ἀτμοπαραγωγῆς ἢ μὴ ὁμαλῶν περιπτώσεων ἡ αὐτόματη ἐγκατάσταση τίθεται ἐκτὸς λειτουργίας καί ὁ ἐλεγχὸς πλεόν τῆς λειτουργίας τοῦ λέβητα μετατρέπεται σέ χειροκίνητο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

4.1 Γενικά.

Στίς θερμικές μηχανές, όπως ξέρομε χρησιμοποιείται καύσιμο υλικό, τό όποιο, όταν καίγεται, έλευθερώνει θερμότητα, τήν όποία ή θερμική μηχανή μετατρέπει σέ μηχανικό έργο.

Τό καύσιμο καίγεται είτε σέ συσκευή χωριστή από τή μηχανή, χωρίς δηλαδή νά έρχεται σέ έπαφή μέ τήν έργαζόμενη ουσία (άτμο ή άέρα), είτε μέσα στην ίδια τή μηχανή, όποτε καί αναμινύεται μέ τήν έργαζόμενη ουσία, ή όποία συνήθως είναι ό άέρας.

Αν ή καύση γίνεται έξω από τή μηχανή, τότε οι θερμικές μηχανές ονομάζονται Μηχανές *έξωτερικής καύσεως*, ενώ αν γίνεται μέσα στην μηχανή ονομάζονται Μηχανές *έσωτερικής καύσεως*, γνωστές ως Μ.Ε.Κ.

4.2 Μηχανές έξωτερικής καύσεως.

Στίς μηχανές αυτές υπάρχει ιδιαίτερη συσκευή γιά τήν πραγματοποίηση της καύσεως. Η συσκευή αυτή είναι ό γνωστός μας *λέβητας* ή *άτμολέβητας*. Ό λέβητας χρησιμεύει γιά τήν παραγωγή άτμου από τό νερό. Τό νερό καί ό άτμός είναι ή έργαζόμενη ουσία σ' αυτή τήν κατηγορία των μηχανών. Ό άτμός από τό λέβητα όδηγείται μέ σωλήνες πρós τή μηχανή μέσα στην όποία χάρη στην πίεση ή τήν ταχύτητά του καί τή θερμική ενέργεια πού μεταφέρει, παράγει τό μηχανικό έργο. Γι' αυτό οι μηχανές έξωτερικής καύσεως λέγονται καί *άτμομηχανές*.

4.3 Μηχανές έσωτερικής καύσεως (Μ.Ε.Κ.).

Σ' αυτές τό κινητήριο έργο παράγεται από τήν πίεση καί τή θερμότητα των καυσαιρίων, πού παράγονται μέσα στην ίδια τή μηχανή. Ός Μηχανές Έσωτερικής Καύσεως θεωρούνται οι *άεριομηχανές*, οι *βενζινομηχανές*, οι *πετρελαιομηχανές* καί οι *άεριοστρόβιλοι*.

Στίς Μ.Ε.Κ. γενικώς ως έργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται ό άέρας, μαζί μέ τά καυσαέρια πού παράγονται από τήν καύση.

4.4 Κατάταξη των θερμικών μηχανών ανάλογα μέ τόν τρόπο, κατά τόν όποιο ή θερμική ενέργεια μετατρέπεται σέ μηχανικό έργο.

Ανάλογα μέ τόν τρόπο κατά τόν όποιο ή θερμική ενέργεια μετατρέπεται σέ μη-

χανικό έργο, οι θερμικές μηχανές διακρίνονται σε **έμβολοφόρες** ή **παλινδρομικές** και **περιστροφικές** ή **στρόβιλους**.

Οι έμβολοφόρες μηχανές αποτελούνται από κύλινδρο με έμβολο. Το έμβολο, είτε από την πίεση του ατμού στις ατμομηχανές, είτε από την πίεση των αερίων της καύσεως στις Μ.Ε.Κ., αναγκάζεται να κινείται μέσα στον κύλινδρο από το ένα άκρο προς το άλλο και αντίστροφα, δηλαδή να **παλινδρομεί**. Η παλινδρομική αυτή κίνηση του εμβόλου με κατάλληλο μηχανισμό διωστήρα-στροφάλου μεταδίδεται ως περιστροφική στον άξονα της μηχανής, ο οποίος τελικά αποδίδει το κινητήριο έργο.

Ειδική κατηγορία των έμβολοφόρων μηχανών αποτελούν οι μικρές Μ.Ε.Κ. που κατασκευάστηκαν τελευταία με περιστρεφόμενο έμβολο, οι οποίες ονομάζονται μηχανές ή κινητήρες Wankel από το όνομα του κατασκευαστή.

Οι περιστροφικές μηχανές ή στρόβιλοι (κοινώς **κουρμπίνες**) αποτελούνται από άξονα, στον οποίο υπάρχουν τροχοί ή τύμπανα εφοδιασμένα με πτερύγια. Τα πτερύγια αυτά δέχονται κατά κανόνα τη δράση του ατμού ή των αερίων, που χτυπούν με μεγάλη ταχύτητα και αναγκάζουν τον άξονα να περιστρέφεται. Η περιστροφή αυτή του άξονα παρέχει το ωφέλιμο μηχανικό έργο.

4.5 Ειδική κατάταξη των έμβολοφόρων παλινδρομικών Μ.Ε.Κ.

Ειδικότερα στις έμβολοφόρες παλινδρομικές Μ.Ε.Κ. η έναυση μέσα στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου, όπως π.χ. ενός ηλεκτρικού σπινθήρα, είτε αυτομάτως λόγω μεγάλης θερμάνσεως του καυσίμου.

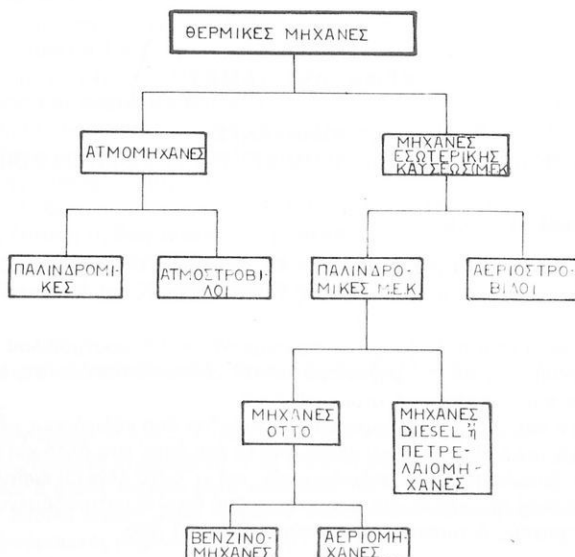
Στήν πρώτη περίπτωση υπάγονται οι κινητήρες Otto, που οφείλουν την ονομασία τους στο γερμανό Nikolaus August Otto (Νικόλαο Αύγουστο "Οττο"), ο οποίος κατασκεύασε την πρώτη Μηχανή Έσωτερικής Καύσεως για βιομηχανικές εφαρμογές. Οι κινητήρες Otto χρησιμοποιούν είτε αέρια καύσιμα (αεριομηχανές), είτε ελαφρά υγρά καύσιμα, κυρίως βενζίνη (βενζινομηχανές), αναρροφούν δε κατά κανόνα μίγμα αέρα και καυσίμου, το οποίο γεμίζει τον κύλινδρο και αναφλέγεται την κατάλληλη στιγμή με τη βοήθεια του **σπινθήρα**.

Στή δεύτερη περίπτωση υπάγονται οι κινητήρες Ντίζελ, που οφείλουν την ονομασία τους στο γερμανό μηχανικό Rudolf Diesel (Ροδόλφο Ντίζελ), ο οποίος πρώτος πέτυχε την καύση βαρύτερου καυσίμου, δηλαδή πετρελαίου στις Μηχανές Έσωτερικής Καύσεως, χωρίς τη βοήθεια ηλεκτρικού μέσου (με **αυτανάφλεξη**).

Στις μηχανές αυτές η έναυση του καυσίμου πραγματοποιείται αυτομάτως, όταν αυτό ψεκάζεται την κατάλληλη στιγμή μέσα στον κύλινδρο, στον οποίο έχει προηγηθεί ισχυρή συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα σε 35 - 40 At και έχει αναπτυχθεί υψηλή θερμοκρασία 600° C περίπου. Έτσι το υγρό καύσιμο που ψεκάζεται, συνήθως πετρέλαιο Ντίζελ, το οποίο έχει θερμοκρασία αυτανάφλεξεως γύρω στους 280° C έως 300° C, αναφλέγεται μόνο του χωρίς τη βοήθεια σπινθήρα. Οι κινητήρες Ντίζελ χρησιμοποιούν κατά κανόνα ακάθαρμο πετρέλαιο διαφόρων ποιοτήτων ανάλογα με τον τύπο και τη χρήση τους, γι' αυτό συχνά ονομάζονται και **πετρελαιομηχανές**.

Παλαιότερα τις μηχανές με σπινθήρα τις ονόμαζαν **Μηχανές έκρήξεως** ενώ τις μηχανές με αυτανάφλεξη τις ονόμαζαν **Μηχανές καύσεως** αλλά τα όνόματα αυτά δεν ανταποκρίνονται πλήρως προς την πραγματικότητα.

Στό σχήμα 4.5 φαίνεται διαγραμματικά η διαίρεση των θερμικών μηχανών. Στο βιβλίο, αυτό θα εξετάσουμε τις άτμομηχανές (παλινδρομικές και άτμοστρόβιλους) και τους αεριοστροβίλους.



Σχ. 4.5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

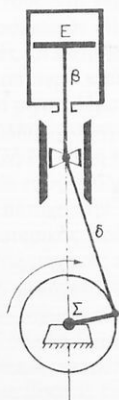
ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΕΣ (ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΕΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ)

5.1 Εισαγωγικές γνώσεις.

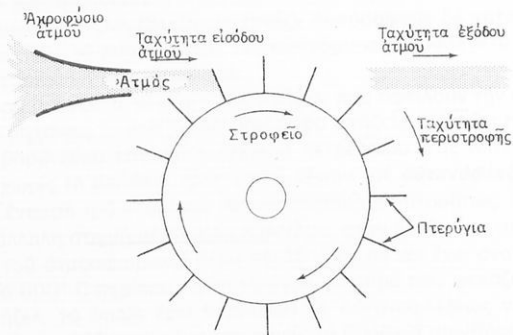
Όπως διευκρινίσαμε στην παράγραφο 4.1 οι μηχανές εξωτερικής καύσεως ή ατμομηχανές διαιρούνται σε έμβολοφόρες ή παλινδρομικές και σε περιστροφικές ή στρόβιλους.

Η διαφορά μεταξύ παλινδρομικής ατμομηχανής και ατμοστρόβιλου βρίσκεται στην κατασκευή τους και στο μηχανισμό και τον τρόπο με τον οποίο μετατρέπουν την ενέργεια που μεταφέρει ο ατμός σε έργο.

Έτσι η μέν παλινδρομική ατμομηχανή αποτελείται από κύλινδρους μέσα στους οποίους υπάρχουν έμβολα που κινούνται από τό ένα άκρο στο άλλο και αντίστροφα, δηλαδή έμβολα τα οποία παλινδρομούν, και γι' αυτό λέγεται **έμβολοφόρα** ή **παλινδρομική**, ο δέ ατμοστρόβιλος αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο άξονα, ο οποίος έχει τροχούς ή τύμπανο με πτερύγια ή και τα δύο.



Σχ. 5.1α.



Σχ. 5.1β.

Στην παλινδρομική μηχανή η ενέργεια του ατμού είναι **έναλλασσόμενη**, δηλαδή ο ατμός **ένεργει** άλλοτε στη μία όψη του εμβόλου και άλλοτε στην άλλη και τό ωθει έτσι **έναλλάξ** κατά τη μία και τήν άλλη κατεύθυνση ώστε να τό **ανάγκάζει** σε

περιοδική παλινδρομική κίνηση. Στο στρόβιλο όμως η ενέργεια του ατμού είναι συνεχής και κατά την ίδια κατεύθυνση πάντοτε. Στο σχήμα 5.1α παριστάνονται στοιχειωδώς μία μονοκύλινδρη παλινδρομική μηχανή, με τό μηχανισμό μετατροπής της παλινδρομικής κίνησης του έμβολου σέ περιστροφική. Ό μηχανισμός αυτός αποτελείται από τό βάκτρο β, τό διωστήρα δ και τό στρόφαλο Σ. Στο σχήμα 5.1β παριστάνεται ένας ατμοστρόβιλος.

Καί στους δύο τύπους μηχανών τό τελικό αποτέλεσμα είναι τό ίδιο, δηλαδή *ή περιστροφή του κινητήριου άξονα*, ό όποιος αποδίδει τελικά τό *ώφέλιμο μηχανικό έργο*. Επίσης και ή πηγή του έργου είναι ή ίδια, δηλαδή ή θερμική ενέργεια του ατμού, ή όποία προσδιορίζεται από την πίεση και ή θερμοκρασία του. Υπάρχει όμως ή έξής διαφορά μεταξύ τους:

Στήν παλινδρομική μηχανή ό ατμός ενεργεί με ή *θερμική* και ή *δυναμική* του ενέργεια, δηλαδή ή *θερμότητα* και ή *πίεση*, ενώ στο στρόβιλο δρᾶ επί των πτερυγίων με ή *θερμική*, ή *δυναμική* και ή *κινητική* του ενέργεια, δηλαδή ή *θερμότητα*, ή *πίεση* και ή *ταχύτητα* του.

α) Γενικά για τίς παλινδρομικές ατμομηχανές. Κατάταξη.

Όρισμός.

‘Απ’ όσα είπαμε εύκολα μπορούμε νά όρίσουμε ήν παλινδρομική μηχανή ως έξης: *ή παλινδρομική ατμομηχανή είναι θερμική μηχανή έξωτερικής καύσεως, μέσα στην όποία ό ατμός ενεργεί κατά περιοδικό και έναλλασσόμενο τρόπο και ής όποιος τά βασικά κινητά μέρη έκτελούν εύθύγραμμη παλινδρομική κίνηση.*

Οί παλινδρομικές μηχανές ανάλογα με τόν προορισμό τους και τό σκοπό πού έξυπηρετούν, ανάλογα με τόν τρόπο με τόν όποιο χρησιμοποιούν τόν ατμό και με διάφορα άλλα χαρακτηριστικά τους, κατατάσσονται σέ διάφορες κατηγορίες και τύπους ως έξης:

1) Διακρίνονται πρώτα σέ *κύριες* και *βοηθητικές*. Κύρια μηχανή λέγεται εκείνη, πού έξυπηρετεί τό βασικό σκοπό της έγκαταστάσεως, βοηθητική δέ εκείνη, πού έξυπηρετεί ή κινεί βοηθητικό μηχανήμά της.

Σέ έργοστάσιο ήλεκτροπαραγωγής π.χ. ή μηχανή, πού κινεί τίς ήλεκτρογεννήτριες, πού δίνουν τό ρεύμα, είναι ή κύρια μηχανή, ενώ οί μηχανές, πού κινούν ήν κυκλοφοριακή άντλία, ήν άεραντήια, τό τροφοδοτικό ήπάριο κλπ., είναι βοηθητικές μηχανές.

Σ’ ένα πλοίο *κύρια μηχανή* ή *προωστήρια* είναι εκείνη, πού κινεί τόν έλικοφόρο άξονα, πού δίνει ήν κίνηση στο πλοίο, ενώ όλες οί άλλες, πού κινούν τίς άντλίες, τό πηδάλιο του πλοίου, τά βαρουੱλα κλπ. ή ακόμη και τίς ήλεκτρογεννήτριες του πλοίου, είναι βοηθητικές.

2) Άλλη διάκριση των μηχανών είναι σέ μηχανές με *έλεύθερη έξάτμιση* και σέ μηχανές με *ψυγείο*.

Μηχανές με έλεύθερη έξάτμιση λέγονται εκείνες πού ή έξάτμισή τους όδηγείται στην ατμόσφαιρα όπως είναι π.χ. μικρές μηχανές σέ έγκαταστάσεις λιμανιών, πλωτών γερανών, ή οί μηχανές των σιδηροδρόμων κλπ., ενώ *μηχανές με ψυγείο* λέγονται εκείνες πού ή έξάτμισή τους όδηγείται στο ψυγείο της έγκαταστάσεως και όχι στην ατμόσφαιρα.

“Όλες οι μηχανές των εγκαταστάσεων ξηρᾶς καί τῶν πλοίων μέ μεγάλη ἵπποδύναμη ἐφοδιάζονται μέ ψυγεῖο, γιατί αὐτό ἀποτελεῖ σημαντικό παράγοντα στήν οἰκονομική λειτουργία τῆς μηχανῆς. Μέσα στό ψυγεῖο δηλαδή μέ τή συμπίκνωση τοῦ ἀτμοῦ δημιουργεῖται κενό, τό ὁποῖο ὑποβοηθεῖ τό ἔργο τοῦ ἀτμοῦ.

Οἱ μηχανές μέ ἐλεύθερη ἐξάτμιση χρησιμοποιοῦν σέ κάθε κύκλο λειτουργίας νέα ποσότητα νεροῦ, τό ὁποῖο μετά τήν ἀτμοποίηση στό λέβητα καί τήν ἀπόδοση ἐνέργειας στή μηχανή ἐκφεύγει στήν ἀτμόσφαιρα. Ἐκτός τῶν ἄλλων ἐπομένων ἔνα σοβαρό μειονέκτημα τῶν ἐγκαταστάσεων αὐτῶν εἶναι ὅτι παρουσιάζεται καί συνεχῆς ἀνοδος τῆς πυκνότητας τοῦ νεροῦ τοῦ ὑδροθάλαμου (παράγρ. 3.9).

3) Ἀνάλογα μέ τόν τρόπο λειτουργίας τοῦ ἀτμοῦ μέσα στή μηχανή τίς διακρίνουμε σέ μηχανές χωρίς **ἐκτόνωση** καί σέ μηχανές **μέ ἐκτόνωση**.

Στίς μηχανές χωρίς ἐκτόνωση ὁ ἀτμός εἰσέρχεται συνεχῶς μέσα στόν κύλινδρο καθ’ ὅλη τή διάρκεια τῆς διαδρομῆς τοῦ ἐμβόλου ἀπό τό ἕνα ἄκρο στό ἄλλο μέ τήν ἀρχική του πίεση (οἱ μηχανές αὐτές καλοῦνται καί μηχανές **πλήρους εἰσαγωγῆς** τοῦ ἀτμοῦ). Μηχανές αὐτῆς τῆς κατηγορίας εἶναι μόνο οἱ μηχανές μέ μικρή ἵπποδύναμη, πού κινοῦν ὀρισμένα βοηθητικά μηχανήματα.

Στίς περισσότερες ὅμως μηχανές ὁ ἀτμός εἰσέρχεται μέ τήν ἀρχική του πίεση μέσα στόν κύλινδρο **μέχρι σ’ ἕνα ὀρισμένο μόνο σημεῖο τῆς διαδρομῆς τοῦ ἐμβόλου (50 ἕως 70% περίπου) ὁπότε διακόπτεται ἡ εἰσαγωγή του καί ἀπό τό σημεῖο αὐτό ὁ ἀτμός πραγματοποιεῖ ἔργο κατά τήν ὑπόλοιπη διαδρομή τοῦ ἐμβόλου μέ τήν ἐκτονωτική του δύναμη**. Οἱ μηχανές αὐτές ὀνομάζονται μηχανές μέ ἐκτόνωση καί χρησιμοποιοῦνται κατά κανόνα σέ ὅλες τίς ἐγκαταστάσεις ξηρᾶς καί πλοίων μέ μεγάλη ἵπποδύναμη.

4) Ἄν ἡ ἐκτόνωση τοῦ ἀτμοῦ γίνεται μία μόνο φορά κατά κύκλωμα σέ ἕνα ἢ καί σέ περισσότερους κύλινδρους ἀνεξάρτητα, τότε οἱ μηχανές αὐτές λέγονται **ἀπλῆς ἐκτονώσεως**. Ἄν ὅμως ἡ συνολική ἐκτόνωση ὑποδιαιρεῖται σέ τμήματα ἢ **βαθμί-δες ἐκτονώσεως**, ὥστε ἡ ἐκτόνωση νά πραγματοποιεῖται διαδοχικά σέ πρώτη, δεύτερη, τρίτη καί μερικές φορές καί τετάρτη βαθμίδα, τότε ἡ μηχανή καλεῖται **πολλαπλῆς ἐκτονώσεως** καί συγκεκριμένα λέγεται ἀπλῆς, διπλῆς, τριπλῆς ἢ τετραπλῆς ἐκτονώσεως.

5) Ἄλλη διάκριση τῶν μηχανῶν γίνεται σέ **μονοκύλινδρες, δικύλινδρες, τρικύλινδρες** κλπ. καί γενικά **πολυκύλινδρες**, ἀνάλογα μέ τόν ἀριθμό τῶν κυλίνδρων πού ἔχουν. Οἱ μηχανές πολλαπλῆς ἐκτονώσεως εἶναι ἀπαραίτητα πολυκύλινδρες.

6) Διακρίνονται ἐπίσης σέ μηχανές **ὀριζόντιες** καί **κατακόρυφες** ἢ καί **κεκλιμέ-νες**, ἀνάλογα μέ τή θέση τοῦ ἀξονα τοῦ κυλίνδρου τους ὡς πρὸς τό ὀριζόντιο ἐπίπεδο.

Μηχανές ὀριζόντιες χρησιμοποιοῦνται στούς σιδηρόδρομους σέ παλαιά τροχοφόρα πλοῖα ἢ σέ μικρά μηχανήματα, ἐνῶ πολύ πιο συχνά συναντιῶνται οἱ κατακόρυφες μηχανές. Μηχανές ὑπό γωνία τέλος ἢ κεκλιμένες συναντιῶνται μερικές φορές σέ ὀρισμένα βαροῦλκα ἀνυψώσεως βαρῶν.

7) Τέλος ἡ μηχανή ὀνομάζεται **μόνιμη** ἂν εἶναι σταθερά ἐγκαταστημένη, ὅπως οἱ μηχανές τῶν ἐγκαταστάσεων ξηρᾶς, **κινητή** δέ ὅταν κατά τή λειτουργία της μετακινεῖται μαζί μέ τή βάση της, ὅπως εἶναι οἱ μηχανές τῶν σιδηροδρόμων, τῶν πλοίων κλπ.

β) Ιστορική εξέλιξη και εφαρμογή των παλινδρομικών ατμομηχανών. Άπλη περιγραφή μιᾶς ἐγκαταστάσεως παλινδρομικής ατμομηχανῆς.

1) Σύνοψη ιστορία και εφαρμογές τῆς ατμομηχανῆς.

Οἱ Ἀρχαῖοι Ἕλληνες, καί εἰδικά τὸ Ἀλεξανδρινὸς σοφὸς καὶ φυσικὸς **Ἦρων**, κατὰ τοὺς πρώτους Χριστιανικοὺς χρόνους εἶχαν ἀντιληφθεῖ τὴ σημασία τοῦ αἵματος καὶ τὴς δυνατότητός του νὰ παράγει ἔργο. Ὁ Ἦρων μάλιστα κατασκεύασε μία στροβιλομηχανή, ποὺ λειτουργοῦσε μὲ ἐκτόξευση αἵματος καὶ ἐστρεφε μία σφαῖρα ποτὶ ὀνομάσθηκε **αιολική σφαῖρα**. Ἡ ἐφεύρεσή του ὅμως αὐτὴ δὲν χρησιμοποιήθηκε ποτὲ στὴν πράξη.

Πολλοὺς αἰῶνες ἀργότερα, κατὰ τὸ μεσαίωνα, ὁ μεγάλος ἰταλὸς καλλιτέχνης καὶ μηχανικὸς Leonardo da Vinci (Λεονάρντο ντὰ Βίντσι) ἔκανε διάφορα σχέδια, γιὰ νὰ χρησιμοποιήσει τὸν αἵμα, ἀλλὰ πάλι χωρὶς πρακτικὸ ἀποτέλεσμα.

Κατὰ τὸ 1690 ὁ Denis Papin (Ντενίς Παπέν 1647-1712), γνωστὸς καὶ ἀπὸ τὴ Φυσικὴ γιὰ τὴν περίφημη χύτρα του, κατασκεύασε μίαν ἀπλή μηχανή στὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦσε τὸν αἵμα, γιὰ νὰ ἀντλεῖ νερὸ ἀπὸ ἕνα πηγάδι. Τὴ μηχανή αὐτὴ παρουσίαζε τελειοποιημένη τὸ 1706. Τὴν ἴδια ἐποχὴ καὶ ἄλλοι ἐφευρέτες ἀσχολήθηκαν μὲ τὸν αἵμα καὶ τὴν χρησιμοποίησή του πρὸς παραγωγή ἔργου.

Πρακτικὰ ἀποτελέσματα πέτυχε πρῶτος ὁ James Watt (Τζέιμς Βάττ) ἀπὸ τὴ Γλασκώβη τῆς Σκωτίας, ὁ ὁποῖος ἀπὸ τὸ 1764 ἕως τὸ 1784 πραγματοποιοῖσε διάφορες ἐφευρέσεις καὶ τελειοποιήσεις καὶ κατόρθωσε τελικὰ νὰ κατασκευάσει τὴν πρώτη ἀπλή παλινδρομικὴ ατμομηχανή. Δικαίως ἐπομένως θεωρεῖται ὁ πατέρας τῆς ατμομηχανῆς.

Ἀπὸ τότε καὶ μέχρι σήμερα πολλοὶ ἐρευνητὲς βελτίωσαν τὴν ατμομηχανή, μέχρι δὲ τὴς ἀρχῆς τοῦ 20οῦ αἰῶνα ἡ ατμομηχανή ἦταν ἡ κυριότερη θερμικὴ κινητήρια μηχανή.

Ἀπὸ τὴ φύση τῆς λειτουργίας της καὶ τὸ μέσο, ποὺ χρησιμοποιεῖ γιὰ τὴν παραγωγή τοῦ ἔργου, ἡ ατμομηχανή συνδέθηκε μὲ τὴ χρησιμοποίησή τοῦ αἵματος ἀπὸ τὸ ἔτος 1800 περίπου γιὰ βιομηχανικοὺς σκοποὺς. Χρησιμοποιήθηκε γιὰ παραγωγή ἔργου σὲ πολλὰ καὶ διάφορες χρήσεις, ὅπως π.χ. γιὰ νὰ δίνει κίνηση στὰ ἐργοστάσια, νὰ παράγει ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, νὰ κινεῖ ψυκτικὰ μηχανεῖς, ἀεροσυμπιεστὲς καὶ πολλὰ ἄλλα μηχανήματα. Πολύ περισσότερο ὅμως γιὰ νὰ κινεῖ σιδηροδρόμους καὶ αἰμόπλοια.

Κατὰ τὰ τελευταῖα ὅμως ἔτη λίγο-λίγο ἐκτοπίσθηκε στὶς μεγάλες ἐγκαταστάσεις ἀπὸ τὸν αἵμα-στροβίλο, καὶ στὶς μέτριες καὶ μικρὲς ἀπὸ τὴς μηχανεῖς Ἑσωτερικῆς Καύσεως.

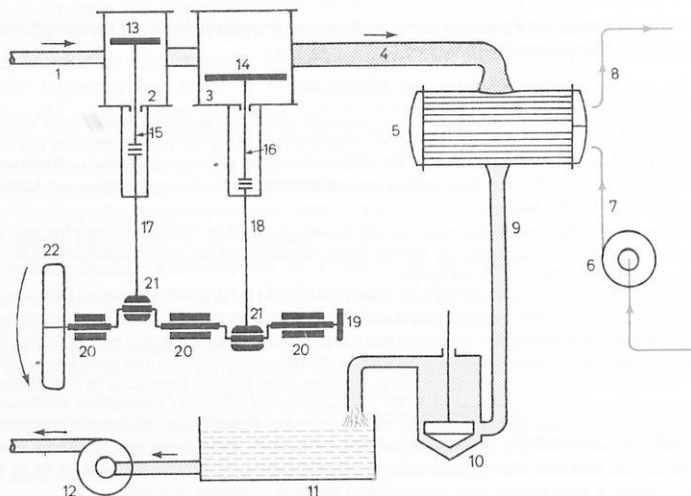
Παλινδρομικὲς μηχανεῖς χρησιμοποιοῦνται πάντως ἀκόμη σὲ μικρὴ ἔκταση ὡς κύριες μηχανεῖς αἰμοκινήτων σιδηροδρόμων καὶ ὡς βοηθητικὰ μηχανήματα σὲ αἰμοκίνητα καὶ πετρελαιοκίνητα πλοῖα, καθὼς καὶ σὲ ἄλλες βοηθητικὲς χρήσεις, π.χ. σὲ διάφορα μηχανήματα στὰ λιμάνια: βαροῦλκα, πλωτοὺς γερανούς, μικρὲς αἰμοηλεκτρικὲς ἐγκαταστάσεις κλπ.

Σήμερα μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἡ παλινδρομικὴ μηχανή ἔχει σχεδὸν ἐκλείψει, ἡ σπουδὴ τῆς ὅμως εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὴ θεμελίωση τῶν γνώσεων τῆς θερμοδυναμικῆς καὶ τῆς μηχανολογίας.

2) Ἡ στοιχειώδης ἐγκατάσταση μιᾶς παλινδρομικῆς ατμομηχανῆς.

Τὸ σχῆμα 5.1 γ παριστάνει μίαν ἀπλή ἐγκατάσταση δικύλινδρης παλινδρομικῆς ατμομηχανῆς μὲ διπλὴ ἐκτόνωση τοῦ αἵματος.

Ἡ λειτουργία τῆς ἐγκαταστάσεως αὐτῆς γίνεται ὡς ἑξῆς: Ὁ αἵμας ἔρχεται ἀπὸ τὸ λέβητα μὲ τὸν αἰμαγωγὸ (1) εἰσέρχεται στὸν κύλινδρο Υ.Π., ἐργάζεται μέσα σ' αὐτόν, ἐκτονώνεται καὶ ἐξέρχεται μὲ χαμηλότερη πίεση. Κατόπιν εἰσέρχεται στὸν κύλινδρο Χ.Π., ἐκτονώνεται γιὰ δεύτερη φορὰ καὶ ἀφοῦ ἐνεργήσει καὶ σ' αὐτόν ἐξέρχεται μὲ πολὺ μικρὴ πίεση ὡς ἐξάτμιση πρὸς τὸ ψυγεῖο. Ἐργαζόμενος ὁ αἵμας μέσα στοὺς κυλινδρούς κινεῖ τὰ ἔμβολα ἄνω-κάτω μὲ ἀποτελέσματα τὴν περιστροφή τοῦ στροφαλοφόρου ἄξονα. Οἱ στρόφαλοι τοῦ στροφαλοφόρου ἄξονα σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους ὥστε ἡ περιστροφή τοῦ ἄξονα νὰ γίνεται ὁμαλὰ χωρὶς κραδασμούς. Σ' αὐτὸ συντελεῖ καὶ ὁ σφόνδυλος ποὺ εἶναι τοποθετημένος στὸ ἄκρο τοῦ στροφαλοφόρου ἄξονα.



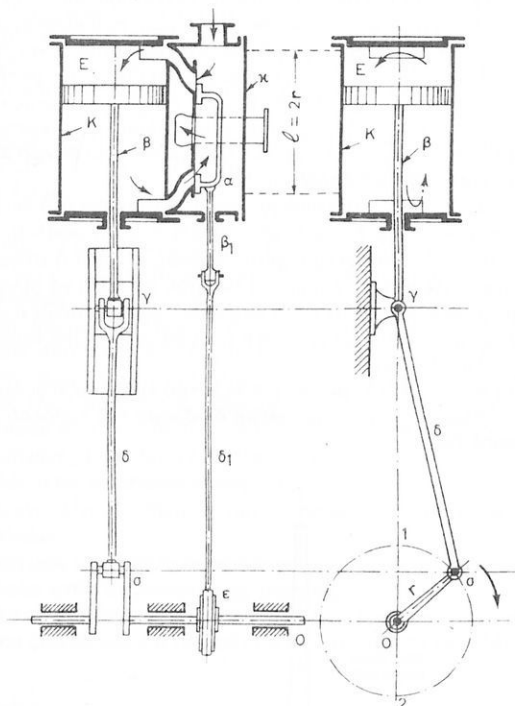
Σχ. 5.1γ.

(1) Ὁ ἀτραγωγὸς σωλήνας ἀπὸ τοῦ λέβητα, (2) καὶ (3) οἱ κύλινδροι ὑψηλῆς πίεσεως (Υ.Π.) καὶ χαμηλῆς πίεσεως (Χ.Π.) μὲ τὶς εὐθυντήριες τους, (4) ἔξαρτησιακὸς σωλήνας, (5) τὸ ψυγεῖο, (6) ἡ ἀντλία κυκλοφορίας μὲ τὴν ἀναρρόφησιν καὶ τὴν εἰσαγωγὴν νεροῦ ψύξεως στὸ ψυγεῖο (7) καὶ (8) ἡ ἐξαγωγὴ τοῦ νεροῦ, (9) ἡ ἐξαγωγὴ τοῦ συμπυκνώματος ἀπὸ τὸ ψυγεῖο, (10) ἡ ἀντλία συμπυκνώματος ἢ ἀεραντλία ἀνεξάρτητῃ ἢ καὶ ἐξαρτημένη ἀπὸ τὴν ἴδια τὴ μηχανή, ὅταν ὁλοκαθῇ κινεῖται ἀπὸ τὸ βᾶκτρο μὲσω ζυγοῦ (παλάντζα), (11) τὸ θερμοδοχεῖο, (12) ἡ προφοδοτικὴ ἀντλία μὲ τὴν ἀναρρόφησιν τῆς ἀπὸ τὸ θερμοδοχεῖο καὶ τὴν κατάθλιψιν τῆς πρὸς τὸ λέβητα, (13) καὶ (14) τὰ ἐμβόλια (Υ.Π.) καὶ (Χ.Π.), (15) καὶ (16) τὰ βᾶκτρα τους, (17) καὶ (18) οἱ διωστήρες τους, (19) ὁ στροφαλοφόρος ἄξονας μὲ τοὺς στρόφαλους, (20) οἱ τριβεῖς ἐδράνων τοῦ στροφαλοφόρου ἄξονα (21) οἱ τριβεῖς τῶν διωστήρων, καὶ (22) ὁ σφόνδυλος (βολάν) τῆς μηχανῆς.

Ἡ ἐξάτμιση τῆς μηχανῆς περιβάλλει τοὺς αὐλοὺς τοῦ ψυγείου μέσα στοὺς δ-ποίους κυκλοφορεῖ νερό ψύξεως πού καταθλίβει ἡ ἀντλία κυκλοφορίας. Ἐτσι ἡ ἐξάτμιση συμπυκνώνεται σέ νερό καί μέ τή συμπύκνωση αὐτὴ δημιουργεῖται τὸ κενό τοῦ ψυγείου πού αὐξάνει πολὺ τὴν ἀπόδοση τῆς μηχανῆς. Τὸ συμπύκνωμα τοῦ ψυγείου τὸ ἀναρροφᾷ ἡ ἀντλία συμπυκνώματος (μαζί μέ τυχόν ἀέρα) καί τὸ καταθλίβει στὸ θερμοδοχεῖο. Ἀπὸ ἐκεῖ τὸ ἀναρροφᾷ ἡ τροφοδοτικὴ ἀντλία καί τὸ καταθλίβει μέσα ἀπὸ ἓνα προθερμαντήρα νεροῦ στὸ λέβητα, ὅπου αὐτὸ θά ἀτμοποιηθεῖ πάλι καί θά ἐνεργήσῃ ξανὰ στὴ μηχανὴ ὡς ἀτμός, κατὰ τὸν ἴδιον τρόπο πού περιγράψαμε, ἐνὸς-ὡς ἡ ἐγκατάσταση θά βρῆται σέ λειτουργία.

3) Περιγραφή λειτουργίας της μονοκύλινδρης μηχανής.

Στο σχήμα 5.1δ παριστάνεται μία κατακόρυφη παλινδρομική μηχανή.
Αποτελείται από έναν κύλινδρο Κ, μέσα στον οποίο κινείται το έμβολο Ε. Ο ά-
ξονας έπενεργεί στο έμβολο αυτό έναλλακτικά, δηλαδή:



Σχ. 5.15.

α) από επάνω, όποτε τό έμβολο κινείται από τήν άνωτερη θέση του πρός τήν κατώτερη, καί

β) από κάτω, όποτε αυτό κινείται αντίστροφα.

Ή κίνηση του έμβολου μεταδίδεται, μέσω του βάκρου β τής άρθρώσεως γ (πού καλεΐται **σταυρός** ή **ζύγωμα**) καί του διωστήρα δ, στο στρόφαλο σ, πού κινείται καί διαγράφει περιφέρεια κύκλου. Έτσι προκαλεί τήν περιστροφή του άξονα Ο τής μηχανής.

Άπό τά παραπάνω καταλαβαΐνομε ότι τό έμβολο **παλινδρομεί** καί ο στρόφαλος **περιστρέφεται**.

Δίπλα στον κύλινδρο κατά μήκος τής μηχανής βρίσκεται τό άτμοκιβώτιο κ, πού μέσα του κινείται παλινδρομικά ο άτμοσύρτης α καί ρυθμίζει τήν είσαγωγή του άτμου στον κύλινδρο καί τήν εξαγωγή των εξατμίσεων. Ο άτμοσύρτης παίρνει κίνηση από τον άξονα μέ τό έκκεντρο ε, τό διωστήρα δ, καί τό βάκρο β₁.

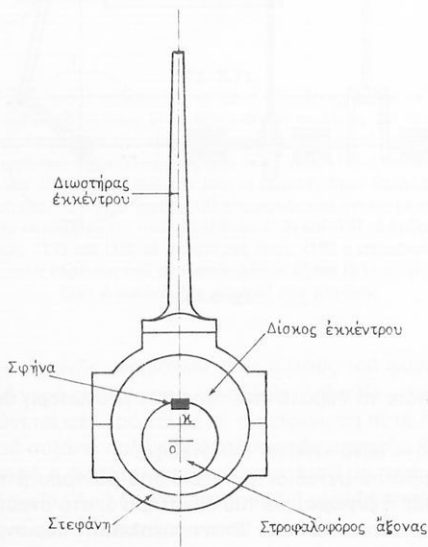
Στό σχήμα 5.1ε φαίνεται η πλάγια όψη ενός εκκέντρου, όπου Ο είναι το κέντρο του άξονα και κ το κέντρο του δίσκου του εκκέντρου, που είναι προσαρμοσμένος στον άξονα με μία σφήνα. Η απόσταση Οκ λέγεται εκκεντρικότητα. Όταν ο άξονας περιστρέφεται, το εκκέντρο διαγράφει περιφέρεια ακτίνας ίσης, με την εκκεντρικότητα Οκ. Το άκρο του διωστήρα του, το βάκτρο και ο ατμοσύρτης κάνουν επομένως μία διαδρομή, όση είναι η διάμετρος του κύκλου της εκκεντρικότητας.

Η ανώτερη θέση του έμβολου (σχ. 5.1δ) λέγεται **Άνω Νεκρό Σημείο** (Α.Ν.Σ.) και η κατώτερη **Κάτω Νεκρό Σημείο** (Κ.Ν.Σ.).

Επίσης τά σημεία 1 και 2 στρόφαλου, που αντιστοιχούν στα νεκρά σημεία του έμβολου, λέγονται Άνω και Κάτω νεκρά σημεία του στρόφαλου.

Τά σημεία αυτά καλούνται νεκρά, γιατί ακριβώς σ' αυτά ή στιγμιαία ταχύτητα του έμβολου είναι μηδενική και επομένως θά ήταν αδύνατο νά συνεχισθεϊ ή κίνηση της μηχανής, αν δέν βοηθοϋσε άλλη έξωτερική δύναμη, όπως π.χ. του σφονδύλου (βολάν) σέ μία μονοκύλινδρο μηχανή ή τό έμβολο ενός από τούς άλλους κύλινδρους σέ μία πολυκύλινδρο.

Η απόσταση από τό Α.Ν.Σ. μέχρι τό Κ.Ν.Σ. του έμβολου λέγεται **άπλή διαδρομή**. Δύο άπλές διαδρομές δίνουν μία **πλήρη διαδρομή** του έμβολου ή διαφορετικά μία **παλινδρόμησή του**.



Σχ. 5.1ε.

Όταν τό έμβολο πραγματοποιεί μία άπλή διαδρομή, ο στρόφαλος εκτελεί **μισή στροφή**, ενώ όταν τό έμβολο κάνει μία παλινδρόμηση, ο στρόφαλος εκτελεί μία **ολόκληρη ή πλήρη στροφή**.

Εύκολα αντιλαμβανόμαστε από τό γεωμετρικό σχήμα του μηχανισμού ότι μία απλή διαδρομή του έμβολου είναι ακριβώς ίση με μία διάμετρο του στροφάλου, ωστε, αν στο σχήμα 5.1δ ονομάσουμε: r την ακτίνα του στροφάλου, d τη διάμετρο του στροφάλου και l την διαδρομή του έμβολου, θά έχουμε:

$$d = 2r, l = d \quad \text{καί} \quad l = 2r$$

Για τό σύρτη, ό όποιος κατ' αντιστοιχία παίρνει ανάλογη κίνηση από τό έκκεντρο, αν ονομάσουμε: e την ακτίνα εκκεντρικότητας του εκκέντρου καί s τη διαδρομή του σύρτη, θά έχουμε :

$$s = 2e$$

Από τη λειτουργία της μηχανής αντιλαμβανόμαστε ότι είναι δυνατό νά είναι κατασκευασμένη, για νά στρέφεται καί προς τά άριστερά, όποτε ονομάζεται αναλόγως **άριστερόστροφη** ή **δεξιόστροφη**.

Όταν λέμε ότι μία μηχανή είναι άριστερόστροφη ή δεξιόστροφη, πρέπει νά καθορίζομε πάντοτε από ποιά άκρη της τη βλέπομε. Κατά κανόνα θεωρούμε ότι τη βλέπομε από την άκρη, από την όποία ή ίδια δίνει την κίνηση καί στην όποία βρίσκεται συνήθως καί ό σφόνδυλος. Ειδικότερα για τίς προωστήριες μηχανές των πλοίων τίς βλέπομε από την πρύμνη του πλοίου προς την πλώρη του.

Όρισμένες μηχανές μπορούν νά στρέφουν καί προς τά δεξιά καί προς τά άριστερά, όποτε λέγονται **άναστρεφόμενες** μηχανές.

Αναστρεφόμενες είναι οι μηχανές των σιδηροδρόμων, βαρούλκων καί όλες οι μηχανές των πλοίων.

Η άναστροφή μιās μηχανής πραγματοποιείται με ιδιαίτερο μηχανισμό, ό όποιος ένεργεί κατάλληλα στον άτμοσύρτη της μηχανής.

Τό σχήμα 5.1στ παριστάνει γραμμικά άνάλογη όριζόντια μηχανή έγκαταστάσεως ξηρής όπου διακρίνομε καί τό σφόνδυλο με τόν ιμάντα μεταδόσεως της κινήσεως.

4) Μηχανή πλοίου.

Αυτή φαίνεται σε φωτογραφία στο σχήμα 5.1ζ. Είναι τρικύλινδρη με τριπλή έκτόνωση.

5) Σύγχρονη άτμομηχανή σιδηρόδρομου.

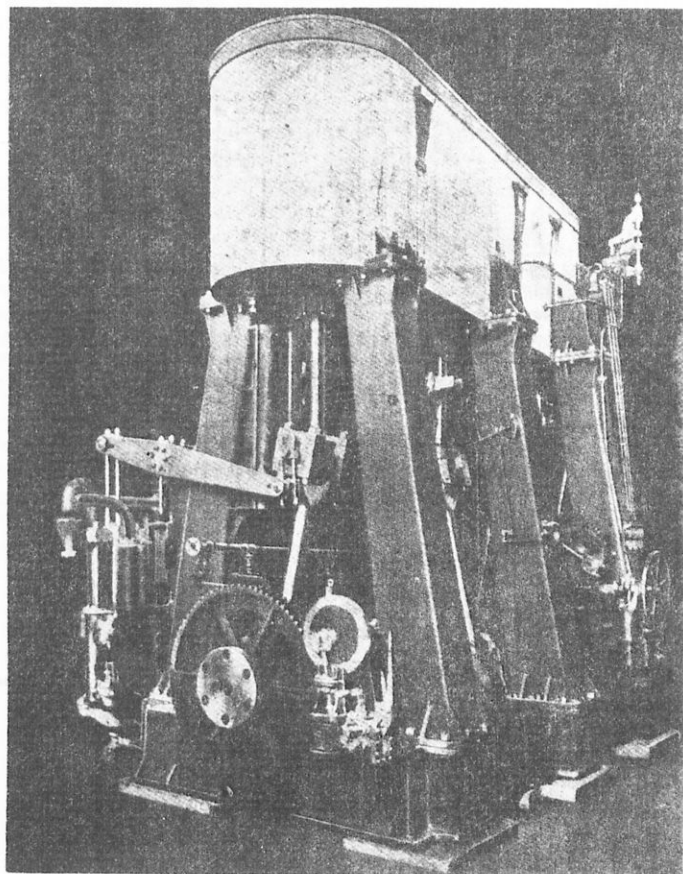
Τό σχήμα 5.1η παριστάνει διαγραμμικά άτμομηχανή σιδηρόδρομου σύγχρονου τύπου, κατασκευασμένη από τά έλβετικά έργοστάσια σιδηροδρόμων.

Παρατηρούμε στο σχήμα αυτό ότι ό λέβητας άποτελείται από ένα άτμοϋδροθάλαμο επάνω καί δύο υδροθάλαμους κάτω, πού συνδέονται μεταξύ τους με αύλους καί κάθετους όχετούς νερού. Παράγει άτμό 850 p.s.i (60 At) περίπου. Προβλέπεται έπίσης προθερμαντήρας νερού, οικονομητήρας, προθερμαντήρας άέρα καί ύπερθερμαντήρας άτμού.

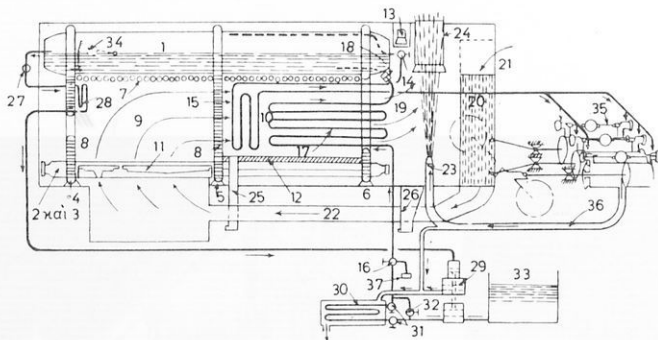
Η τρικύλινδρη μηχανή με βαλβίδες (άντί για άτμοσύρτες) είναι τοποθετημένη στο έμπρός μέρος του λέβητα. Οι κύλινδροι έχουν διάμετρο 8,5" καί διαδρομή 13,5".

6) Τό δυναμοδεκτικό διάγραμμα της μηχανής.

Ας εξετάσομε στο σχήμα 5.1θ έναν κύλινδρο άτμομηχανής με τό έμβολό του. Σημειώνομε τίς άκραίες θέσεις του έμβολου, οι όποιες είναι (1) τό Α.Ν.Σ. καί (2) τό

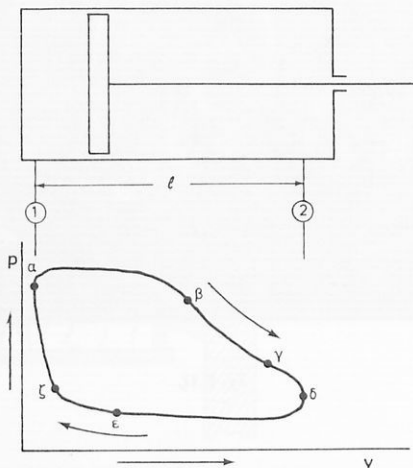


Σχ. 5.1ζ.



Σχ. 5.1η.

(1) Ἀτμοῦδροθάλαμος, (2) καὶ (3) ὑδροθάλαμος, (4) πίσω τοίχωμα φλογοθάλαμου, (5) ἐμπρός τοίχωμα φλογοθάλαμου, (6) πρόσοψη τοῦ λέβητα, (7) αὐλοί, (8) αὐλοσητρίσματα, (9) φλογοθάλαμος, (10) θάλαμος ὑπερθερμαντήρα καὶ προθερμαντήρα, (11) σχάρα, (12) δάπεδο ἐστίας μέ πυρίμαχο ὑλικό, (13) ἀσφαλιστικό ἐπιστόμιο, (14) ἀτμοφράκτης, (15) ὑπερθερμαντήρας, (16) τροφοδοτικό ἐπιστόμιο, (17) προθερμαντήρας νεροῦ, (18) τροφοδοτικό ἐπιστόμιο, (19) καπνοθάλαμος, (20) προθερμαντήρας ἀέρα, (21) εἰσοδος ἀέρα σὸν προθερμαντήρα, (22) ἀγωγός ἀέρα, (23) ἐκτόξευση ἀτμοῦ τεχνητοῦ ἔλκυσμοῦ, (24) καπνοδόχος, (25) καὶ (26) ἀνοίγματα καθαρισμοῦ, (27) βοηθητικός ἀτμοφράκτης, (28) ὑπερθερμαντήρας γιὰ τήν τροφοδοτική ἀντλία, (29) τροφοδοτική ἀντλία, (30) προθερμαντήρας ἐξατμίσεων, (31) καὶ (32) ἀτμοφράκτες, (33) δεξαμενὴ νεροῦ, (34) τροφοδοτικός ρυθμιστής, (35) ἀτμομηχανή, (36) ἀγωγός ἐξατμίσεων τῆς μηχανῆς, (37) σύνδεσμος γιὰ τὸ γέμισμα μέ νερό.



Σχ. 5.1θ.

Κ.Ν.Σ. και τη διαδρομή του έμβολου L . Έπειδή η έπιφάνεια του έμβολου είναι σταθερή, έπεται ότι κάθε θέση του έμβολου αντιστοιχεί μέ έναν όρισμένο όγκο άτμου μέσα στον κύλινδρο. Μέ τη γνωστή μας μέθοδο (παραγρ. 1.2.2) χαράσσουμε κάτω από τον κύλινδρο σέ άξονες p - V τίς μεταβολές της πίεσεως του άτμου μέσα στον κύλινδρο (γιά την άριστερή ή πάνω όψη του έμβολου) σέ συνάρτηση μέ τον όγκο πού έχει κάθε στιγμή. Έτσι έχομε τίς αλλαγές καταστάσεως του άτμου συνολικά κατά τη διαδρομή του έμβολου από τη θέση 1 στη θέση 2 και από αυτήν πάλι στην άρχική θέση 1 γιά την άριστερή ή άνω όψη του έμβολου. Σχηματίζομε τότε την κλειστή καμπύλη αβγδεζα, ή όποία λέγεται διάγραμμα της λειτουργίας της άτμομηχανής. Έπάνω σ' αυτό σημειώνομε τά χαρακτηριστικά σημεία α, β, γ, δ, ε, ζ τά όποια προσδιορίζουν τίς επί μέρους αλλαγές, οι όποιες πλησιάζουν πρός αυτές πού αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.3 και πού έδω είδικότερα είναι:

αβ = ή είσαγωγή ή είσοδή του άτμου

βγ = ή έκτόνωση του άτμου

γδ = ή προεξαγωγή (πρίν δηλαδή τό έμβολο φθάσει στό Κ.Ν.Σ.) του άτμου

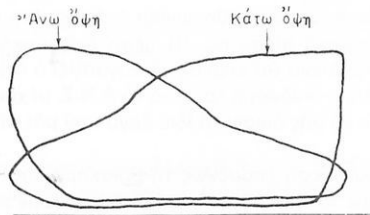
δε = ή έξαγωγή του άτμου

εζ = ή συμπίεση του άτμου από τό έμβολο πού ξαναγυρίζει

ζα = ή προείσαγωγή του (πρίν δηλαδή τό έμβολο φθάσει στό ΑΝΣ)

Αυτές όνομάζονται είδικότερα **φάσεις λειτουργίας** της μηχανής και πραγματοποιούνται μέ τον άτμονομέα ή άτμοσύρτη ό όποιος είναι ρυθμισμένος έτσι, ώστε νά άνοίγει και νά κλείνει τίς θυρίδες γιά την είσαγωγή ή την έξαγωγή του άτμου σέ όρισμένη κάθε φορά θέση.

Κατά την ώρα της λειτουργίας της μηχανής προσαρμόζομε σ' αυτήν είδικό όργανο πού λέγεται **δυναμοδείκτης** και πού μάς καταγράφει πάνω σ' ένα χαρτί τό διάγραμμα αυτό και μάλιστα (μ' έναν άπλό χειρισμό) μάς δίνει και τά δύο διαγράμματα της άνω και της κάτω όψεως του έμβολου όπως φαίνονται στό σχήμα 5.1ι τοποθετημένα τό ένα αντίθετα από τό άλλο.



Σχ. 5.1ι.

Από τό δυναμοδείκτη όνομάζεται και τό διάγραμμα **δυναμοδεικτικό**.

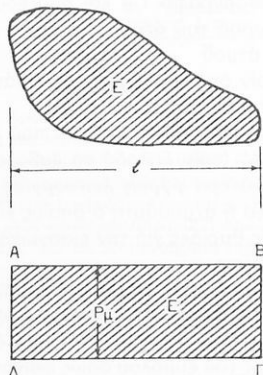
Τό δυναμοδεικτικό διάγραμμα είναι ένα χρησιμότατο στοιχείο γιατί άπ' αυτό ό υπεύθυνος μηχανικός της έγκαταστάσεως όχι μόνο μπορεί νά κρίνει άν ή μηχανή έργάζεται κανονικά, αλλά επί πλέον νά ύπολογίσει τό έργο του άτμου μέσα στον κύλινδρο και άπ' αυτό την ισχύ ή ίπποδύναμη της μηχανής.

7) Μέση πίεση.

Γιά να βρούμε την ισχύ της μηχανής από το διάγραμμα είναι ανάγκη να προσδιορίσουμε τη λεγόμενη **μέση πίεση**.

Είναι γνωστό ότι το έμβασόν του διαγράμματος (πού μπορούμε να το μετρήσουμε με διάφορες μεθόδους της γεωμετρίας ή με πλανίμετρο) μάς δίνει το έσωτερικό έργο E του κύλινδρου και το λέμε και **δυναμοδεικτικό** ή **ένδεικτικό** (σχ. 5.1α).

Το έμβασόν αυτό μπορούμε να το παραστήσουμε με ένα ισοδύναμο όρθογώνιο $AB\Gamma\Delta$, πού θα έχει βάση τη διαδρομή του έμβολου και ύψος τόσο, ώστε, αν το πολλαπλασιάσουμε με τη διαδρομή, να μάς δώσει το έμβασόν του δυναμοδεικτικού διαγράμματος.



Σχ. 5.1α.

Τό ύψος του ισοδύναμου όρθογωνίου έκφρασμένο σε μονάδες πίεσεως ονομάζουμε μέση ένδεικτική πίεση p_m . 'Η μέση ένδεικτική πίεση δηλαδή είναι ή σταθερή πίεση με την οποία θα έπρεπε να εργασθεί ο ατμός από τη μιά όψη του έμβολου κατά την πλήρη διαδρομή του από τό Α.Ν.Σ. μέχρι τό Κ.Ν.Σ. και από αυτό πάλι στο Α.Ν.Σ. ώστε να μάς δώσει τό ίδιο έργο πού μάς δίνει με τη μεταβαλλόμενη πίεση.

Τή μέση ένδεικτική πίεση επομένως τη βρίσκομε από τό δυναμοδεικτικό διάγραμμα, αν μετρήσουμε τό έμβασόν του και τό διαιρέσουμε με τη διαδρομή, έχοντας πάντοτε υπ' όψη την κλίμακα, πού χρησιμοποιούμε για τίς πιέσεις, και αυτή πού χρησιμοποιούμε για τά μήκη των διαδρομών.

Τή μέση ένδεικτική πίεση τη χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε τη λεγόμενη **ένδεικτική ιπποδύναμη** ή **ισχύ**, ως εξής.

8) Ένδεικτική ισχύς ή ιπποδύναμη.

'Η ένδεικτική ισχύς γράφεται με τό σύμβολον I.H.P. (από τό άγγλικό Indicated Horse Power), τό όποιο σημαίνει ένδεικτική ιπποδύναμη.

Γιά να τη βρούμε σκεπτόμαστε ότι, αν πολλαπλασιάσουμε τη μέση ένδεικτική

πίεση p_μ επί τήν επιφάνεια του έμβολου α θά έχομε τή μέση κινητήρια δύναμη επί του έμβολου, ίση με $p_\mu \cdot \alpha$. Έφ' όσον l είναι ή διαδρομή του έμβολου, τό γινόμενο $p_\mu \cdot \alpha \cdot l$ θά μάς δώσει τό έργο πού παράγεται από τόν άτμό σέ μία πλήρη διαδρομή του έμβολου, δηλαδή μία πλήρη στροφή του στροφάλου τής μηχανής, γιά τή μία όψη του έμβολου.

Γιά νά βρούμε τό έργο του άτμου σέ μία πλήρη διαδρομή του έμβολου ή μία στροφή του στροφάλου καί γιά τίς δύο όψεις του έμβολου, παίρνομε τό δυναμο-δεικτικό διάγραμμα καί τής άλλης όψεως καί βρίσκομε τή p_μ καί διά τήν άλλη όψη. Έχομε έτσι δύο μέσες ένδεικτικές πιέσεις, επάνω όψεως καί κάτω όψεως. Ό μέσος όρος αυτών των δύο καλεΐται **μέση ένδεικτική πίεση** του κύλινδρου p . Αύτή τή βάζομε στόν τύπο $p \cdot l \cdot \alpha$, όποτε πολλαπλασιάζοντας τό $p \cdot l \cdot \alpha$ επί 2, έχομε ότι τό ζητούμενο έργο καί γιά τίς δύο όψεις βρίσκεται από τό γινόμενο $2p \cdot l \cdot \alpha$. Έπομένως άν ή μηχανή στρέφεται μέ ταχύτητα n στροφές τό λεπτό, συμπεραΐνομε ότι τό έργο τής μηχανής σέ 1 λεπτό θά είναι $2p \cdot l \cdot \alpha \cdot n$.

Ό αριθμός αυτός μάς δίνει τήν ισχύ τής μηχανής σέ κιλοποντόμετρα τό λεπτό μέ τήν προϋπόθεση ότι **μετράμε τήν πίεση p σέ kp/cm^2 , τήν επιφάνεια του έμβολου α σέ cm^2 καί τή διαδρομή του έμβολου l σέ μέτρα, τό δέ n τό εκφράζομε σέ στροφές τό λεπτό (σ.α.λ.).**

Έπειδή 1 λεπτό ίσούται μέ 60 δευτερόλεπτα, διαιρούμε τό γινόμενο $2p \cdot l \cdot \alpha \cdot n$ διά 60, όποτε θά έχομε τήν ισχύ τής μηχανής, μετρημένη σέ χιλιοπντόμετρα τό δευτερόλεπτο:

$$\frac{2 p \alpha n}{60} \text{ kpm/s}$$

Καί έπειδή 75 kpm/s μάς δίνουν 1 μετρικό ίππο PS, άν διαιρέσομε τό τελευταίο αυτό γινόμενο μέ τό 75, θά βρούμε στήν ισχύ τής μηχανής σέ ίππους:

$$I.H.P. = \frac{2 p \alpha n}{60 \times 75} \text{ (PS)} \quad \text{ή} \quad I.H.P. = \frac{2 p \alpha n}{4500} \text{ (PS)}$$

Όταν έχομε πολυκύλινδρη μηχανή ύπολογίζομε τήν ίπποδύναμη κάθε κύλινδρου χωριστά καί άθροίζομε τίς επί μέρους ίπποδυνάμεις γιά νά βρούμε τή συνολική τής μηχανής.

Παράδειγμα.

Έστω κύλινδρος άτμομηχανής διαμέτρου 0,5 m καί διαδρομής 0,55 m. Ζητείται ή ένδεικτική ίπποδύναμή του, όταν από τό δυναμοδεικτικό διάγραμμα βρούμε $p = 3 \text{ kp/cm}^2$ καί ό αριθμός στροφών τής μηχανής είναι $n = 72 \text{ σ.α.λ.}$

Λύση.

$$\text{Θά έχομε} \quad \alpha = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1965 \text{ cm}^2 \text{ επιφάνεια έμβολου, όποτε:}$$

$$I.H.P. = \frac{2 \times 3 \times 0,55 \times 1965 \times 72}{4500} = 103 \text{ PS περίπου.}$$

9) Πραγματική ισχύς ή ιπποδύναμη.

Ἡ πραγματική ισχύς ή ιπποδύναμη συμβολίζεται μέ τά σύμβολα B.H.P. (ἀπό τό ἀγγλικό Brake Horse Power) ή S.H.P. (ἀπό τό ἀγγλικό Shaft Horse Power), τά ὁποῖα σημαίνουν **ἱπποδύναμη πέδης** καί **ἱπποδύναμη ἄξονα** ἀντιστοίχως.

Ἡ πραγματική ισχύς ὑπολογίζεται μέ μία εἰδική συσκευή, ἡ ὁποία τοποθετεῖται στόν ἄξονα καί ἡ ὁποία ἀπορροφᾷ τήν ισχύ τῆς μηχανῆς σάν πέδη (φρένο) καί ἐπιτρέπει τήν καταμέτρησή της. Ἡ συσκευή αὕτη λέγεται **δοκιμαστική πέδη** ἢ **χαλινωτήριον**. Παλαιότερα γιά πολύ μικρές μηχανές χρησιμοποιοῦνταν ἡ πέδη τοῦ Prony. Αὕτη μετέτρεπε τή μηχανική ἐνέργεια τῆς μηχανῆς σέ θερμότητα μέ τήν τριβή ἐνός ἱμάντα ἡ δύο σιαγόνων ἐπάνω σέ μία τροχαλία, πού στρεφόταν μέ τόν ἄξονα τῆς μηχανῆς. Σήμερα χρησιμοποιοῦνται γιά τό σκοπό αὐτό τελειότερες συσκευές, ὅπως οἱ **ὑδραυλικές** πέδες (πέδη τοῦ Freud) ἢ **ἠλεκτρικές**, οἱ ὁποῖες μετατρέπουν τή μηχανική ἐνέργεια τῆς μηχανῆς εἴτε σέ θερμότητα (ἡ ὁποία ἀνυψώνει τή θερμοκρασία νεροῦ πού βρίσκεται σέ ἕνα δοχεῖο, μέσα στό ὁποῖο περιστρέφονται πτερύγια στερεωμένα στόν ἄξονα τῆς μηχανῆς), εἴτε σέ ἠλεκτρισμό μέσω μιᾶς εἰδικῆς γεννήτριας, πού κινεῖται ἀπό τόν ἄξονα τῆς μηχανῆς.

Ἡ μέτρηση τῆς ἰσχύος μέ τόν τρόπο αὐτό γίνεται πάντοτε στά ἐργοστάσια κατασκευῆς τῶν μηχανῶν, καθώς καί σέ ὁρισμένα εἰδικά ἐπισκευαστικά κέντρα.

Γιά τή μέτρηση τῆς πραγματικῆς ἰσχύος ἐπὶ τόπου, καί κατά τρόπο, ὥστε ἡ μέτρηση ἡ ἴδια νά μήν ἀπορροφᾷ ισχύ, χρησιμοποιοῦνται μερικές φορές εἰδικά ὄργανα, τά **στρεψίμετρα**.

Ἡ λειτουργία τους βασίζεται στή μέτρηση τῆς στρέψεως, πού ὑφίσταται ὁ ἄξονας τῆς μηχανῆς σέ ὁρισμένο μήκος του, καί ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπό τήν ισχύ, πού μεταφέρει ὁ ἄξονας: Ἡ στρέψη μετρίεται ὡς γωνία μέ ὀπτική ἢ ἠλεκτρική μέθοδο καί ἀπ' αὕτη ὑπολογίζεται ἡ ἱπποδύναμη.

Τά στρεψίμετρα ἐντούτοις σπανίως χρησιμοποιοῦνται στίς παλινδρομικές μηχανές, ἐνῶ ἀντιθέτως χρησιμοποιοῦνται ἀρκετά στούς στρόβιλους. Στίς παλινδρομικές μηχανές ὡς ἐπὶ τό πλεῖστον ὑπολογίζεται μόνο ἡ **ἐνδεικτική ισχύς**, ἀπό τήν ὁποία ὅμως μποροῦμε νά ὑπολογίσουμε καί τήν πραγματική, ὅταν γνωρίζουμε τό μηχανικό βαθμό ἀποδόσεως η_{μ} τῆς μηχανῆς.

Στήν περίπτωση αὕτη θά ἔχομεν ὅτι:

$$B.H.P. = I.H.P. \cdot \eta_{\mu}.$$

Παράδειγμα.

Ἄν ὑπολογίσθηκε ἡ συνολική ἐνδεικτική ιπποδύναμη τῆς μηχανῆς σέ 2500 PS π.χ., καί γνωρίζουμε τό βαθμό μηχανικῆς ἀποδόσεώς της π.χ. $\eta_{\mu} = 90\%$, βρίσκομε εὐκόλα ὅτι ἡ πραγματική ιπποδύναμη ἢ ιπποδύναμη τοῦ ἄξονα της θά εἶναι:

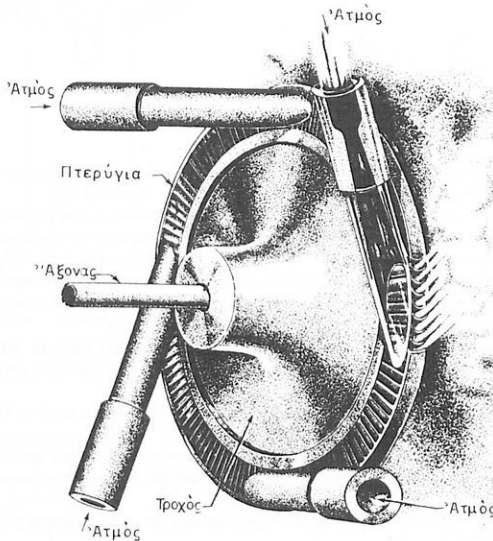
$$B.H.P. \text{ ἢ } S.H.P. = 2500 \times 0,90 = 2250 \text{ (PS)}$$

γ) Τί εἶναι ὁ ἀτμοστρόβιλος. Ἱστορική ἐξέλιξη τῶν ἀτμοστροβίλων.

1) Γενικά.

Ὁ ἀτμοστρόβιλος (τουρμπίνα) εἶναι θερμική μηχανή, πού ἀνήκει στήν κατηγορία τῶν μηχανῶν ἐξωτερικῆς καύσεως καί μετατρέπει ὅπως καί ἡ παλινδρομική ἀτμομηχανή τήν ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ σέ ὠφέλιμο μηχανικό ἔργο.

Στήν απλή μορφή του ο ατμοστρόβιλος αποτελείται από έναν άξονα, πάνω στον οποίο προσαρμόζονται ένας ή περισσότεροι **τροχοί με πτερύγια** στην περιφέρειά τους (σχ. 5.1ιβ). Αντί τροχών μπορεί να προσαρμοσθεί στον άξονα επίμηκες **τύμπανο**, ή και να κατασκευασθεί τό τύμπανο ολόσωμο μαζί με τον άξονα. Στο τύμπανο υπάρχουν επίσης σειρές πτερυγίων τοποθετημένες κατά περιφέρειες. Σέ άλλες κατασκευές τέλος υπάρχει συνδυασμός τροχών και τυμπάνου πάνω σέ κοινό άξονα.



σχ. 5.1ιβ.

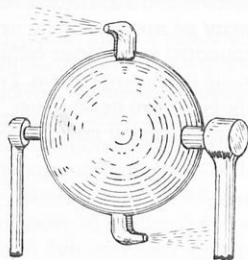
Πάνω στά πτερύγια του στρόβιλου χτυπά ο ατμός, ο οποίος, λόγω της ταχύτητας ή της έκτονωτικής του δυνάμεως προκαλεί την περιστροφή του άξονα, ο οποίος αποδίδει τό κινητήριο έργο.

Η κίνηση του ατμοστρόβιλου είναι πάντοτε περιστροφική.

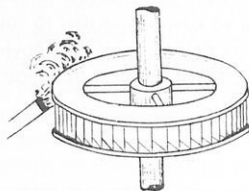
Ο ατμοστρόβιλος, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του, χρησιμοποιείται τά τελευταία χρόνια γιά την παραγωγή έργου σέ μεγάλα εργοστάσια, πλοία κλπ. και έχει έκτοπίσει σχεδόν τελείως, τουλάχιστο στίς έγκαταστάσεις μεγάλης ίπποδυνάμεως, την παλινδρομική άτμομηχανή.

2) Έξελιξη του ατμοστρόβιλου.

Η ιδέα χρησιμοποίησης του ατμού κατά τρόπο παρόμοιο προς αυτόν, ο οποίος εφαρμόζεται σήμερα στους στρόβιλους αντιδράσεως όφείλεται στον Άλεξανδρινό μαθηματικό και φυσικό Ήρωνα, ο οποίος κατασκεύασε συσκευή πού ονομάστηκε **σφαίρα του Ήρωνα** (σχ.5.1ιγ). Μέ αυτή ο Ήρων απέβλεπε νά έκμεταλλευθεί την ενέργεια, ή όποία προκύπτει από την αντίδραση της ροής του ατμού.



Σχ. 5.1ιγ.



Σχ. 5.1ιδ.

Ἐπὶ αἰῶνες κατόπιν οἱ μηχανικοὶ προσπάθησαν νὰ θέσουν ὑπὸ ἔλεγχου τὴν ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ γιὰ παραγωγή ἐργου μέ διάφορες ἐπινοήσεις, χωρὶς ὅμως ἰδιαίτερη πρακτικὴ ἀξία.

Μία ἀξιόλογη προσπάθεια ἀποτελεῖ ἡ κατασκευὴ τοῦ ἱταλοῦ καλλιτέχνη καὶ μηχανικοῦ Leonardo da Vinci, ἡ ὁποία ἦταν ἀπὸ χαλκὸ καὶ ἔμοιαζε μέ κἀνη πολυβόλου, ἐρριχνε δέ σφαιρικὰ βλήματα βάρους 30 κρ περίπου μέ τὴν ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ. Ὁ ἀτμός πού χρειαζόταν γιὰ τὴ λειτουργία της παραγόταν μέ ἐκτόξευση νεροῦ στὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα κλειστοῦ δοχείου, τὰ ὁποῖα θερμαίνονταν ἐξωτερικὰ. Ἡ ἀπότομη ἀτμοποίηση καὶ ἐκτόνωση τοῦ ἀτμοῦ προκαλοῦσε τὴν ἐκσφενδόνιση τῆς σφαίρας.

Μία ἄλλη προσπάθεια κατὰ τὸ 1601 ἀποδίδεται στὸν ἱταλὸ Giovanni Battista della Porta, ὁ ὁποῖος, ἐφαρμόζοντας τὴν ἀρχὴ τῆς σφαίρας τοῦ Ἡρωνος, χρησιμοποίησε τὸν ἀτμὸ γιὰ τὴν ἀνύψωση νεροῦ καὶ τὴν ἐκτόξευσή του σέ ὀρισμένο ὕψος.

Ἄλλες παρόμοιες προσπάθειες ἐγίναν ἀπὸ τοὺς γάλλους Florence Raivault κατὰ τὸ 1605 καὶ Solomon de Caus κατὰ τὸ 1615.

Ἡ πιὸ ἀξιόλογη πάντως συσκευή ἦταν τοῦ ἱταλοῦ σοφοῦ Giovanni di Branca κατὰ τὸ 1629, ὁ ὁποῖος χρησιμοποίησε τὴν ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ γιὰ τὴν κίνηση τροχοῦ, πού εἶχε πτερύγια στὴν περιφέρειά του (σχ. 5.1ιδ).

Ὁ μεγάλος ἀγγλος φυσικὸς Isaac Newton σκέφθηκε ἐπίσης νὰ κινήσει ἄμαξα μέ ἐκτόξευση ἀτμοῦ πρὸς τὰ πίσω.

Οἱ ἐπινοήσεις αὐτές δέν βρῆκαν πρακτικὴ ἐφαρμογὴ (γιατὶ ἔλειπαν τὰ τεχνικὰ μέσα κατὰ τὴν ἐποχὴ ἐκείνη), μέχρις ὅτου κατὰ τὸ 1883 ὁ Σουηδὸς μηχανικὸς de Laval κατασκεύασε τὸν πρῶτο ἀτμοστρόβιλο ἀπὸ ἑνα τροχὸ μέ πτερύγια, ὁ ὁποῖος περιστρεφόταν μέ ταχύτητα 25000 στροφῶν τὸ λεπτό (σ.α.λ.).

Ταυτόχρονα σχεδόν, κατὰ τὸ 1884, ὁ ἀγγλος μηχανικὸς Parson κατασκεύασε στρόβιλο, στὸν ὁποῖο ἐφάρμοσε ἐπιτυχῶς τὴν ἀρχὴ τῆς ἀντιδράσεως γιὰ τὴν παραγωγή ἐργου ἀπὸ τὸν ἀτμὸ.

Τὸν τροχὸ de Laval ἀργότερα ἐτελειοποίησε ὁ Ἀμερικανὸς μηχανικὸς Charles Gordon Curtis πού κατασκεύασε τὸν ὁμώνυμο στρόβιλο Curtis ἢ στρόβιλο δράσεως.

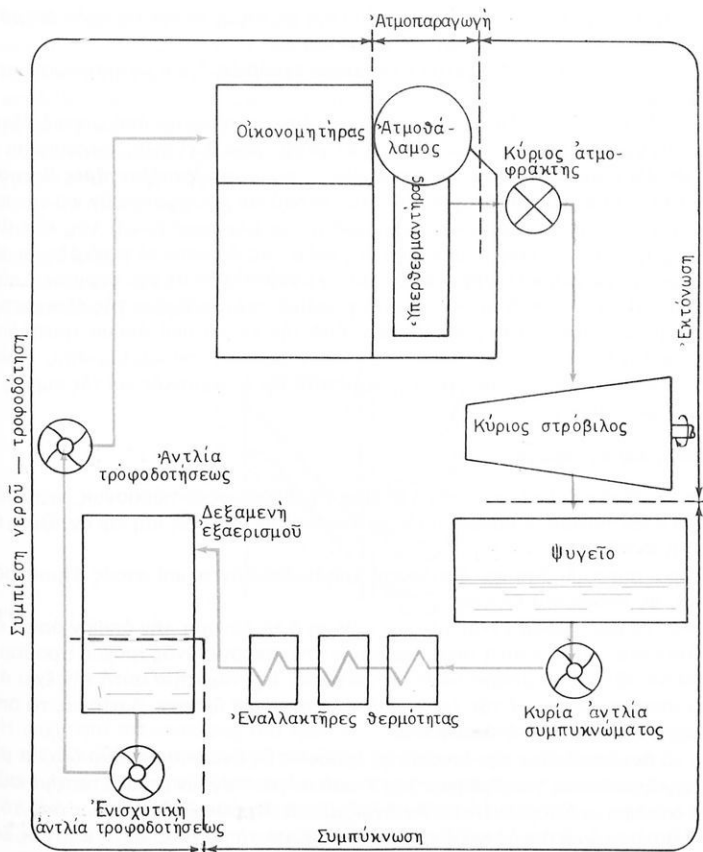
Κατὰ τὰ ἐπόμενα χρόνια ὁ στρόβιλος τροποποιήθηκε πολὺ καὶ τελειοποιήθηκε κι ἔτσι κατέλαβε ἀξιόλογη θέση στὶς βιομηχανικὲς ἐγκαταστάσεις ξηρὰς καὶ στὰ πλοία.

3) Τὸ κύκλωμα λειτουργίας τοῦ ἀτμοστρόβιλου.

Τὸ σχῆμα 5.1ιε παριστάνει διαγραμματικὰ στὴν ἀπλή του μορφή τὸ κύκλωμα λειτουργίας μιᾶς σύγχρονης ἐγκαταστάσεως ἀτμοστρόβιλου.

Ἐργαζόμενη οὐσία εἶναι τὸ νερό, τὸ ὁποῖο ὑποβάλλεται σέ ἀλλαγές τῆς φυσικῆς του καταστάσεως ἀπὸ νερὸ σέ ἀτμὸ καὶ ἀντιστρόφως κατὰ καθορισμένο τρόπο, μέ σκοπὸ τὴν παραγωγή ἐργου.

Οἱ βασικὲς διαδοχικὲς φάσεις λειτουργίας στοῦ κύκλωμα αὐτό, εἶναι οἱ ἐξῆς τέσσερις:



Σχ. 5.11ε.

- **Ἡ συμπίεση** τοῦ νεροῦ σέ πίεση ὑψηλότερη ἀπὸ αὐτή, πού ἐπικρατεῖ μέσα στοῦ λέβητα καί ἡ **τροφοδότηση** τοῦ λέβητα.
- **Ἡ ἀτμοπαραγωγή** μέ θέρμανση τοῦ νεροῦ στοῦ λέβητα.
- **Ἡ ἐκτόνωση** τοῦ ἀτμοῦ μέσα στοῦ στρόβιλο καί ἡ παραγωγή ἔργου.
- **Ἡ συμπύκνωση** τοῦ ἀτμοῦ σέ νερό μέσα στοῦ ψυγεῖο.

Ἡ ὅλη λειτουργία τῆς ἐγκαταστάσεως πραγματοποιεῖται ὡς ἑξῆς:

Ἡ ἐνίσχυτικὴ ἀντίληψις τροφοδοτήσεως ἀναρροφᾷ τὸ νερό ἀπὸ τῆ δεξαμενῆ ἐξαι-
ρισμοῦ, ἡ ὁποία ὀνομάζεται καὶ **θερμοδοχεῖο**, καὶ τὸ καταθλίβει στὴν ἀναρρόφηση
τῆς **ἀντλίας τροφοδοτήσεως** τοῦ λέβητα. Αὐτὴ τὸ συμπίεζει σὲ πίεση μεγαλύτερη
ἀπὸ τὴν πίεση τοῦ λέβητα καὶ τὸ καταθλίβει πρῶτα στὸν **οἰκονομητήρα**, καὶ ἀπὸ ἐ-
κεῖ στὸ **λέβητα**.

Μέσα στο λέβητα τό νερό ατμοποιείται καί ως ατμός όδηγεΐται στόν **υπερθερμαντήρα**, από τόν όποΐο βγαΐνει ως υπερθερμος.

Ο υπερθερμος ατμός όδηγεΐται στόν **κύριο στρόβιλο**, όπου μέ έκτόνωση παράγει τό έργο.

Από τό στρόβιλο ό ατμός πού παρήγαγε έργο εΐσέρχεται υπό μορφή εξατμίσεων στο **ψυγείο**, όπου συμπυκνώνεται σέ νερό. Από εκεί αναρροφάται από τήν κύρια **άντλία συμπυκνώματος** καί καταθλίβεται πρós τούς **έναλλακτήρες θερμότητος**. Αυτόί εΐναι κοινοί προθερμαντήρες τοῦ νεροῦ καί χρησιμοποιοῦν γιά τήν προθερμανσή του εΐτε τίς εξατμίσεις τών βοηθητικῶν μηχανημάτων ό 1ος, εΐτε ατμό από άπομάστευση από τόν στρόβιλο ό 2ος καί ό 3ος. Κατόπιν τό νερό όδεύει πρós τή δεξαμενή εξαερισμοῦ ἢ θερμοδοχείο όπου υποβάλλεται σέ νέα θέρμανση καί εξαερισμό. Μετά, τό νερό συγκεντρώνεται τελικά στόν πυθμένα τής εξαεριστικής δεξαμενής, από όπου αναρροφάται πάλι από τήν ένισχυτική άντλία τροφοδοτήσεως καί αρχίζει ἡ πραγματοποίηση τών ίδιων φάσεων τοῦ κυκλώματος. Πολλές φορές υπάρχει καί 4ος προθερμαντήρας μεταξύ τής ένισχυτικής καί τής κύριας άντλίας τροφοδοτήσεως.

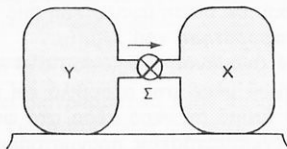
δ) Δράση καί αντίδραση.

Από τή Φυσική εΐναι γνωστό τό άξίωμα τής δράσεως-αντιδράσεως, κατά τό όποΐο γιά κάθε δύναμη ἢ **δράση**, υπάρχει πάντοτε μία δύναμη ἴση καί αντίθετη από αὐτήν, ἢ **αντίδραση**.

Οΐ όροι αὐτοί, δράση καί αντίδραση χρησιμοποιοῦνται καί στούς άτμοστρόβιλους μέ τίς παρακάτω έννοιες.

— Μέ τόν όρο **δράση** έννοοῦμε τήν ὠθηση ἢ τή δύναμη, τήν όποιάν άσκει ό ατμός όταν πέφτει μέ μεγάλη ταχύτητα πάνω στά πτερύγια ενός τροχοῦ προσαρμοσμένου σέ άξονα πού μπορεΐ νά περιστρέφεται. Τήν ταχύτητα αὐτή τήν έχει άποκτήσει προηγουμένως μέ τήν έκτόνωσή του σέ εΐδικά όργανα, ἢ στόμια, τά όποΐα όνομάζονται **προφύσια** ἢ **άκροφύσια**.

Γιά νά αντιληφθοῦμε τήν έννοια τής δράσεως άς θεωρήσουμε δύο δοχεΐα μέ ατμό ύψηλῆς πίεσεως Υ καί μέ χαμηλῆς Χ πού συγκοινωνοῦν μεταξύ τους μέ σωλήνα καί στρόφιγγα Σ (σχ. 5.1στ). Ἐν άνοΐξομε τή στρόφιγγα Σ, άμέσως από τό δοχεΐο Υ θά έκρεύσει ατμός πρós τό δοχεΐο Χ. Κατά τή ροή του αὐτή ό ατμός έκτώνεται καί άποκτá μία ταχύτητα, ἢ όποία εΐναι συνάρτηση τής διαφορás τών πιέσεων μεταξύ τών δύο δοχείων.

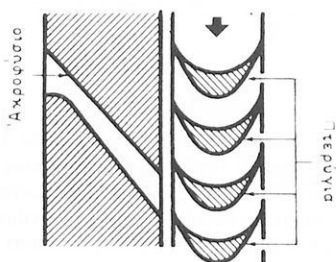


Σχ. 5.1στ.

Αὐτό σημαίνει ότι ἡ διαφορά πίεσεως μετατρέπεται σέ ταχύτητα τοῦ ατμοῦ, καί έξηγεΐται ως έξῆς:

Ο ατμός με όρισμένη πίεση και θερμοκρασία περιέχει δυναμική και θερμική ενέργεια τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερες είναι η πίεση και η θερμοκρασία του. Κατά τη ροή του από τό σωλήνα και έφ' όσον ελαττώνεται η πίεσή του, ελαττώνεται και η θερμοκρασία του δηλαδή ελαττώνονται και η δυναμική και η θερμική του ενέργεια. Τό ποσό κατά τό όποιο ελαττώνεται η συνολική του ενέργεια δέν χάνεται (Α' Θερμοδυναμικός Νόμος) αλλά μετατρέπεται σέ **κινητική ενέργεια**, η όποια εκδηλώνεται μέ τήν αύξηση τής ταχύτητας του ατμού.

Αν στήν πορεία του ατμού πού βγαίνει από ένα άκροφύσιο παρεμβάλομε ένα αντικείμενο σταθερό τότε ό ατμός θά άσκήσει σ' αυτό μία δύναμη πού όνομάζεται **δράση** του ατμού. Αν τό αντικείμενο δέν είναι σταθερό αλλά είναι π.χ. ένας τροχός μέ περύγια (σχ. 5.1ιζ) τότε τά περύγια του τροχού από τή δράση του ατμού θά προκαλέσουν τήν περιστροφή του τροχού.



Σχ. 5.1ιζ.

Η ταχύτητα περιστροφής του τροχού είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι και η ταχύτητα του ατμού πού πέφτει επάνω στά περύγιά του.

Στήν αρχή αυτή στηρίζεται η λειτουργία των **στροβίλων δράσεως**.

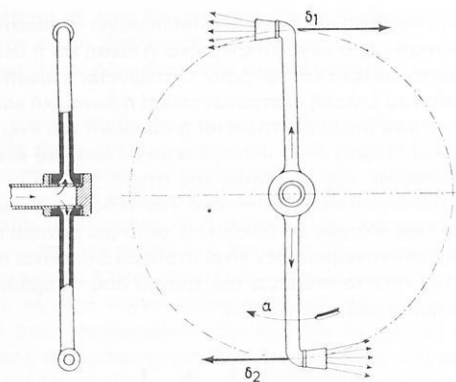
Μέ τόν όρο **«άντίδραση»** εννοούμε τή δύναμη, η όποια προκύπτει από τήν εκτόνωση του ατμού μέσα στά αυλάκια πού σχηματίζονται μεταξύ διαδοχικών κινητών περυγίων πού είναι προσαρμοσμένα σ' ένα κατάλληλο τύμπανο πού και αυτό είναι προσαρμοσμένο σέ άξονα ό όποιος μπορεί νά περιστρέφεται.

Είδαμε προηγουμένως ότι κατά τήν εκτόνωσή του ό ατμός αποκτά ταχύτητα, δηλαδή κινητική ενέργεια, μέ τήν όποια και άσκει τή δύναμη δράσεως.

Γνωρίζομε όμως από τή Φυσική ότι γιά κάθε δύναμη η δράση υπάρχει πάντοτε μία δύναμη ίση και αντίθετη, δηλαδή η **άντίδραση**.

Ως παράδειγμα από τή Φυσική άς θεωρήσομε ότι κρατάμε ένα άκροσωλήνιο, από τό όποιο εκτόξεύεται νερό μέ μεγάλη ταχύτητα. Αίσθανόμαστε τότε στά χέρια μας κατά τήν εκτόξευση του νερού μία δύναμη η ώθηση αντίθετη από τήν κατεύθυνση, πρός τήν όποια εκτόξεύεται τό νερό. Η δύναμη αυτή, είναι η δύναμη αντίδράσεως, πού αναπτύσσεται από τήν εκτόξευση του νερού.

Ας υποθέσομε τώρα (σχ. 5.1ιη) ότι έχομε ένα κοίλο τροχό (Δ) στεγανό, ό όποιος μπορεί νά περιστρέφεται γύρω από όριζόντιο άξονα και ότι στήν περιφέρεια του τροχού αυτού υπάρχουν δύο η περισσότερα στόμια έκροής ($\delta_1 - \delta_2$). Έστω έ-



Σχ. 5.1η.

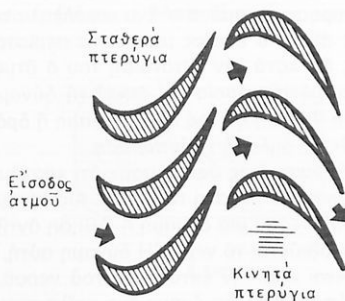
πίσης ότι ο άξονας του δοχείου είναι κοίλος και ότι μέσα απ' αυτόν στέλνεται συνεχώς στο έσωτερικό του τροχού άτμος με ύψηλή πίεση.

Θά παρατηρήσουμε τότε ότι ο άτμος έξέρχεται με μεγάλη ταχύτητα από τά δύο στόμια, ενώ ο τροχός περιστρέφεται, λόγω τών δυνάμεων αντιδράσεως τής έκροης, κατά τήν έννοια του βέλους (α), δηλαδή αντίθετα προς τήν κατεύθυνση έκροης του άτμου από τά στόμια.

Στήν άρχή τής αντιδράσεως στηρίζεται ή κατασκευή τών **στροβίλων αντιδράσεως**.

Στήν πραγματικότητα αντί στομιών υπάρχουν πτερύγια, τά όποια σχηματίζουν μεταξύ τους αυλάκια, με τή μορφή τών στομιών.

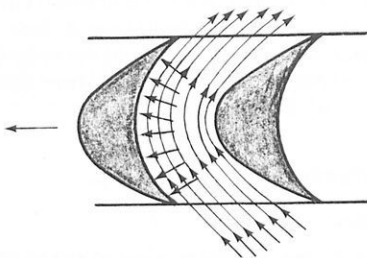
Τό σχήμα 5.1θ παριστάνει τήν είσοδο του άτμου στά αυλάκια τών σταθερών πτερυγιών, όπου αποκτά τήν άναγκαία ταχύτητα για νά εισέλθει στά αυλάκια που



Σχ. 5.1θ.

σηματίζονται μεταξύ των κινητών περυγίων που είναι τοποθετημένα σε σειρές επάνω σε ένα τύμπανο. Έκεί ο ατμός εκτονώνεται αποκτά ξανά μεγαλύτερη ταχύτητα και αναπτύσσει δύναμη αντιδράσεως αντίθετη προς τη διεύθυνση έκροής. Η δύναμη αυτή αντιδράσεως προκαλεί την περιστροφή του τυμπάνου κατά την έννοια του βέλους.

Ειδικά για τη δύναμη αντιδράσεως πρέπει να συμπληρώσουμε ότι σε μικρό ποσοστό αναπτύσσεται επί πλέον και από την αλλαγή κατευθύνσεως του ατμού μέσα στα αυλάκια των περυγίων, άσχετα αν είναι δράσεως ή αντιδράσεως (σχ. 5.1κ). Είναι αυτή ίση με τη συνισταμένη όλων των φυγοκεντρικών δυνάμεων που αναπτύσσονται στο κοίλωμα των περυγίων καθώς το ρευστό διαγράφει καμπύλη τροχιά μέσα στο αυλάκι.



Σχ. 5.1 κ.

— Καί η δράση καί η αντίδραση έχουν τό ίδιο αποτέλεσμα, δηλαδή τήν περιστροφή του άξονα στόν όποιο προσαρμόζεται ό περυγιοφόρος τροχός ή τό περυγιοφόρο τύμπανο. Από τόν περιστρεφόμενο άξονα παραλαμβάνομε τελικά τό κινητήριο έργο.

ε) Όρισμός των στρόβιλων δράσεως καί αντιδράσεως. Βαθμός αντιδράσεως.

Ύστερα από όσα αναπτύξαμε μέχρι τώρα μπορούμε νά πούμε ότι **άτμοστρόβιλοι** είναι οί θερμικές μηχανές έξωτερικής καύσεως, στίς όποιες ό ατμός προκαλεί τήν περιστροφική κίνηση του στροφείου (τροχοῦ ή τυμπάνου), από τόν άξονα του όποιου παραλαμβάνομε τό έργο.

Οί άτμοστρόβιλοι διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

— **Στρόβιλοι δράσεως.** Μ' αυτούς έκμεταλλευόμαστε τή δράση του ατμού, που αναπτύσσεται λόγω τής ταχύτητας με τήν όποία πέφτει πάνω στα περυγία ενός τροχοῦ, τόν όποιο αναγκάζει σε περιστροφική κίνηση παράγοντας έτσι τό έργο δράσεως. Οί στρόβιλοι αυτοί αποτελούν εξέλιξη τής συσκευής του Branca που εικονίζεται στο σχήμα 5.1δ.

— **Στρόβιλοι αντιδράσεως.** Μ' αυτούς έκμεταλλευόμαστε πάλι τήν ταχύτητα του ατμού που πέφτει πάνω στα περυγία ενός τυμπάνου, αλλά επί πλέον καί τή δύναμη αντιδράσεων που παράγει ή εκτόνωσή του μέσα σ' αυτά. Οί στρόβιλοι αυτοί κατάγονται από τή σφαίρα του Ήρωνα (σχ. 5.1ιγ).

Τόν τρόπο με τόν όποιο ακριβώς ό ατμός ενεργεί μέσα στους στρόβιλους δρά-

σεως και αντίδρασεως θα δοϋμε λεπτομερῶς στὴν παράγραφο 5.3. Ἐδῶ πρέπει μόνο νά σημειώσουμε τὰ ἑξῆς:

— Ἀντίδραση σέ πολύ μικρὸ ποσοστὸ παρουσιάζεται καί στοὺς στρόβιλους δράσεως κατὰ τὴν ἀναστροφή τῆς φλέβας τοῦ ἀτμοῦ προκειμένου νά ἐξέλθει ἀπὸ τὰ πτερύγια, ὥπως ἔχομε ἐξηγήσει καί στὴν παράγρ.5.1(δ).

— Στοὺς στρόβιλους ἀντίδρασεως δέν ὑπάρχει στὴν πραγματικότητα καθαρὴ ἀντίδραση, ἀλλὰ τὸ ἔργο, ποὺ ἀναπτύσσεται μέσα στὴ κινητὴ τους περὺγωση, ὀφείλεται κατὰ ἓνα μέρος σέ δράση ποὺ παράγεται λόγω τῆς ταχύτητας τοῦ εἰσερχόμενου ἀτμοῦ στὰ κινητὰ πτερύγια καί κατὰ τὸ ὑπόλοιπο σέ ἀντίδραση λόγω τῆς ἐκτονώσεως τοῦ μέσα σ' αὐτά. Συνηθίζεται ὅμως οἱ στρόβιλοι αὐτοὶ νά λέγονται στρόβιλοι ἀντίδρασεως γιὰ νά διακρίνονται ἀπὸ τοὺς στρόβιλους ἀπλῆς δράσεως.

— Τὸ πηλίκο τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖο παράγεται ἀπὸ τὴν ἀντίδραση στὴν κινητὴ περὺγωση τοῦ στρόβιλου ἀντίδρασεως, διὰ τοῦ συνολικοῦ ἔργου, ποὺ παράγεται σ' αὐτὴ λόγω δράσεως καί ἀντίδρασεως, ὀνομάζεται **βαθμὸς ἀντίδρασεως**.

Ὁ **βαθμὸς ἀντίδρασεως** ἔχει συνήθως περίπου τὴν τιμὴν 0,5. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι μέσα στὸ στρόβιλο ἀντίδρασεως τὸ παραγόμενο ἔργο ὀφείλεται περίπου κατὰ 50% σέ δράση καί 50% σέ ἀντίδραση.

5.2 Κύρια μέρη τῶν ἀτμοστρόβιλων. Περιγραφή.

α) *Στροφεῖο καί κέλυφος.*

Τὰ δύο κύρια μέρη ἑνὸς ἀτμοστρόβιλου εἶναι τὸ κινητὸ μέρος, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται **στροφεῖο**, καί τὸ σταθερὸ, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται **κέλυφος** καί περιβάλλει τὸ στροφεῖο.

Τὸ **στροφεῖο** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓναν **ἄξονα**, στὸν ὁποῖο προσαρμῶνται ἓνας ἢ περισσότεροι **τροχοί**. Στὴν περιφέρεια τῶν τροχῶν, τὴ **στεφάνη** ὅπως λέγεται, στερεώνονται τὰ κινητὰ **πτερύγια**. Ἡ μορφή αὐτὴ τοῦ στρόβιλου ἀποτελεῖ τὸ **στρόβιλο δράσεως**, οἱ δέ τροχοὶ ὀνομάζονται **τροχοὶ δράσεως**.

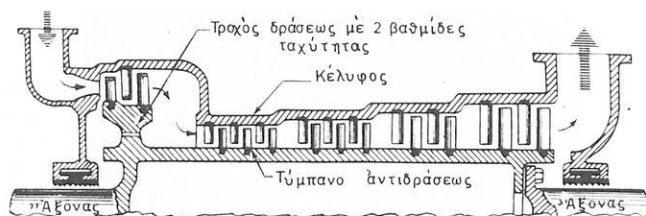
Στοὺς στρόβιλους ἀντίδρασεως στὸν ἄξονα προσαρμῶνεται ἓνα **τύμπανο** καί γύρω ἀπ' αὐτὸ στερεώνονται σέ περιφερειακὲς σειρὲς τὰ **κινητὰ πτερύγια**. Τὸ τύμπανο αὐτὸ ὀνομάζεται **τύμπανο ἀντίδρασεως**.

Τέλος ὑπάρχει καί συνδυασμὸς τροχῶν καί τυμπάνου, ὁπότε ἔχομε τὸ μικτὸ **στρόβιλο δράσεως-ἀντίδρασεως**.

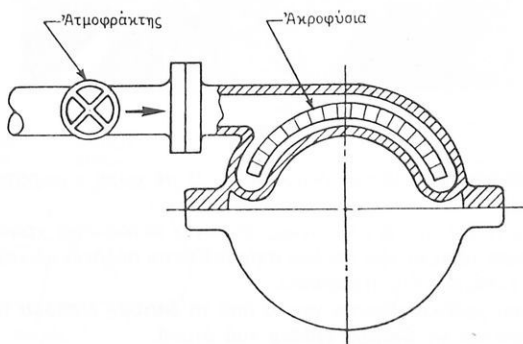
Στὸ σχῆμα 5.2α εἰκονίζεται σέ ἡμιτομή ἓνας μικτὸς στρόβιλος μέ τροχὸ δράσεως καί τύμπανο ἀντίδρασεως.

Τὸ **κέλυφος** περιβάλλει κατὰλληλα τὸ στροφεῖο (σχ. 5.2α). Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο **ἡμικελύφη**, τὸ **πάνω** καί τὸ **κάτω**, τὰ ὁποῖα καταλήγουν σέ κατὰλληλα **περιαυχένια** (φλάντζες), ποὺ συνδέονται μεταξύ τους σταθερὰ μέ κοχλίες. Ἐτσι διαμορφώνεται ἡ ἐσωτερικὴ κοιλότητα, μέσα στὴν ὁποία τοποθετεῖται καί περιστρέφεται τὸ στροφεῖο. Τὸ πάνω μέρος τοῦ κελύφους ἀνυψώνεται εὐκόλα.

Στὸ πάνω ἡμικέλυφος τοποθετοῦνται ἀπὸ τὴ μία πλευρὰ οἱ ὀχετοί, οἱ ὁποῖοι ὀδηγοῦν τὸν ἀτμὸ στὸ στρόβιλο, καί στὰ στόμια ἡ **προφύσια** ἢ **ἀκροφύσια**. Τὰ προφύσια αὐτὰ καταλαμβάνουν συνηθέστερα ἓνα τόξο μόνο τῆς περιφέρειας τοῦ κελύφους (σχ. 5.2β). Ἀπὸ τὴν ἄλλη πλευρὰ τοῦ πάνω ἡμικελύφους ὑπάρχει ὁ ὀχετὸς τῶν **ἐξατμίσεων** πρὸς τὸ ψυγεῖο.



Σχ. 5.2α.



Σχ. 5.2β.

Στό έσωτερικό του κελύφους σέ όλη του τήν επιφάνεια ή σέ ένα τόξο μόνο αύ-
τής τοποθετούνται τά σταθερά πτερύγια σέ περιφερειακές σειρές τοποθετημένα
καί αντίστοιχα πρός τίς σειρές των κινητών πτερυγίων.

Στό έμπρός καί στό πίσω άκρο του κελύφους καί εκεί, όπου ο άξονας τό διαπερ-
νά, τοποθετείται κατάλληλο σύστημα στεγανότητας, ώστε άφ' ενός μέν νά έμποδί-
ζει τίς διαφυγές του άτμου, άφ' έτέρου δέ τήν είσοδο του άέρα.

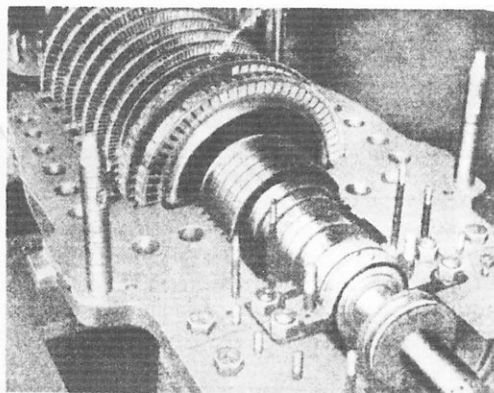
Τό κάτω ήμικέλυφος του στρόβιλου στηρίζεται στή βάση του. Στα δύο άκρα του
σχηματίζονται κατάλληλες ύποδοχές γιά τήν τοποθέτηση των **τριβών έδράσεως**,
στούς όποίους έδράζεται καί περιστρέφεται ο άξονας του στρόβιλου καί του **τριβέα**
ισορροπήσεως, μέ τόν όποιο ρυθμίζεται καί διατηρείται ή άξονική θέση του στρο-
φείου.

Στό σχήμα 5.2γ παριστάνεται άνοικτό σέ φωτογραφία τό κάτω ήμικέλυφος
στρόβιλου μέ τό στροφεϊό του.

**β) Τά προφύσια ή άκροφύσια καί ή ροή του άτμου μέσα άπ' αύτά. Μορφές προφυ-
σίων.**

Τά άκροφύσια είναι τά **όργανα πού δημιουργούν τήν ταχύτητα** του άτμου.

Ή ταχύτητα αύτή αναπτύσσεται, καθώς ο άτμός (σχ. 5.2δ) από χώρο Χ μεγάλης



Σχ. 5.2γ.

πίεσεως p_1 εισέρχεται μέσω των ακροφυσίων Π σε χώρο x μικρότερης πίεσεως p_2 .

Στούς ατμοστροβίλους αντιδράσεως, αντί για ακροφύσια χρησιμοποιούνται **σταθερά πτερύγια** (μεταξύ των οποίων σχηματίζονται αυλάκια με κατάλληλη μορφή), τα οποία ενεργούν ως ακροφύσια.

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

Τό σχήμα 5.2δ παριστάνει σε τομή ένα ακροφύσιο, τό όποιο ειδικότερα λέγεται **συγκλίνον**.

Αυτό είναι κατασκευασμένο έτσι, ώστε ή διατομή του νά ελαττώνεται βαθμιαία από τήν είσοδο μέχρι τό λαιμό, νά διατηρείται δέ κατόπιν σταθερή μέσα στό λαιμό μέχρι τό σημείο εξόδου.

Τό ακροφύσιο παίρνει τή μορφή αυτή, όταν ή πίεση εξόδου δέν είναι πολύ μικρότερη από τήν πίεση τής εισόδου. Όταν όμως είναι πολύ μικρότερη, τότε τό ακροφύσιο παίρνει τή μορφή του σχήματος 5.2ε καί όνομάζεται **συγκλίνον - άποκλίνον** ακροφύσιο. Σ' αυτό ή διατομή αύξάνεται προοδευτικά από τό λαιμό ή λάρυγγα μέχρι τό σημείο εξόδου του ατμού.

Οί μεταβολές τής πίεσεως, τής ταχύτητας καί του ειδικού όγκου του ατμού μέσα στό συγκλίνον - άποκλίνον ακροφύσιο φαίνονται στό διάγραμμα του σχήματος 5.2ε.

Η μορφή των καμπυλών αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με τή διαφορά πίεσεως μεταξύ των χώρων (Y) καί (X), επίσης δέ ανάλογα με τίς εγκάρσιες διατομές του ακροφυσίου, τό μήκος του καί τή γωνία, τήν όποία σχηματίζουν τά τοιχώματα του μέρους του ακροφυσίου που άποκλίνει. Όσο μικρότερη είναι ή γωνία αυτή καί μεγαλύτερο τό μήκος του ακροφυσίου, τόσο όμαλότερη, δηλαδή χωρίς άποκολλήσεις, είναι καί ή ροή του ατμού μέσα από τό άποκλίνον τμήμα του ακροφυσίου.

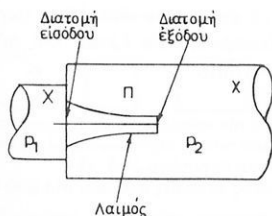
Από τή Φυσική γνωρίζομε ότι ή κινητική ενέργεια τής μάζας του ατμού που κινείται προκύπτει από τή σχέση:

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

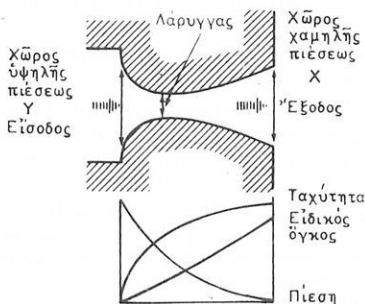
όπου E_k είναι η κινητική ενέργεια σε krm , B τό βάρος του ατμού σε kr , c η ταχύτητα του ατμού σε m/s και g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας, ίση προς $9,81 \text{ m/s}^2$.

Από τόν τύπο αυτό αντιλαμβανόμαστε ότι μέσα στο άκροφύσιο δυο μεγαλώνει ή ταχύτητα του ατμού, μεγαλώνει και η κινητική του ενέργεια και μάλιστα ανάλογα προς τό τετράγωνο της ταχύτητας. Άρα τό άκροφύσιο είναι τό όργανο, τό όποιο μέ τήν έκτόνωση του ατμού μετατρέπει τήν θερμική του ένέργεια σε κινητική.

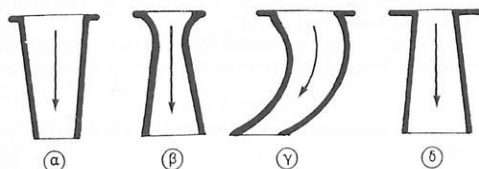
Τό άκροφύσιο επίσης χρησιμεύει, γιά νά όδηγεϊ και τόν ατμό κατάλληλα, ώστε νά εισέλθει μέ τήν κατάλληλη κατεύθυνση στά αϋλάκια τών πτερυγίων.



Σχ. 5.2δ.



Σχ. 5.2ε.



Σχ. 5.2στ.

Από πειράματα σχετικά μέ τή ροή του ατμού μέσα από τά άκροφύσια και μέ τήν προϋπόθεση ότι ή πίεση του ατμού στο χώρο πριν από τήν είσοδο στο άκροφύσιο είναι σταθερή διαπιστώθηκε ότι, αν τό άκροφύσιο είναι **συγκλίνον** [σχ. 5.2στ(α)], τότε, όσο μικρότερη είναι ή πίεση εξόδου από αυτό, τόσο μεγαλύτερη είναι ή ταχύτητα του ατμού κατά τήν έξοδό του. Όταν όμως ή πίεση εξόδου γίνει περίπου 0,56 της πίεσεως του χώρου εισόδου, τότε ή ταχύτητα του ατμού κατά τήν έξοδο φθάνει τό όριο της. Αυτό σημαίνει ότι όσο και αν έλαττωθεϊ ή πίεση εξόδου κάτω από τό 0,56 της αρχικής πίεσεως, ή ταχύτητα παραμένει σταθερή.

Εάν, σύμφωνα μ' αυτά, p_1 είναι ή πίεση εισόδου και p_2 ή πίεση εξόδου, τότε, όταν θά γίνει $p_2 = 0,56 p_1$, θά έχομε τή μεγαλύτερη ταχύτητα εξόδου του ατμού.

Τὴν πίεση αὐτὴ $p_2 = 0,56 p_1$ τὴν ὀνομάζουμε **κρίσιμη πίεση**, καὶ τὴν ἀντίστοιχη ταχύτητα **κρίσιμη ταχύτητα**. Ἡ ταχύτητα αὐτὴ εἶναι περίπου ἴση μὲ 450 m/s, δηλαδή ὅση εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ ἤχου μέσα στὸ ρευστό, δηλαδή μέσα στὸν ἀτμό. Γι' αὐτὸ ὀνομάζεται καὶ **ἠχηθικὴ ταχύτητα**.

Ἀκριβέστερα ἡ κρίσιμη πίεση γιὰ τὸν κορεσμένο ἀτμό εἶναι $0,577 p_1$, καὶ γιὰ τὸν ὑπέρθερμο $0,546 p_1$.

Ἀπὸ αὐτὰ συμπεραίνομε ὅτι μὲ τὸ συγκλίνον ἀκροφύσιο δέν μπορούμε νὰ ἐπιτύχομε ταχύτητες μεγαλύτερες ἀπὸ τὴν κρίσιμη ἢ, ὅπως ὀνομάζονται, **ὑπερκρίσιμες ἢ ὑπερηχητικές**, οἱ ὁποῖες ὅμως εἶναι ἀναγκαῖες γιατί **ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ στρόβιλου εἶναι τόσο μεγαλύτερος, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ ἀτμοῦ**.

Ἀκροφύσια τῆς μορφῆς αὐτῆς, ἀλλὰ μὲ καμπύλο τὸν ἄξονα τῆς ροῆς, τὰ ὁποῖα δίνουν ταχύτητες ἀτμοῦ μέχρι τὴν κρίσιμη, εἶναι τὰ πτερύγια τῶν στροβίλων ἀντίδρασης.

Μὲ σκοπὸ νὰ ἐπιτύχουν τὶς ὑπερηχητικὲς ταχύτητες, οἱ μηχανικοὶ ἔκαναν πολλὰ πειράματα γιὰ νὰ κατασκευάσουν κατάλληλα ἀκροφύσια.

Ὁ Σουηδὸς μηχανικὸς de Laval κατασκεύασε τὸ **συγκλίνον-ἀποκλίνον** ἀκροφύσιο, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται καὶ **ἐκτονωτικὸ ἢ ἀκροφύσιο de Laval**. Μὲ αὐτὸ ἐπιτυγχάνονται οἱ ὑπερηχητικὲς ταχύτητες [σχ. 5.2στ(β)].

Σ' αὐτὸ τὸ ἀκροφύσιο, ἂν ἡ πίεση ἐξόδου ἐλαττωθεῖ κάτω ἀπὸ τὴν κρίσιμη $0,56 p_1$, τότε στὸ λαίμυρὸ ἡ ταχύτητα ἔχει τὴν τιμὴ τῆς κρίσιμης μετὰ ὅμως ἀπ' αὐτὸν οἱ μὲν πιέσεις ἐλαττώνονται μέχρι τὴν ἐξοδὸ, λόγω ἐκτονώσεως τοῦ ἀτμοῦ, οἱ δὲ ταχύτητες αὐξάνονται ἀντίστοιχα.

Μὲ τὸ ἀκροφύσιο αὐτὸ ἐπιτυγχάνονται ταχύτητες ὑπερηχητικὲς, οἱ ὁποῖες φθάνουν στὰ 800 ἕως 1200 m/s περίπου.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητας, τὴν ὁποία ἀποκτᾷ ὁ ἀτμὸς μὲ τὸ ἀκροφύσιο αὐτὸ, γίνεται μὲ τὸν τύπο:

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

ὅπου h εἶναι ἡ διαφορά θερμότητας, ποὺ περιέχεται σέ 1 kg ἀτμοῦ πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἐκτόνωση ἢ, ὅπως ἀλλιῶς λέγεται, ἡ **θερμικὴ πτώση** τοῦ ἀτμοῦ.

Ἀκριβέστερα καὶ ἐπειδὴ, ὅταν ὁ ἀτμὸς περνᾷ ἀπὸ τὸ ἀκροφύσιο, ὑπάρχουν ὀρισμένες ἀπώλειες λόγω τριβῶν, ἡ ταχύτητα ποὺ ἐπιτυγχάνεται στὴν πραγματικότητα βρίσκεται μὲ τὸν τύπο:

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

ὅπου λ εἶναι ὁ συντελεστὴς τοῦ ἀκροφυσίου, ποὺ προσδιορίζει τὶς ἀπώλειες αὐτές καὶ κυμαίνεται περὶπου ἀπὸ 0,92 ὡς 0,96.

Ὑπερκρίσιμες ταχύτητες μπορούμε ἐπίσης νὰ ἐπιτύχομε καὶ μὲ ἓνα ἀκροφύσιο συγκλίνον μὲ καμπύλο ἄξονα, ἂν τὸ κόψουμε κατὰ τὴν ἐξοδὸ πλαγίως [σχ. 5.2στ(γ)]. Τὸ ἀκροφύσιο αὐτὸ λέγεται **πλαγιοτετμημένο**, καὶ χρησιμοποιεῖται ἀρκετὰ συχνὰ στοὺς ἀτμοστρόβιλους.

Ταχύτητες λίγο μεγαλύτερες ἀπὸ τὴν κρίσιμη ἐπιτυγχάνονται καὶ μὲ ἀπλῶς ἀποκλίνον ἀκροφύσιο τοῦ σχήματος [5.2στ(δ)] μὲ ἐκτόνωση τοῦ ἀτμοῦ μέσα σ' αὐτό.

Σέ ἀκροφύσιο σταθερῆς διατομῆς δέν ἐπιτυγχάνεται καμιά ἐκτόνωση, ὀνομάζεται δέ αὐτὸ **εὐθύ ἢ κυλινδρικό** ἀκροφύσιο.

Τέτοια ἀλλὰ μὲ καμπύλο τὸν ἄξονα ροῆς, εἶναι τὰ πτερύγια τῶν στροβίλων δράσεως, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὀδηγητικά**.

Ἡ κάθετη πρὸς τὸν ἄξονα διατομὴ ὄλων τῶν ἀκροφυσίων, τὰ ὁποῖα περιγράψα-

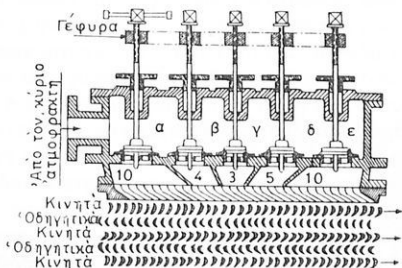
με μέχρι τώρα, έχει ως επί τό πλεϊστον μία από τις μορφές του σχήματος 5.2ζ, δηλαδή κυκλική, τετραγωνική ή ορθογωνική, ανάλογα με τις περιπτώσεις καί τις κατασκευαστικές απαιτήσεις του στρόβιλου.

Στό σχήμα 5.2η φαίνεται σέ κάτοψη ή διάταξη ενός κιβωτίου μέ 32 συνολικά άκροφύσια, πού άντιστοιχοϋν σέ ένα τόσο μόνο της περιφέρειας του στρόβιλου, τό όποιο καλεΐται **τόξο έγχύσεως**.

Τά 32 αυτά άκροφύσια διαιροϋνται σέ ομάδες των 10, 4, 3, 5 καί 10. Κάθε ομάδα έξυπηρετείται από ιδιαίτερη βαλβίδα α, β, γ, δ, ε, ώστε μέ αυτές νά ρυθμίζεται ή έπιθυμητή δύναμη του στρόβιλου. Στό ίδιο σχήμα ακολουθοϋν οι διάφορες σειρές περυγιών.



Σχ. 5.2ζ.

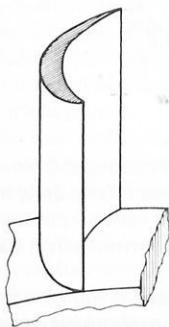


Σχ. 5.2η.

γ) Πτερύγια — μορφές περυγιών.

Τά πτερύγια των στροβίλων αποτελοϋνται από μικρές μεταλλικές ράβδους μέ ειδικό καμπύλο σχήμα καί ιδιόμορφη διατομή (σχ. 5.2θ).

Τά πτερύγια τοποθετοϋνται στους τροχούς ή στό τύμπανο καί σέ μικρή απόσταση μεταξύ τους έτσι, ώστε μεταξύ δύο διαδοχικών περυγιών νά σχηματίζεται αϋλάκι όρισμένου σχήματος. Μέσα από τό αϋλάκι διέρχεται ο άτμός, ό όποίος δρᾷ πάνω στά πτερύγια.



Σχ. 5.2θ.

Σχ. 5.2ι.



“Όταν τό αϋλάκι έχει σταθερό άνοιγμα, δηλαδή σταθερή ή συμμετρική διατομή, τότε τά πτερύγια λέγονται **περυγία δράσεως** [σχ. 5.2ι(α)], όταν δέ μοιάζει μέ ά-

κροφύσιο συγκλίνουν, λέγονται **περύγια αντιδράσεως** [σχ. 5.2ι(β)].

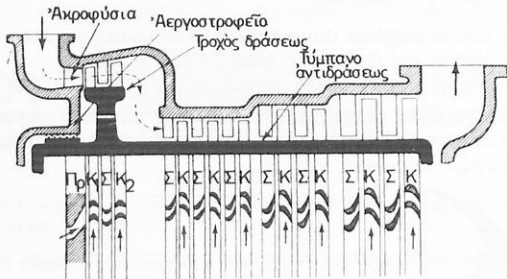
Τά περύγια διακρίνονται σε **σταθερά** (όσα προσαρμόζονται στο έσωτερικό του κελύφους) και **κινητά** (όσα προσαρμόζονται στο στροφέιο).

Από τά **σταθερά**, όσα χρησιμεύουν, γιά νά κατευθύνουν άπλώς τόν άτμό, χωρίς δηλαδή μέσα στό αυλάκι τους νά μεταβληθεί καθόλου ή κατάστασή του (πίεση, θερμοκρασία, ταχύτητα), όνομάζονται **όδηγητικά**, και χρησιμοποιούνται στους στρόβιλους δράσεως. Όσα άντιθέτως έχουν αυλάκια, μέσα στά όποια ό άτμός ό-δηγείται αλλά συγχρόνως ύφίσταται και έκτόνωση, άποκτώντας μεγαλύτερη ταχύτητα, καλούνται **έκτονωτικά**, και χρησιμοποιούνται στους στρόβιλους άντιδράσεως.

Από τά **κινητά** περύγια έξ άλλου εκείνα, πού ό άτμός ένεργεί πάνω τους μέ τή δύναμη δράσεως μόνο, χωρίς δηλαδή νά μεταβάλλεται ή πίεσή του, αλλά νά πέφτει μόνο ή ταχύτητά του, όνομάζονται **κινητά περύγια δράσεως** και χρησιμοποιούνται στους στρόβιλους δράσεως. Έκείνα πού μέσα στό αυλάκι τους ό άτμός πρώτον ένεργεί μέ τή δύναμη δράσεως κατά ένα ποσοστό και χάνει μέρος τής ταχύτητάς του· δεύτερο, έκτονώνεται και πέφτει ή πίεσή του, αλλά **άποκτά ξανά ταχύτητα**, λόγω τής έκτονώσεως, και ένεργεί έτσι κατά ένα άλλο ποσοστό μέ τή δύναμη άντιδράσεως, όνομάζονται **κινητά περύγια άντιδράσεως** και χρησιμοποιούνται ακριβώς στους στρόβιλους άντιδράσεως.

Συνοπτικά τά περύγια διακρίνονται σε **σταθερά δράσεως** ή **όδηγητικά** και **κινητά δράσεως**, έπίσης δέ σε **σταθερά άντιδράσεως** και **κινητά άντιδράσεως**.

Τό σχήμα 5.2ια παριστάνει τήν όλη διάταξη τών προφυσίων (Πρ) κελύφους, στροφέιου, κινητών (Κ) και σταθερών (Σ) περυγίων ενός μικτού στρόβιλου μέ τροχό δράσεως και τύμπανο άντιδράσεως.



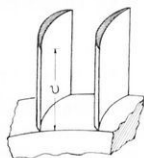
Σχ. 5.2ια.

Τό σύνολο τών περυγίων τής ίδιας κατηγορίας, πού προσαρμόζονται σε μία και τήν αύτή περιφέρεια του κελύφους ή του στροφέιου, όνομάζεται **άπλή περύγωση** ή **σειρά περυγίων** σταθερών ή κινητών, τό δέ σύνολο τών περυγίων του κελύφους ή του στροφέιου όνομάζεται **συνολική περύγωση** σταθερών ή κινητών περυγίων.

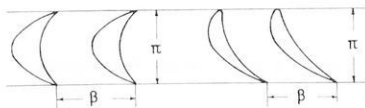
Όταν τά περύγια τοποθετούνται σε όλη τήν περιφέρεια του κελύφους, τότε ή περύγωση λέγεται **όλική**, και όταν σε ένα τόξο της μόνο, τότε λέγεται **μερική**. (Αυτό γίνεται μόνο στις σταθερές περυγώσεις όρισμένων στροβίλων δράσεως). **Η περύγωση του στροφέιου έξ άλλου είναι πάντοτε όλική.**

Τά στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα προσδιορίζουν ἓνα περυγίο εἶναι τὸ **ὕψος** του ($υ$), ἀπὸ τὴ βάση του μέχρι τὴν κορυφή (σχ. 5.2ιβ) καὶ τὸ **πλάτος** του (π), δηλαδή ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὴ μία μέχρι τὴν ἄλλη κόψη του κατὰ τὴν ἔννοια τοῦ ἄξονα τοῦ στρόβιλου (σχ. 5.2ιγ).

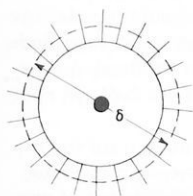
Τὸ βῆμα (β) κάθε σειρᾶς περυγίων εἶναι σταθερὸ καὶ μετρίεται στὴ μέση διάμετρο τῆς περυγώσεως.



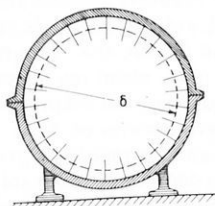
Σχ. 5.2ιβ.



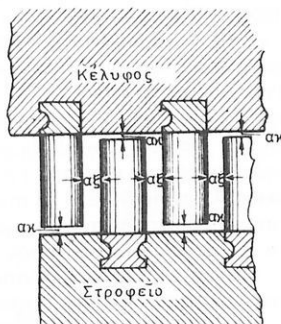
Σχ. 5.2ιγ.



Σχ. 5.2ιδ.



Σχ. 5.2ιε.



Σχ. 5.2ιστ.

Μέση διάμετρος περυγώσεως (δ) λέγεται ἡ διάμετρος τῆς φανταστικῆς περιφέρειας, ἡ ὁποία διέρχεται ἀπὸ τὸ μέσο ὕψος τῶν περυγίων τῆς περυγώσεως. Τὸ σχῆμα 5.2ιδ παριστάνει τὴ μέση διάμετρο μιᾶς κινητῆς περυγώσεως, καὶ τὸ σχῆμα 5.2ιε μιᾶς σταθερῆς.

Ἄλλο σοβαρὸ λειτουργικὸ χαρακτηριστικὸ τῶν περυγίων εἶναι τὰ καλούμενα **διάκενα περυγίων**.

Μεταξὺ τῶν σταθερῶν καὶ κινητῶν περυγίων ἀφήνονται πάντοτε **ἐλευθερίες** ἢ **διάκενα**, κατὰ τὴν ἔννοια τοῦ ἄξονα τοῦ στρόβιλου, γιὰ λόγους ἀσφάλειας, ὥστε κατὰ τὴ λειτουργία νὰ μὴν κτυπήσουν τὰ κινητὰ μὲ τὰ σταθερὰ περύγια. Γι' αὐτὸ τὰ διάκενα αὐτὰ καλοῦνται **ἀξονικά**.

Ἐπίσης πάλι γιὰ λόγους ἀσφάλειας καὶ γιὰ νὰ μὴν κτυπήσουν οἱ κορυφές τῶν κινητῶν περυγίων στὸ κέλυφος ἢ οἱ κορυφές τῶν σταθερῶν περυγίων στὸ στροφεῖο, ἀφήνονται ἀντίστοιχες **ἐλευθερίες** ἢ **διάκενα** κατὰ τὴν ἔννοια τῆς ἀκτίνης τῆς περιφέρειας τῆς περυγώσεως. Τὰ διάκενα αὐτὰ καλοῦνται **ἀκτινικά**.

Τὸ σχῆμα 5.2ιστ παριστάνει τὸ στροφεῖο, τὸ κέλυφος, τῖς σταθερές καὶ τῖς κινητές περυγώσεις. Σ' αὐτὸ χαρακτηρίζονται τὰ μὲν ἀξονικά διάκενα μὲ τὸ σύμβολο



(αξ), τά δέ άκτινικά μέ τό σύμβολο (ακ).

Ή διατήρηση τών διακένων στην κανονική τους τιμή, ώστε νά μήν ύπάρξει κίνδυνος νά προσκρούσουν τά κινητά μέ τά σταθερά πτερύγια, έπιτυγχάνεται μέ τούς **τριβεΐς έδράσεως** γιά τά **άκτινικά**, καί μέ τόν **τριβεά ίσορροπήσεως** γιά τά άξονικά. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία άν λάβομε ύπ' όψη μας ότι ό στρόβιλος περιστρέφεται μέ ταχύτητα χιλιάδων στροφών τό λεπτό καί συνεπώς τυχόν έπαφή τών κινητών μέ τά σταθερά πτερύγια μπορεί νά προκαλέσει όλοκληρωτική καταστροφή τής πτερυγώσεως.

5.3 Πώς ένεργεί ό άτμός μέσα στό στρόβιλο. Ή διαβάθμιση στους στρόβιλους.

Στήν παράγραφο 5.1γ(3) περιγράψαμε τό κύκλωμα λειτουργίας τής συνολικής έγκαταστάσεως άτμοστρόβιλου.

Γιά τό πώς λειτουργεί ό στρόβιλος ή μέ άλλα λόγια πώς ένεργεί ό άτμός μέσα στό στρόβιλο παρατηρούμε τά έξής:

α) Στους στρόβιλους **δράσεως** (σχ. 5.3α) ό άτμός περνά πρώτα από τά **άκροφύσια** ή **προφύσια** όπου έκτονώνεται, καί ένα μέρος τής θερμικής καί δυναμικής του ένέργειας μετατρέπεται σέ κινητική όποτε καί έλαττώνονται ή **θερμοκρασία** καί ή **πίεσή** του καί αύξάνει άντιστοιχώς ή **ταχύτητά** του. Μέ τήν μεγάλη ταχύτητα πού άποκτά έτσι, ό άτμός «δρα» μέ όρμή στά πτερύγια ενός τροχού καί προκαλεί τήν περιστροφή του κατά τήν έννοια του βέλους «Α». Έτσι παράγεται τό **έργο δράσεως**. Όταν περνά από τά πτερύγια ή μέν πίεσή του παραμένει σταθερή, ή ταχύτητά του όμως έλαττώνεται, γιατί ή κινητική του ένέργεια πού εΐναι άνάλογη πρός τό τετράγωνο τής ταχύτητάς του μετατρέπεται σέ έργο.

Στό σχ. 5.3α παριστάνονται γραφικά οί μεταβολές αυτές πιέσεως p καί ταχύτητας T κατά τήν δίοδο του άτμου μέσα από τά προφύσια καί τά πτερύγια δράσεως.

Στους στρόβιλους **άντιδράσεως** (σχ. 5.3β) ό άτμός διέρχεται πρώτα από τά **σταθερά πτερύγια**. Έκεΐ έκτονώνεται, όπως περίπου καί στά άκροφύσια, μέ αποτέλεσμα πάλι νά έλαττωθούν ή θερμοκρασία καί ή πίεσή του καί νά αύξηθεί ή ταχύτητά του. Εισέρχεται κατόπιν στά αυλάκια τών κινητών πτερυγίων ενός τυμπάνου, όπου άφ' ενός μέν παράγει ένα ποσό **έργου δράσεως** (όπως καί προηγούμενως) περιστρέφοντας τό στροφεΐο κατά τήν έννοια του βέλους «Α», άφ' έτέρου όμως λόγω του είδικού σχήματος τών **κινητών πτερυγίων άντιδράσεως** έκτονώνεται πάλι μέσα στά συγκλίνοντα αυλάκια τους όποτε έλαττώνεται πάλι ή θερμοκρασία καί ή πίεσή του καί **αύξάνει ή ταχύτητά** του, ένω ταυτοχρόνως λόγω τής έκτονώσεως του παράγεται μία δύναμη πού έχει κατεύθυνση αντίθετη από αυτή μέ τήν όποία έξέρχεται από τά κινητά αυτά πτερύγια. Αυτή εΐναι ή **δύναμη άντιδράσεως** πού περιστρέφει καί αυτή τό στροφεΐο **κατά τήν ίδια έννοια** του βέλους «Α». Έτσι παράγεται τό έργο τής **άντιδράσεως**. Μετατρέπεται δηλαδή αυτή τή φορά ένα άλλο μέρος τής θερμικής καί δυναμικής ενέργειας του σέ κινητική καί σέ **έργο άντιδράσεως**.

Στους στρόβιλους άντιδράσεως επομένως τό έργο παράγεται καί από **δράση** καί από **άντιδραση**. Στρόβιλοι **καθαριής** ή μόνης άντιδράσεως δέν κατασκευάζονται καί έχουν θεωρητικό νόημα μόνο.

Στό σχήμα 5.3β παριστάνονται γραφικά οί μεταβολές αυτές πιέσεως p καί ταχύτητας, T, κατά τή δίοδο του άτμου μέσα από τά έκτονωτικά σταθερά πτερύγια καί

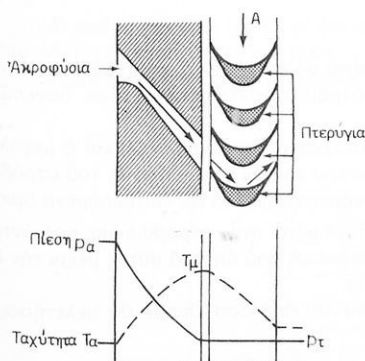
τά έκτονωτικά κινητά πτερύγια αντίδράσεως.

β) Όπως αποδεικνύεται στη θερμοδυναμική τό έργο του άτμου μέσα σέ μία άτμομηχανή είναι γενικά περισσότερο καί ή απόδοσή της αντίστοιχα μεγαλύτερη **όσο μεγαλύτερη είναι ή θερμοκρασία του άτμου πού εισέρχεται στο στρόβιλο καί όσο μικρότερη ή θερμοκρασία συμπικνώσεως των εξατμίσεων στο ψυγείο** [παράγρ. 1.3(ζ) 3].

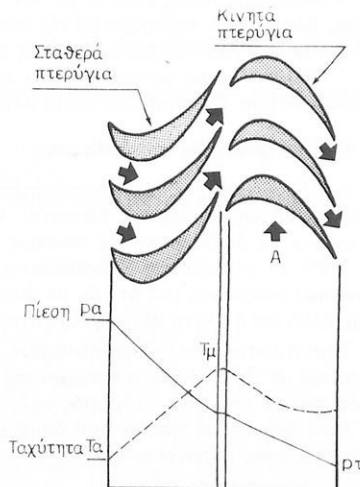
Η θερμοκρασία όμως του άτμου εξαρτάται από τήν πίεσή του καί τήν υπερθέρμανσή του. Συμπεραίνομε λοιπόν ότι γιά νά έχομε ύψηλή απόδοση τής άτμομηχανής πρέπει νά χρησιμοποιούμε ύψηλές πιέσεις καί ύψηλή υπερθέρμανση του άτμου κατά τήν είσοδό του στη μηχανή. Παράλληλα μέσα στο ψυγείο πρέπει νά επικρατεί πολύ χαμηλή πίεση (δηλαδή πολύ ύψηλό κενό). Έτσι θα έχομε πολύ μεγάλη έκτόνωση του άτμου, ώστε αυτός νά εξέρχεται από τή μηχανή μέ πολύ χαμηλή πίεση, δηλαδή λίγο μόνο ύψηλότερη από τήν πίεση πού αντιστοιχεί στο κενό του ψυγείου καί τόση, όση είναι αναγκαία γιά νά ρέει προς αυτό.

Η μεγάλη έκτόνωση όμως δημιουργεί πολύ μεγάλη ταχύτητα του άτμου, ιδίως όταν αυτός εξέρχεται από τά προφύσια καί αυτό βέβαια έχει σαν αποτέλεσμα πολύ μεγάλη ταχύτητα περιστροφής του στροφείου (μέχρι 25 000 σ.α.λ.) πού γιά λόγους τεχνικούς είναι ακατάλληλη στην πράξη. Παρουσιάσθηκε γιά τό λόγο αυτό ή ανάγκη τής διαβαθμίσεως στους στρόβιλους.

Μέ τό όρο **διαβάθμιση** έννοούμε τήν κλιμακωτή έκμετάλλευση μέσα στους στρόβιλους τής ταχύτητας του άτμου ή τής έκτονώσεώς του ή καί των δύο σέ περισσότερες από μία βαθμίδες.



Σχ. 5.3α.



Σχ. 5.3β.

Αυτή πραγματοποιείται ως εξής:

1) Στους στρόβιλους δράσεως:

— Μέ διαδοχική έκμετάλλευση τής ταχύτητας εξόδου του άτμου σέ περισσότε-

ρες από μία σειρές κινητών πτερυγίων, όποτε λέμε ότι έχουμε διαβάθμιση ταχύτητας. Στην περίπτωση αυτή καθώς ο ατμός θά διέρχεται διαδοχικά από τις κινητές πτερυγίες, ή ταχύτητά του θά ελαττώνεται βαθμιαία ή τμηματικά μέσα στη κάθε μία. Έτσι ή σχέση μεταξύ ταχύτητας ατμού καί ταχύτητας περιστροφής της πτερυγίας είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη, ή οποία θά υπήρχε αν έκμεταλλευόμαστε όλη τήν ταχύτητα σέ μία μόνο πτερύγωση. Έτσι τό σύνολο του τροχού μέ τις περισσότερες πτερυγίες στρέφεται μέ μικρότερη ταχύτητα. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή στο στρόβιλο ή τροχό Curtis, ο οποίος λέγεται στρόβιλος μέ διαβάθμιση ταχύτητας.

— Μέ κλιμακωτή έκτόνωση του ατμού σέ περισσότερες από μία σειρές άκροφυσίων πού καθεμία ακολουθείται από μία σειρά πτερυγίων, όποτε έχουμε διαβάθμιση πιέσεως (στρόβιλος Rateau).

Ο ατμός στο στρόβιλο αυτό έκτονώνεται διαδοχικά μέσα σέ κάθε σειρά άκροφυσίων, ή δέ ταχύτητα, τήν όποια άποκτά κάθε φορά κατά τήν έξοδό του, άποδίδεται όλη στην επόμενη σειρά κινητών πτερυγίων. Προφανώς ή ταχύτητα αυτή είναι κάθε φορά πολύ μικρότερη από κείνη πού θά είχε ο ατμός, αν έκτονωνόταν από τήν αρχική στην τελική του πίεση μέσα σέ μία μόνο σειρά άκροφυσίων. Αυτό, γιατί οι επί μέρους διαφορές πιέσεως πριν καί μετά από κάθε σειρά άκροφυσίων είναι πολύ μικρότερες από τή συνολική διαφορά πιέσεων εισόδου καί έξόδου του ατμού από τό στρόβιλο.

Κατ' αυτόν τόν τρόπο ο στρόβιλος πάλι θά στρέφεται μέ μικρότερη ταχύτητα.

Ο στρόβιλος αυτός μοιάζει μέ τήν παλινδρομική μηχανή πολλαπλής έκτόνωσης, άφου έχουμε καταμερισμό της συνολικής έκτονώσεως σέ περισσότερες από μία βαθμίδες. Λέγεται **άτμοστρόβιλος δράσεως μέ διαβαθμίσεις πιέσεως**.

— Μέ συνδυασμό αυτών των δύο, όποτε έχουμε τή σύνθεση διαβάθμιση ταχύτητας-πιέσεως. Οι στρόβιλοι αυτοί λέγονται Curtis - Rateau.

2) Στους στρόβιλους άντιδράσεως:

— Μέ διαδοχική έκτόνωση του ατμού μέσα σέ κάθε σειρά σταθερών καί κινητών πτερυγίων (στρόβιλος Parson's). Οι στρόβιλοι άντιδράσεως είναι συνεπώς στρόβιλοι μέ διαβάθμιση της πιέσεως.

— Μέ τή μέθοδο της διαβαθμίσεως επιτυγχάνονται συγχρόνως καί ή μεγάλη **συνολική** έκτόνωση του ατμού, μέ αποτέλεσμα τήν ύψηλή άπόδοση του στρόβιλου, αλλά καί ή ελάττωση της ταχύτητας περιστροφής του σέ επιτρεπόμενα όρια.

Έτσι ή λειτουργία του ατμού από τό λέβητα μέσα στον στρόβιλο διαμορφώνεται άνάλογα μέ τις διαβαθμίσεις ταχύτητας ή πιέσεως πού άποκτά αυτός μέχρι τήν έξοδό του μέ χαμηλή πίεση προς τό ψυγείο.

Τούς διάφορους τύπους πού δημιουργούνται από όσα είπαμε θά μελετήσουμε στις επόμενες παραγράφους.

5.4 Κατάταξη των στρόβιλων. Σύγκριση μέ τις παλινδρομικές μηχανές.

α) Κατάταξη.

Οι άτμοστρόβιλοι κατατάσσονται σέ κατηγορίες άνάλογα μέ τά διάφορα χαρακτηριστικά τους. Έτσι:

— 'Ανάλογα μέ τήν ἀρχή, στήν ὁποία στηρίζεται ἡ λειτουργία τους, διαιροῦνται σέ:

1) **Στρόβιλους δράσεως**, πού ὑποδιαιροῦνται σέ στρόβιλους μέ διαβάθμιση **ταχύτητας**, μέ διαβάθμιση **πίεσεως** καί μέ διαβάθμιση **πίεσεως καί ταχύτητας**.

2) **Στρόβιλους ἀντιδράσεως**. Αὐτοί εἶναι στρόβιλοι μέ **διαβάθμιση πίεσεως** πάντοτε.

3) **Μικτούς δράσεως καί ἀντιδράσεως**. Ἀποτελοῦνται ἀπό ἀτμοστρόβιλο δράσεως καί ἀτμοστρόβιλο ἀντιδράσεως πού εἶναι προσαρμοσμένοι στόν ἴδιο ἄξονα καί λειτουργοῦν μέσα στό ἴδιο κέλυφος.

— Ἀνάλογα μέ τή θέση τοῦ ἄξονά τους διαιροῦνται σέ:

1) **Ὁριζόντιους**.

2) **Κατακόρυφους**.

3) **Κεκλιμένους** ἢ ὑπό **γωνία**.

— Ἀνάλογα μέ τή ροή τοῦ ἀτμοῦ μέσα τους ὑποδιαιροῦνται σέ:

1) **Στρόβιλους μέ ἀξονική ροή**, ὅταν ὁ ἀτμός ρέει, ἀπό τήν εἰσοδό του μέχρι καί τήν ἐξοδό του ἀπό τό στρόβιλο, κατά μήκος του, δηλαδή παράλληλα πρός τόν ἄξονά του.

2) **Στρόβιλους μέ ἀκτινική ροή** ὅταν ὁ ἀτμός μπαίνει στό κέντρο τοῦ στρόβιλου καί βγαίνει ἀπό τήν περιφέρειά του.

3) **Στρόβιλους μέ περιφερειακή ἢ ἐφαπτομενική ροή**. Σ' αὐτούς ὁ ἀτμός μπαίνει κατά τή διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τοῦ τροχοῦ.

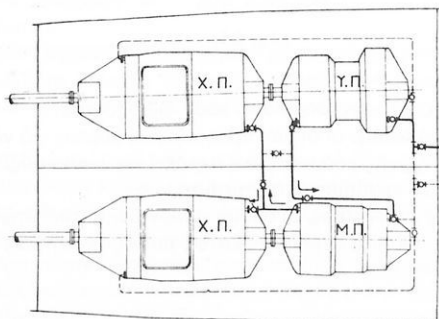
— Ἀνάλογα μέ τήν πίεση τοῦ ἀτμοῦ κατατάσσονται σέ στρόβιλους:

1) **Υψηλῆς πίεσεως** (Υ.Π), οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν ἀπ' εὐθείας μέ τόν ἀτμό τοῦ λέβητα.

2) **Μέσης πίεσεως** (Μ.Π.), οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν μέ τήν ἐξάτμιση τοῦ στρόβιλου Υ.Π.

3) **Χαμηλῆς πίεσεως** (Χ.Π.), οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν μέ τήν ἐξάτμιση τοῦ στρόβιλου Μ.Π. καί ἔχουν ἐξαγωγή πρός τό ψυγεῖον.

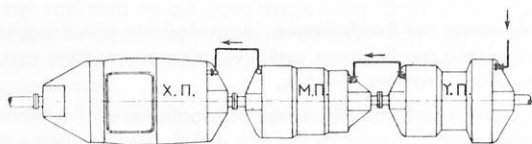
Ὑπάρχουν ἐπίσης καί οἱ στρόβιλοι, οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν μέ τήν ἐξάτμιση πα-



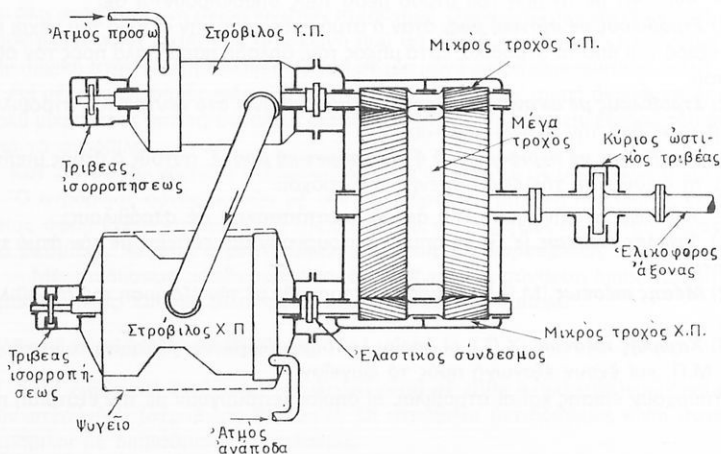
Σχ. 5.4α.

λινδρομικῶν μηχανῶν. Αὐτοὶ καλοῦνται στρόβιλοι εξατμίσεων.

Σὲ μία ἐγκατάσταση μπορεῖ οἱ στρόβιλοι Υ.Π., Μ.Π., Χ.Π. νά ἔχουν τοὺς ἀξονεῖς τους σὲ μία εὐθεία (κατὰ τὸ σύστημα Tandem) (σχ. 5.4α καὶ 5.4β) ἢ παράλληλους (σχ. 5.4γ).



Σχ. 5.4β.



Σχ. 5.4γ.

— Ἀνάλογα τέλος μέ τόν προορισμό τους διαιροῦνται:

1) Σὲ **κύριους στρόβιλους**, οἱ ὁποῖοι προορίζονται κυρίως γιὰ νά κινοῦν τίς ἡλεκτρογεννήτριες παραγωγῆς ρεύματος καὶ **στρόβιλους ναυτικούς**, οἱ ὁποῖοι κινοῦν τίς ἑλικες τῶν πλοίων συνήθως μέσω μειωτήρων.

2) Σὲ **βοηθητικούς στρόβιλους**, οἱ ὁποῖοι κινοῦν βοηθητικά μηχανήματα ξηρᾶς ἢ θάλασσης, ὅπως π.χ. ἀντλίες ἀεροσυμπιεστές, μικρές γεννήτριες ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀνεμιστήρες κ.λ.π.

β) Σύγκριση στρόβιλου μέ τήν παλινδρομική μηχανή.

Εἶναι γνωστό ὅτι ὁ ἀτμός ἀντλεῖ τήν ἐνέργειά του ἀπό τή χημική ἐνέργεια τοῦ

καυσίμου, ή οποία μετατρέπεται με τη καύση σε θερμότητα. Η θερμότητα αυτή μεταδίδεται στο νερό και τότε μετατρέπεται σε ατμό, ο οποίος πλέον έχει θερμική και δυναμική ενέργεια, δηλαδή θερμοκρασία και πίεση.

Στήν **παλινδρομική μηχανή** μέρος της θερμικής και της δυναμικής ενέργειας του ατμού μετατρέπονται σε μηχανικό έργο.

Στό **στρόβιλο δράσεως** μέρος της θερμικής και δυναμικής ενέργειας, μετατρέπονται μέσα στα άκροφύσια, σε κινητική, ή οποία μετατρέπεται σε μηχανικό έργο μέσα στις πτερυγώσεις.

Στό **στρόβιλο άντηδράσεως** γίνεται έκμετάλλευση της θερμικής και δυναμικής ενέργειας μέσα στα έκτονωτικά πτερύγια, συγχρόνως δέ και της κινητικής με αποτέλεσμα να παραχθεί το κινητήριο έργο.

Θεωρητικά πρέπει χρησιμοποιώντας το ίδιο ποσό θερμότητας να παράγεται το ίδιο κινητήριο έργο και στους δύο τύπους μηχανών. Στήν πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει αυτό, γιατί έχουμε διαφορετικές απώλειες σε κάθε τύπο μηχανής. Αποδοτικότερη είναι ή χρησιμοποίηση της θερμότητας στους στρόβιλους, κυρίως έπειδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σ' αυτούς ύψηλή πίεση και υψηλό κενό, πού για τεχνικούς λόγους ιδίως ή χρησιμοποίηση ύψηλου κενού δεν μπορεί να γίνει στις παλινδρομικές μηχανές. Σ' αυτές δηλαδή ή εξάτμιση έχει ακόμη άρκετή πίεση και θερμοκρασία πού αντιπροσωπεύουν θερμίδες πού χάνονται με την ψύξη μέσα στο ψυγείο. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε οί κατασκευαστές επινόησαν την παρεμβολή μεταξύ παλινδρομικής και ψυγείου, ενός στρόβιλου Χ.Π., ο οποίος εργάζεται με τις εξατμίσεις της παλινδρομικής. Έτσι βελτιώνεται αίσθητά ή απόδοσή της όχι όμως τόσο, ώστε να φθάσει την απόδοση του στρόβιλου. Ο στρόβιλος αυτός ονομάζεται **«στρόβιλος εξατμίσεων»**.

Λειτουργική διαφορά υπάρχει μεταξύ τους, έφ' όσον στήν παλινδρομική μηχανή ή ενέργεια του ατμού είναι **περιοδική**, ενώ στο στρόβιλο **συνεχής**.

Επί πλέον ή κίνηση των ατμοστροβίλων είναι καθαρά **περιστροφική** και γιαυτό χαρακτηρίζονται ως περιστροφικές ατμομηχανές αντίθετα με την παλινδρομική μηχανή της οποίας τά κινητά μέρη έκτελούν άλλα εύθύγραμμη παλινδρομική κίνηση, άλλα περιστροφική και άλλα μικτή πού προέρχεται από τό συνδυασμό των δύο προηγούμενων.

Εκτός απ' αυτές υπάρχουν και οί έξης διαφορές πού αναφέρονται στήν έκμετάλλευση κάθε τύπου.

— **Η παλινδρομική μηχανή:** Πιάνει μεγάλο χώρο και έχει μεγάλο βάρος. Αντίθετα είναι μηχανή μεγάλης άντοχής, λειτουργεί με ασφάλεια, έχει μεγάλη ροπή στρέψεως κατά την έκκίνηση και την ίδια περίπου ίπποδύναμη κατά την ανάστροφη κίνηση.

— **Ο στρόβιλος:** Πιάνει μικρό χώρο και έχει μικρό βάρος, χρειάζεται ολιγότερο προσωπικό έχει μικρότερη κατανάλωση λιγότερες άρθρώσεις και έπομένως λιγότερες πιθανότητες φθορών. Είναι εύκολοχειρίστη μηχανή, δεν έχει κραδασμούς και διατηρεί καθαρό τό μηχανοστάσιο. Αντίθετα όμως χρειάζεται έξασκημένο προσωπικό δεν αναπτύσσει ίδια ίπποδύναμη κατά την ανάστροφη κίνηση, χρειάζεται μειωτήρες και είναι γενικά εύπαθέστερη μηχανή από την παλινδρομική.

Όσον αφορά την ποιότητα του ατμού οί στρόβιλοι εργάζονται πάντοτε σχεδόν με υπέρθερμο ατμόν και έχουν ύψηλή απόδοση, ενώ οί παλινδρομικές κατά προτίμηση με κορεσμένο και ή απόδοσή τους είναι χαμηλότερη από τό στρόβιλο.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι ο στρόβιλος υπερτερεί σαφώς από την παλινδρομική μηχανή, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του και έπειδή έχει υψηλότερο βαθμό απόδοσης, δηλαδή μικρότερη ειδική κατανάλωση καυσίμου, και γι'αυτό η χρήση του έχει γενικευθεί σήμερα σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις μεγάλης ιπποδυνάμειας.

5.5 Άτμοστρόβιλοι δράσεως. Διάγραμμα πιέσεων - ταχύτητων.

Στήν παράγραφο αυτή θα εξετάσουμε τους διάφορους αντιπροσωπευτικούς στρόβιλους δράσεως οι οποίοι απ' όσα ήδη έχουμε αναφέρει είναι:

- Ό στρόβιλος χωρίς καμμία διαβάθμιση.
- Ό στρόβιλος μέ διαβάθμιση ταχύτητας.
- Ό στρόβιλος μέ διαβάθμιση πίεσεως.
- Ό στρόβιλος μέ διαβάθμιση πίεσεως και ταχύτητας.

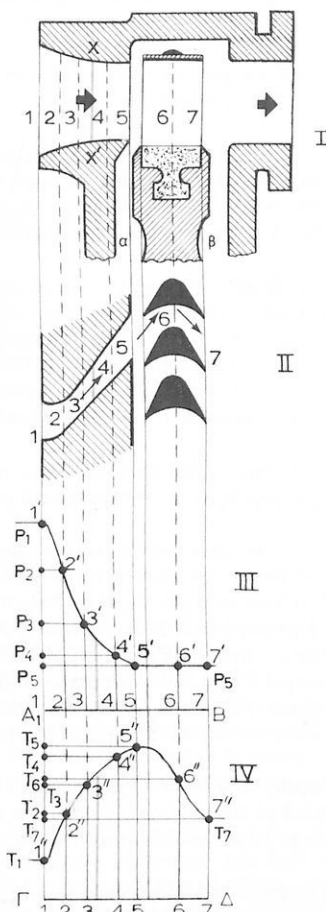
Γιά τήν περιγραφή και τήν μελέτη τους χρησιμοποιούμε τό διάγραμμα πίεσεως - ταχύτητας, όπως αυτό των σχημάτων 5.3α, 5.3β. Αυτό είναι κάτι ανάλογο πρός τό δυναμοδεικτικό διάγραμμα τής παλινδρομικής άτμομηχανής, μέ τή διαφορά ότι έχει θεωρητική μόνο άξια γιατί δέν υπάρχει όργανο ανάλογο πρός τό δυναμοδείκτη τής παλινδρομικής μηχανής, πού νά μάς δίνει τό διάγραμμα πίεσεως - ταχύτητας κατά τή λειτουργία του στρόβιλου. Έν τούτοις είναι και αυτό ένα χρησιμότατο στοιχείο γιά τήν κατανόηση τής λειτουργίας τους.

Γιά νά χαράξουμε τό διάγραμμα $p - T$ χρησιμοποιούμε τή μέθοδο του σχήματος 5.5α, τό όποιο εικονίζει ένα άπλο στρόβιλο δράσεως σέ ήμιτομή (I) και κάτωψη (II), κάτω από τίς όποιες χαράσσουμε τήν καμπύλη μεταβολών τής πίεσεως (III) και τήν καμπύλη τής μεταβολής τής ταχύτητας (IV) κατά μήκος τής φλέβας του άτμου, ό όποιος ρέει από τήν είσοδο πρός τήν έξοδο.

Διακρίνονται στό σχήμα τό κέλυφος μέ τό άκροφύσιο και ό τροχός μέ τό πτερύγιο. Φανταζόμαστε μιά τομή τής φλέβας του άτμου $X - X'$ μέ πολύ μικρό πάχος και εξετάζουμε τίς μεταβολές τής πίεσεως της p και τής ταχύτητας της T σέ διάφορες θέσεις 1,2,3,4 κλπ. καθώς αυτή κινείται κάθετα πρός τόν άξονα ροής τής φλέβας. Έτσι έχουμε γιά τήν πίεση τήν καμπύλη 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7' και γιά τήν ταχύτητα τήν καμπύλη 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7''.

Άπό τή μελέτη τής καμπύλης τής πίεσεως συμπεραίνουμε ότι ή πίεση του άτμου ελαττώνεται βαθμιαία από τήν είσοδο στό άκροφύσιο μέχρι τήν έξοδο του από αυτό. Ό άτμός δηλαδή μέσα στό **άκροφύσιο** υφίσταται τή γνωστή μας **έκτόνωση του**.

Συμπεραίνουμε επίσης ότι κατά τή δίοδο του άτμου μέσα από τά αυλάκια μεταξύ των πτερυγίων ή πίεση παραμένει σταθερή. Αυτό, γιατί τά πτερύγια δράσεως σχηματίζουν αυλάκια σταθερής διατομής, μέσα στα όποια δέν γίνεται καμμία έκτόνωση του άτμου. Μέ τή σταθερή αυτή πίεση ό άτμός πηγαίνει στό ψυγείο. Άπό τή μελέτη έξ άλλου τής καμπύλης τής ταχύτητας διαπιστώνουμε ότι ή ταχύτητα του άτμου μεγαλώνει λίγο λίγο καθώς ό άτμός περνά από τό άκροφύσιο. Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως ξέρομε, ό άτμός μέσα στό άκροφύσιο **έκτονώνεται** και χάνει δυναμική και θερμική ενέργεια, ή όποια μετατρέπεται σέ κινητική ή όποια εκδηλώνεται μέ τήν αύξηση τής ταχύτητας. Τή μεγαλύτερη τιμή ταχύτητας έχει ό άτμός στή θέση 5, δηλαδή κατά τήν έξοδο του από τά άκροφύσια.



Σχ. 5.5α.

Κατόπιν παρατηρούμε ότι μέσα στα κινητά πτερύγια (π.χ. θέσεις 6 και 7 επί του άξονα ΓΔ) η ταχύτητα πέφτει προοδευτικά. Αυτό συμβαίνει γιατί μέσα στα κινητά πτερύγια αναπτύσσεται το έργο της δράσεως με δαπάνη της κινητικής ενέργειας, ή οποία μετρίεται με την πώση της ταχύτητας του ατμού.

Η ταχύτητα του ατμού τέλος έχει τη μικρότερη τιμή 7 - 7'' τη στιγμή της εξόδου του από τα κινητά πτερύγια.

Με τη σταθερή αυτή ταχύτητα ο ατμός οδεύει τελικά προς ψυγείο.

Συμπερασματικά η καμπύλη της πίεσεως μᾶς δείχνει πώς πέφτει η πίεση μέσα

στό άκροφύσιο, ένώ παραμένει σταθερή μέσα στην πτερύγωση. 'Η δέ καμπύλη τής ταχύτητας δείχνει πώς άνέρχεται ή ταχύτητα μέσα στό άκροφύσιο καί πέφτει μέσα στην κινητή πτερύγωση.

Αυτήν τή μέθοδο χαράξεως του διαγράμματος πίεσεως - ταχύτητας χρησιμοποιούμε καί στους στρόβιλους των άλλων διαφόρων κατηγοριών, δράσεως ή αντίδράσεως.

Στους στρόβιλους δράσεως παρατηρούμε ότι μέρος του άτμου, που βγαίνει από τά άκροφύσια, διαχέεται από τά άξονικά διάκενα προς τό χώρο (α) μεταξύ τροχού καί προσώψεως στό κελύφους (σχ. 5.5β). "Αλλο πάλι μέρος του άτμου που βγαίνει από τό στρόβιλο εισέρχεται προς τό χώρο (β) μεταξύ του τροχού καί του πυθμένα του κελύφους.

Ο άτμος στους χώρους (α) καί (β) άσκει πίεση στον τροχό καί στό κέλυφος, όπως δείχνουν τά βέλη. Οι πιέσεις αυτές τείνουν νά σπάσουν τό κέλυφος ή νά τό παραμορφώσουν· γιαυτό κατασκευάζεται ισχυρό, ώστε νά άντέχει.

Οι πιέσεις που εξασκούνται έξάλλου στον τροχό έχουν τά έξής άποτελέσματα:

1) 'Η πίεση στό χώρο (α) πολλαπλασιαζόμενη επί τήν έπιφάνεια του τροχού δημιουργεί μία δύναμη Δα, ή όποία σπρώχνει τό στροφείο κατά τή διεύθυνση ροής του άτμου.

2) 'Η πίεση στον χώρο (β) πάλι δημιουργεί κατά τον ίδιον τρόπο μία δύναμη (Δβ) αντίθετη από τή (Δα) ή όποία σπρώχνει τό στροφείο κατά διεύθυνση αντίθετη από τή ροή του άτμου.

'Επειδή ή μπροστινή καί ή πίσω έπιφάνεια του τροχού είναι ίσες αλλά καί οι πιέσεις στους χώρους (α) καί (β) είναι έπίσης ίσες, έπεται ότι οι δυνάμεις Δα καί Δβ είναι ίσες καί αντίθετες καί έξουδετερώνουν ή μία τήν άλλη. Στην πραγματικότητα όμως ή πίεση στό χώρο (β) είναι λίγο μικρότερη από τήν πίεση στό χώρο (α) γιατί υπάρχουν όρισμένες μικρές άπώλειες λόγω τριβής του άτμου καθώς περνά από τά πτερύγια. Έτσι στην πραγματικότητα ή (Δα) είναι λίγο μεγαλύτερη από τή (Δβ) καί ή διαφορά (Δα - Δβ) είναι μία δύναμη που σπρώχνει λίγο τό στρόβιλο, καθώς λειτουργεί, κατά τή διεύθυνση τής ροής του άτμου. 'Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άξονική ώθηση**.

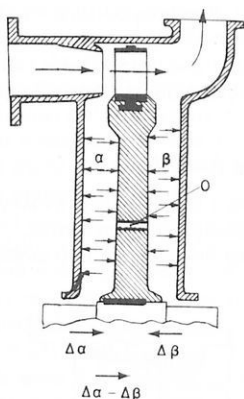
Τήν άξονική ώθηση του στροφείου τήν έξουδετερώνουμε άν εξισώσουμε τίς πιέσεις στους χώρους (α) καί (β). Αυτό τό έπιτυγχάνουμε άνοίγοντας περιφερειακά μερικές τρύπες (Ο) στή μέση περίπου διάμετρο του τροχού, ώστε νά συγκοινωνούν μεταξύ τους οι δύο χώροι.

Όταν ή άξονική ώθηση είναι μικρή, τότε δέν άνοίγουμε τρύπες, αλλά τοποθετούμε στή μία άκρη του άξονα έναν ή περισσότερους ώστικούς δακτύλιους ή έναν ένσφαιρο τριβέα άξονικής ώσεως, οι όποιοι τήν άπορροφούν εύκολα. Τόν τριβέα αυτό μέ τούς δακτύλιους ώσεως, ή καί τόν ένσφαιρο τριβέα τόν ονομάζουμε γενικότερα τριβέα **ισορροπήσεως**.

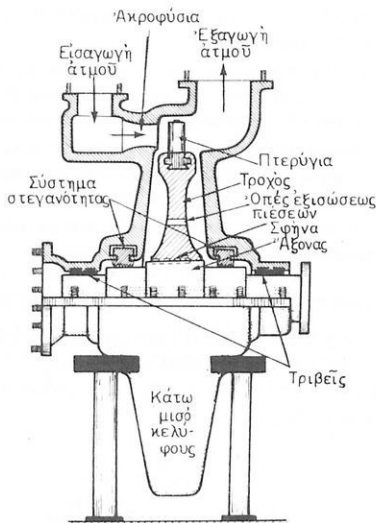
α) Περιγραφή άπλου άτμοστρόβιλου δράσεως (De Laval).

'Η άπλούστερη μορφή στρόβιλου δράσεως είναι ένας τροχός ή δίσκος, ό όποιος στερεώνεται σε άξονα καί έχει στην περιφέρειά του μία πτερύγωση δράσεως (σχ. 5.5γ').

Τό κέλυφος του στρόβιλου αυτού υποδιαιρείται από τό όριζόντιο έπιπεδο που



Σχ. 5.5β.



Σχ. 5.5γ.

περνᾶ από τόν ἄξονα, σέ δύο ἡμικελύφη τό πάνω καί το κάτω. Τό κάτω ἡμικέλυφος στηρίζεται στή βάση τῆς ἐγκαταστάσεως τοῦ στρόβιλου καί ἔχει περιαιχένιο, ὥστε τά δύο ἡμικελύφη νά συνδέονται μέ ἀπόλυτη ἐφαρμογή τῶν περιαιχενίων καί νά συσφίγγονται μέ κοχλίες καί περικόχλια σ' ἓνα σῶμα.

Στά δύο ἄκρα τοῦ κελύφους σχηματίζονται δύο τρύπες ἀπό τίς ὁποῖες περνᾶ ὁ ἄξονας. Ἐκεῖ, ὅπου ὁ ἄξονας διαπερνᾶ τό κέλυφος, ὑπάρχει **σύστημα στεγανότη-
τας**, ὥστε νά μή συγκοινωνεῖ τό ἐσωτερικό τοῦ στρόβιλου μέ τόν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα.

Ὁ ἄξονας ἐδράζεται καί περιστρέφεται πάνω στούς τριβεῖς, οἱ ὁποῖοι τοποθε-
τοῦνται σέ δύο κατάλληλες ὑποδοχές, πού ἔχει τó κέλυφος.

Τό κέλυφος στό ἓνα ἄκρο του ἔχει τό κιβώτιο εἰσαγωγῆς τοῦ ἀτμοῦ καί μία σει-
ρά ἀπό **ἄκροφύσια** τοποθετημένα σ' ἓνα τόξο ἢ σέ περισσότερα μικρά χωριστά με-
ταξύ τους.

Τά ἄκροφύσια στό στρόβιλο De Laval εἶναι **συγκλίνοντα - ἀποκλίνοντα**.

Στό ἄλλο ἄκρο τοῦ κελύφους διαμορφώνεται ὁ ὀχετός τῶν ἐξατμίσεων τοῦ
στρόβιλου, ὁ ὁποῖος τίς ὁδηγεῖ στό ψυγεῖο.

Ἡ λειτουργία τοῦ στρόβιλου αὐτοῦ εἶναι ἀπλή, καί παριστάνεται γραφικά μέ τό
διάγραμμα $p - T$ τοῦ σχ. 5.5α τό ὁποῖο χαράξαμε καί ὡς ὑπόδειγμα γιά ὅλους τοὺς
στρόβιλους.

Στό στρόβιλο αὐτό ἀμέσως μόλις ἀνοίξουμε τόν ἀτμοφράκτη ὁ ἀτμός μπαίνει στό
ἀτμοκιβώτιο περνᾶ ἀπό τά ἄκροφύσια καί κατόπιν πηγαίνει στά αὐλάκια μεταξὺ
τῶν περυγίων, ὅπου ὅπως ξέρομε, παράγει τό ἔργο δράσεως.

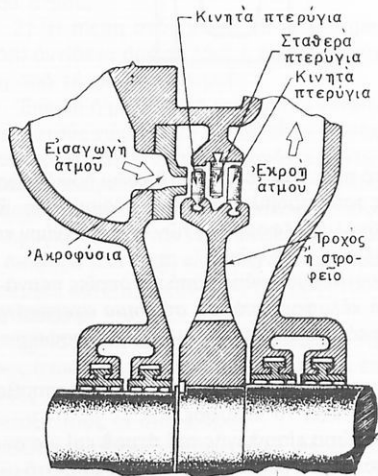
Ο στρόβιλος, αυτός λέγεται **στρόβιλος δράσεως με μία βαθμίδα ταχύτητας ή τροχός De Laval**.

Όταν η διαφορά πίεσεως εισαγωγής και εξαγωγής του ατμού είναι μεγάλη αναπτύσσει πολύ μεγάλη ταχύτητα, μέχρι και 25000 r.p.m. (στροφές το λεπτό). Η ταχύτης αυτή είναι βεβαίως υπερβολική για την πρακτική εφαρμογή και για αυτό χρησιμοποιείται ελάχιστα για την κίνηση μικρών μόνο βοηθητικών μηχανημάτων. Όταν πρέπει να κινείται το μηχάνημα με μικρότερο αριθμό στροφών, παρεμβάλλεται μεταξύ του στρόβιλου και του μηχανήματος (άντλίας, άνεμιστήρα κ.λ.π.) σύστημα μεταδόσεως μειωμένης ταχύτητας με δοντωτούς τροχούς, το οποίο ονομάζεται **μειωτήρας στροφών ή ταχύτητας**.

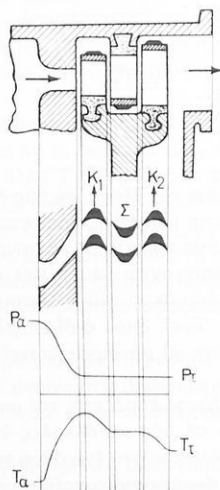
β) Άτμοστρόβιλος δράσεως με βαθμίδες ταχύτητας (Curtis).

Στό στρόβιλο αυτόν η ταχύτητα διαβαθμίζεται από 2 έως 5 φορές, ανάλογα δε χαρακτηρίζεται ως στρόβιλος δράσεως 2,3,4,5 διαβαθμίσεων ταχύτητας.

Τά σχήματα 5.5δ' και 5.5ε' παριστάνουν στρόβιλο δράσεως με δύο διαβαθμίσεις ταχύτητας.



Σχ. 5.5δ.



Σχ. 5.5ε.

Τό στροφέϊο του αποτελείται από άξονα με έναν τροχό ο οποίος φέρει σ' όλη την περιφέρειά του δύο σειρές κινητών πτερυγίων δράσεως.

Τό κέλυφος πάλι αποτελείται από δύο ημικελύφη. Στην πλευρά εισόδου του ατμού υπάρχουν μία ή περισσότερες ομάδες άκροφυσίων, σ' ένα τόξο ή και σέ όλη την περιφέρεια. Στην άλλη πλευρά του κελύφους βρίσκεται ή έξαγωγή του ατμού πρὸς τό ψυγείο. Υπάρχει επίσης και μία σειρά σταθερών πτερυγίων δράσεως, πού στερεώνονται στην κοιλότητα του κελύφους. Τά πτερυγία αυτά τοποθετούνται αν-

τίθεται προς τὰ κινητά, γιά νά ὀδηγοῦν τόν ἀτμόν προς τήν ὀρθή κατεύθυνση.

Κατά τή λειτουργία τοῦ στρόβιλου καί ἀφοῦ ἀνοίξομε τόν ἀτμοφράκτη, ὁ ἀτμός περνᾷ πρῶτα ἀπό τά ἀκροφύσια. Ἐκεῖ ἀφ' ἑνός ἐκτονώνεται παίρνοντας τήν τελική πίεσή του κατά τήν ἔξοδό του ἀπ' αὐτά, ἀφ' ἑτέρου δέ, ὅπως ξέρομε ἀποκτᾷ μεγάλη ταχύτητα, μέ τή μεγαλύτερη τιμή της πάλι στήν ἔξοδό του ἀπό τά ἀκροφύσια.

Κατόπιν ὁ ἀτμός μπαίνει στήν πρώτη σειρά πτερυγίων, ὅπου περιστρέφει τό στρόβιλο, παράγει δηλαδή ἔργο λόγω τῆς δράσεώς του, καί χάνει μέρος της ταχύτητάς του. Διαθέτει ὅμως ἀκόμη ἐπαρκή ταχύτητα, γιά νά ἀποδώσει ἔργο στή δεύτερη σειράν κινητῶν πτερυγίων.

Πρίν μπεῖ στή δεύτερη σειρά κινητῶν πτερυγίων, περνᾷ ἀπό τά σταθερά πτερύγια τοῦ κελύφους, τά ὁποῖα σχηματίζουν μεταξύ τους αὐλάκια σταθερῆς διατομῆς. Ἐκεῖ ὁ ἀτμός δέν παθαίνει καμιά μεταβολή τῆς **καταστάσεώς του** παρά μόνο, ὅπως εἴπαμε παίρνει τή σωστή κατεύθυνση καί ὀδηγεῖται κατάλληλα στή δεύτερη σειράν τῶν κινητῶν πτερυγίων. Γιαυτό ἄλλωστε καί τά σταθερά αὐτά πτερύγια τοῦ στρόβιλου δράσεως ὀνομάζονται **ὀδηγητικά**.

Ἀφοῦ ὁ ἀτμός εἰσέλθει στή δεύτερη σειράν κινητῶν πτερυγίων, περιστρέφει ἐκ νέου τό στρόβιλο κατά τήν ἴδια φορά παράγει δηλαδή καί μέσα σ' αὐτά ἔργο, ἐνῶ ταυτοχρόνως χάνει ἄλλο ἓνα μέρος τῆς ταχύτητάς του. Μέ τήν ταχύτητα τέλος πού τοῦ μένει πηγαίνει προς τό ψυγεῖο.

Ἀπό αὐτά ὅλα βγάζομε τά ἑξῆς συμπεράσματα γιά τό στρόβιλο αὐτόν:

1) Ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ ἐλαττώνεται μόνο μέσα στά ἀκροφύσια, ἐνῶ στά κινητά καί σταθερά πτερύγια παραμένει σταθερή, γιατί τά αὐλάκια τους ἔχουν σταθερή διατομή.

2) Ἡ ταχύτητα μεγαλώνει μέσα στά ἀκροφύσια, ἐλαττώνεται στή πρώτη σειρά κινητῶν πτερυγίων, παραμένει σταθερή μέσα στά σταθερά πτερύγια καί ἐλαττώνεται πάλι στή δεύτερη σειρά κινητῶν πτερυγίων. Ἐπειδή στό στρόβιλο αὐτόν ἔχομε δύο πτώσεις τῆς ταχύτητας, τόν ὀνομάζομε στρόβιλο δράσεως **μέ δύο διαβαθμίσεις ἢ βαθμίδες ταχύτητας**.

3) Τό ἔργο τοῦ ἀτμοῦ παράγεται μόνο μέσα στίς κινητές πτερυγώσεις, ὅπου καί πέφτει ἡ ταχύτητά του. Πραγματοποιεῖται δηλαδή μέ δαπάνη τῆς κινητικῆς ἐνέργειας τοῦ ἀτμοῦ.

4) **Θεωρητικά δέν ὑπάρχει ἄξονική ῥοπή**. Στήν πραγματικότητα ὅμως ὑπάρχει καί γιαυτό ὅπως καί στόν προηγούμενο τύπο De Laval, ἀνοίγομε τρύπες στόν τροχό γιά νά ἐξισώσομε τήν πίεση καί στίς δύο ὀψεις του ἢ χρησιμοποιοῦμε κατάλληλους τριβεῖς ἰσορροπήσεως.

Παρατηροῦμε ἐπί πλέον ὅτι, ἂν τά ἀκροφύσια δέν πιάνουν ὅλη τήν περιφέρεια, ἀλλά μόνο ἓνα τόξο της τό **τόξο ἐγκύσεως**, τότε καί τά σταθερά πτερύγια δέν εἶναι ἀναγκαῖο νά τοποθετηθοῦν σέ ὅλη τήν περιφέρεια του αὐλακιοῦ τοῦ κελύφους, ἀλλά πάλι σ' ἓνα τόξο μόνο καί μάλιστα ἀπέναντι ἀπό τό τόξο ἐγκύσεως τῶν ἀκροφυσίων.

Ἐπίσης παρατηροῦμε ὅτι τά πτερύγια τῆς δεύτερης σειρᾶς ἔχουν μεγαλύτερο ὕψος ἀπό τά πτερύγια τῆς πρώτης.

Αὐτό εἶναι ἀναγκαῖο ὅπως ἐξηγεῖται ἀπό τήν ἐφαρμογή τῆς ἐξίσωσews τῆς **συνέχειας τῆς ροῆς** τοῦ ἀτμοῦ. Σύμφωνα μέ τήν ἐξίσωση αὕτη ὁ ὄγκος τοῦ ἀτμοῦ, πού περνᾷ ἀπό τό στρόβιλο στή μονάδα τοῦ χρόνου, σέ ὁποιοδήποτε σημεῖο τῆς

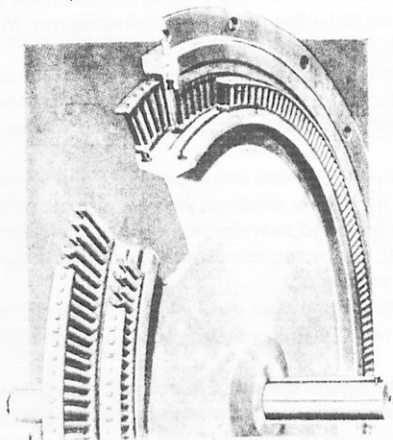
ροής, είναι σταθερός και πάντοτε ίσος με τό γινόμενο του έμβαδου πού έχει ή διατομή τής φλέβας του άτμου σέ ένα σημείο επί τήν ταχύτητα πού έχει στο σημείο αυτό. Γράφεται δέ ή έξίσωση ως:

$$V = F \cdot c$$

όπου: V είναι ό όγκος του άτμου, πού διέρχεται στή μονάδα του χρόνου, F ή επιφάνεια διατομής τής φλέβας του άτμου, c ή ταχύτητα του άτμου.

Ό όγκος του άτμου παραμένει σταθερός μετά τήν έξοδό του από τά άκροφύσια, γιατί μόνο μέσα σ' αυτά πραγματοποιήθηκε ή έκτόνωση. Η ταχύτητα όμως εισόδου στά κινητά πτερύγια στήν πρώτη σειρά είναι μεγάλη, ένω στή δεύτερη είναι μικρότερη. Έπομένως, γιά νά διατηρηθεϊ σταθερόν τό γινόμενο ($F \cdot c$), πού παριστάνει τόν όγκο (V), πρέπει στήν είσοδο τής δεύτερης σειράς πτερυγίων ή φλέβα του άτμου νά βρεϊ μεγαλύτερη επιφάνεια, τήν όποία δημιουργούμε έμείς αύξάνοντας τό ύψος τής δεύτερης σειράς των πτερυγίων.

Τό σχήμα 5.5στ δείχνει τή φωτογραφία τομής ενός τροχού Curtis μέ 2 διαβαθμίσεις ταχύτητας.



Σχ. 5.5στ.

Οι άτμοστρόβιλοι δράσεως μέ βαθμίδες ταχύτητας χρησιμοποιούνται γιά νά κινούν βοηθητικά μηχανήματα όπως άντλίες, γεννήτριες, συμπιεστές, άνεμιστήρες μέ 2 ή καί περισσότερες βαθμίδες ταχύτητας κ.λ.π.

Έπίσης χρησιμοποιούνται καί ως στρόβιλοι άναστροφής των πλοίων όποτε τοποθετούνται στόν άξονα του στρόβιλου Χ.Π. μέ αντίθετη πτερύγωση άπ' αύτήν πού έχει ό κύριος στρόβιλος. Αποδίδουν τότε ίπποδύναμη 30 - 40% περίπου σέ σύγκριση μέ τήν ίπποδύναμη, πού αποδίδει συνολικά ό κύριος στρόβιλος του πρσσω.

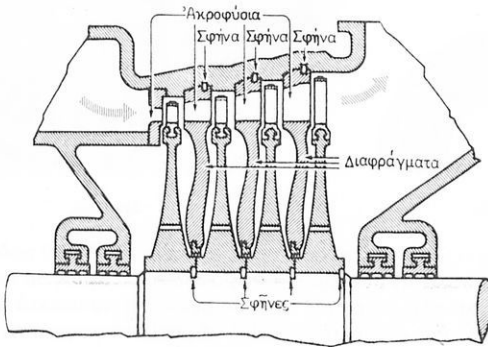
γ) Ἀτμοστρόβιλος δράσεως μέ βαθμίδες πίεσεως (Rateau).

Στόν ἀτμοστρόβιλο αὐτόν πραγματοποιοῦμε τή συνολική ἐκτόνωση τοῦ ἀτμοῦ βαθμιαία, δηλαδή λίγο λίγο διαδοχικά ἀπό τήν ἀρχική μέχρι τήν τελική του πίεση.

Ἀνάλογα μέ τόν ἀριθμό τῶν διαδοχικῶν ἐκτονώσεων χαρακτηρίζομε καί τόν ἀριθμό τῶν ἐκτονωτικῶν **βαθμίδων πίεσεως**. Ἔτσι π.χ. ἔχομε ἀτμοστρόβιλο δράσεως μέ 3, 4 ἢ 5 βαθμίδες πίεσεως κ.ο.κ.

Τό σχῆμα 5.5ζ παριστάνει στρόβιλο δράσεως μέ διαβάθμιση πίεσεως καί 4 συνολικά ἐκτονωτικές βαθμίδες.

Τό στροφεῖο του ἀποτελεῖται ἀπό ἄξονα, στόν ὁποῖο στερεώνονται 4 τροχοί. Κάθε τροχός ἔχει στήν περιφέρειά του ἀπό μία σειρά κινητῶν περυγιῶν δράσεως.



Σχ. 5.5ζ.

Στό πάνω ἡμικέλυφος ὑπάρχουν στήν πρόσοψη ἡ εἴσοδος τοῦ ἀτμοῦ καί τὰ ἀκροφύσια, τά ὁποῖα καταλαμβάνουν ὅλη τήν περιφέρεια ἢ μόνο ἓνα τόξο της, τό **τόξο ἐγχύσεως**, συνηθέστερα.

Στό κέλυφος ἐπίσης στερεώνονται τὰ **διαφράγματα**, τά ὁποῖα εἶναι δίσκοι, πού ἀποτελοῦνται ἀπό δύο ἡμιδιαφράγματα. Τό κάτω ἡμιδιάφραγμα τοποθετεῖται μέ μεγάλη ἐφαρμογή σέ ἀντίστοιχη αὐλακα τοῦ κάτω ἡμικελύφους, καί τό πάνω κατά τόν ἴδιο τρόπο σέ αὐλακα τοῦ πάνω ἡμικελύφους.

Τά δύο ἡμιδιαφράγματα ἐφάπτονται μεταξύ τους κατά στεγανό τρόπο.

Μέ τή βοήθεια σφίνας, πού σφηνώνεται στό ἓνα ἡμιδιάφραγμα καί στό ἀντίστοιχο ἡμικέλυφος, σταθεροποιοῦμε τό διάφραγμα, ὥστε νά μή περιστρέφεται κατὰ τή λειτουργία.

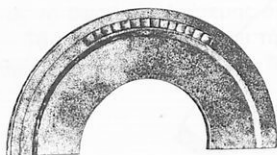
Τά δύο ἡμιδιαφράγματα ἐνωμένα σχηματίζουν στό κέντρο τους τρύπα γιά τόν ἄξονα τοῦ στρόβιλου. Στή θέση αὐτή τοποθετεῖται σύστημα στεγανότητας, γιά νά ἐμποδίζει τόν ἀτμό νά περνᾷ ἀπό τό διάκενο μεταξύ τοῦ ἄξονα καί τοῦ διαφράγματος ἀπό τή μία ἐκτονωτική βαθμίδα στήν ἐπομένη.

Κάθε διάφραγμα τοποθετεῖται μεταξύ δύο τροχῶν.

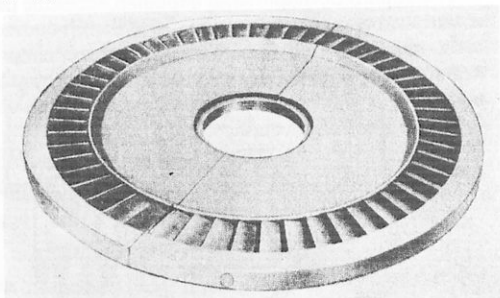
Σέ ὁλόκληρη τήν περιφέρεια ἢ σέ ἓνα τόξο μόνο κάθε διαφράγματος ἀνοίγονται τρύπες στίς ὁποῖες τοποθετοῦνται ἀκροφύσια ἢ ἐκτονωτικά περύγια.

Έτσι στο στρόβιλο αυτό με τὰ ἀκροφύσια στὴν ἀρχὴ τοῦ στρόβιλου καὶ στὰ ἐνδιάμεσα διαφράγματα μπορούμε νὰ πραγματοποιήσουμε τὴν κλιμακωτὴ ἐκτόνωση, δηλαδή τὴ διαβάθμιση τῆς πύσσεως τῆς πίεσεως τοῦ ἀτμοῦ σέ 2 ἕως καὶ 10 ἢ καὶ περισσότερες βαθμίδες πίεσεως μερικές φορές. Τὰ ἀκροφύσια καὶ τὰ ἐνδιάμεσα διαφράγματα ὑπορεῖ νὰ εἶναι μὲ τόσο μερικὴς ἐγχύσεως ἢ μὲ ὀλική ἐγχυση.

Τὸ σχῆμα 5.5η παριστάνει πάνω ἡμιδιάφραγμα γιὰ μερική ἐγχυση τοῦ ἀτμοῦ καὶ τὸ σχῆμα 5.5θ ὁλόκληρο διάφραγμα.



Σχ. 5.5η.



Σχ. 5.5θ.

Στὴν πίσω ὄψη τοῦ τό κέλυφος φέρει τὴν ἐξαγωγή τοῦ ἀτμοῦ πρὸς τὸ ψυγεῖον.

Στὸ στρόβιλο αὐτὸ ὅταν ἀνοίξουμε τὸν ἀτμοφράκτη, ὁ ἀτμός θὰ περάσει ἀπὸ τὴν πρώτη σειρὰ ἀκροφυσίων. Μέσα σ' αὐτὰ ἐκτονώνεται καὶ ἀποκτᾷ μεγάλη ταχύτητα, κατευθύνεται δὲ ἀπὸ ἐκεῖ κατάλληλα γιὰ νὰ μπεῖ στὰ κινητὰ πτερύγια τοῦ πρώτου τροχοῦ. Στὰ πτερύγια αὐτοῦ ἐνεργεῖ μὲ τὴ δύναμη δράσεως καὶ περιστρέφει τὸν τροχό, παράγοντας μέρος τοῦ συνολικοῦ ἔργου.

Ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ μέσα στὰ κινητὰ πτερύγια τοῦ πρώτου τροχοῦ παραμένει σταθερὴ ἢ ταχύτητα τοῦ ὅμως ἐλαττώνεται ἐπειδὴ ἡ κινητικὴ του ἐνεργεια μετατρέπεται σέ ἔργο.

Κατόπιν ὁ ἀτμός περνᾷ ἀπὸ τὴ δεύτερη σειρὰ ἀκροφυσίων, δηλαδή τοῦ πρώτου διαφράγματος, ὅπου ἐκτονώνεται γιὰ δεύτερη φορά, ἐλαττώνεται ἡ πίεσή του καὶ αὐξάνεται ἡ ταχύτητά του. Ὑστερα μπαίνει στὰ πτερύγια τοῦ δεύτερου τροχοῦ, ὅπου ἀποδίδει πάλι μέρος τοῦ συνολικοῦ ἔργου μὲ τὴ δύναμη δράσεως, ἐνῶ ἡ πίεσή του παραμένει σταθερὴ καὶ ἡ ταχύτητά του πέφτει.

Τὰ ἴδια συμβαίνουν καὶ στὴν τρίτη καὶ τέταρτη σειρὰ ἀκροφυσίων καὶ στὶς ἀντίστοιχους κινητὲς πτερυγώσεις, μέχρις ὅτου ὁ ἀτμός βγεῖ ἀπὸ τὸ στρόβιλο.

Ὅπως εἶναι προφανές ἀπὸ τὴ λειτουργία τοῦ στρόβιλου, ἐκμεταλλευόμεστε τὴν ταχύτητα, ποὺ ἀποκτᾷ ὁ ἀτμός μέσα σέ κάθε σειρὰ ἀκροφυσίων, γιὰ παραγωγὴ ἔργου στὰ πτερύγια τοῦ τροχοῦ ποὺ ἀκολουθεῖ, ἔτσι, ὥστε ἡ ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ στρόβιλου νὰ περιορίζεται σέ παραδεκτὰ ὅρια.

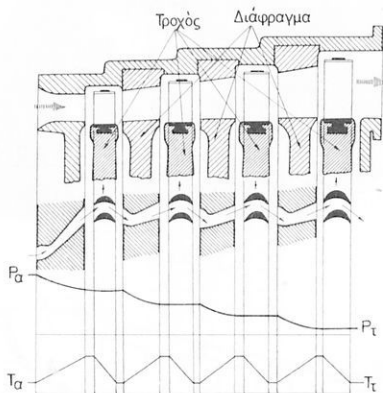
Στὸ σχῆμα 5.5ι φαίνεται σέ ἡμιτομή ἓνας στρόβιλος δράσεως μὲ 4 βαθμίδες πίεσεως. Βαθμίδα ὀνομάζεται τὸ ζεῦγος μιᾶς σειρᾶς ἀκροφυσίων μαζί μὲ κινητὰ πτερύγια τοῦ ἀντίστοιχου τροχοῦ. Στὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος ἔχουν χαραχθεῖ κατὰ τὴ γνωστὴ μας μέθοδο οἱ καμπύλες μεταβολῆς τῆς πίεσεως καὶ τῆς ταχύτητας τοῦ ἀτμοῦ γιὰ ὅλη τὴν πορεία τοῦ ἀτμοῦ μέσα στοῦ στρόβιλο.

Ο αριθμός των βαθμίδων στους στρόβιλους αυτής της κατηγορίας κυμαίνεται, όπως είπαμε, από 2 έως και 10 ή και περισσότερες εξαρτάται δέ από την ιπποδύναμη και τον βαθμό έκτονώσεως.

Από την *έξισωση συνέχειας της ροής* του ατμού (παράγρ. 5.5β) συμπεραίνουμε ότι επειδή ο ατμός έκτονώνεται τώρα μέσα στα άκροφύσια, ο όγκος του μεγαλώνει όσο προχωρεί από τη *μία βαθμίδα* στην άλλη. Γιαυτό χρειάζεται και μεγαλύτερες διατομές διόδου από την άλλη. Αυτό επιβάλλει μεγαλύτερες διαστάσεις *και των άκροφυσίων και των περυγίων*, όσο ο ατμός προχωρεί στις βαθμίδες.

Στά περύγια ή αύξηση της διατομής του αύλακιου μεταξύ γίνεται με την αύξηση του ύψους τους, ενώ στα άκροφύσια ή αύξηση επιτυγχάνεται κυρίως με την αύξηση του *τόξου έγχύσεως* και μερικώς του ύψους τους.

Έτσι π.χ., αν τα αρχικά άκροφύσια πιάνουν τόξο έγχύσεως 90° , τα άκροφύσια της δεύτερης σειράς θα έχουν μέν πάλι τόξο έγχύσεως 90° αλλά μεγαλύτερο ύψος, τα άκροφύσια της τρίτης λίγο μεγαλύτερο ύψος, τόξο δέ έγχύσεως 120° κ.ο.κ. Τελικά, αν οι βαθμίδες πίεσεως είναι πολλές καταλήγουμε στα τελευταία διαφράγματα με τόξο έγχύσεως που πιάνει ολόκληρη την περιφέρεια του δηλαδή σε *ολική έγχυση*.

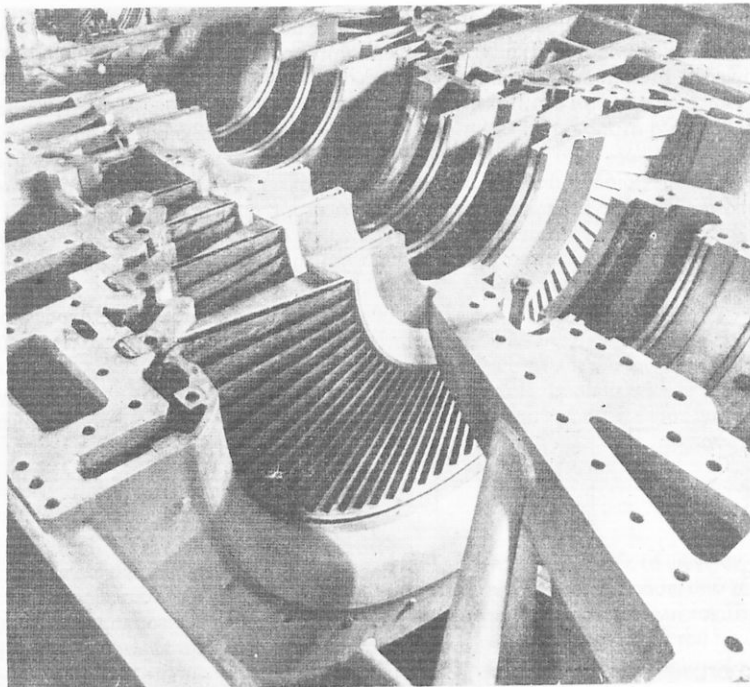


Σχ. 5.5ι.

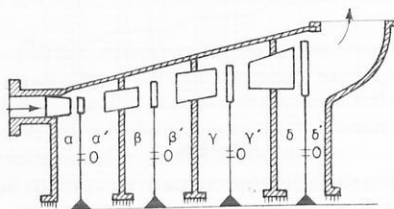
Μεταξύ κάθε ένδιαμέσου διαφράγματος και του άξονα και γιά νά μήν υπάρχει διαφυγή ατμού από τη μία βαθμίδα πίεσεως προς την επόμενη τοποθετείται σύστημα στεγανότητας. Αυτό δέν έμποδίζει τελείως τίς διαφυγές αλλά πάντως τίς ελαττώνει στο ελάχιστο. Τό σχήμα 5.5ια παριστάνει τά κάτω ήμιαδιαφράγματα τοποθετημένα στο κάτω ήμικέλυφος.

Στό στρόβιλο αυτό θεωρητικά δέν υπάρχει άξονική ώθηση, γιατί οι πιέσεις στους χώρους α-α', β-β', γ-γ', δ-δ', είναι θεωρητικά ίσες κατ' αντιστοιχία (σχ. 5.5ιβ).

Στήν πράξη όμως λόγω τριβών του ατμού οι πιέσεις στους χώρους α', β', γ', δ', είναι λίγο μικρότερες από τίς πιέσεις των χώρων α,β,γ,δ, κι έτσι έχομε μία μικρή α-



Σχ. 5.5α.



Σχ. 5.5β.

ξονική ώθηση του στροφεύου όπως στους στροβίλους De Laval και Curtis. Όπως σέ κείνους, έτσι και σ' αυτόν ανοίγουμε τρύπες εξισώσεως της πιέσεως (O) στους τροχούς κάθε βαθμίδας ή χρησιμοποιούμε τριβέα ισορροπήσεως, ό όποιος παίρνει την άξονική ώθηση.

Οί άτμοστροβίλοι δράσεως μέ διαβάθμιση πιέσεως χρησιμοποιδύνται ως κύριες μηχανές σέ έγκαταστάσεις ξηράς και πλοίων μεγάλης ιπποδυνάμεως άκόμη γιά την κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων μεγάλης σχετικώς ισχύος.

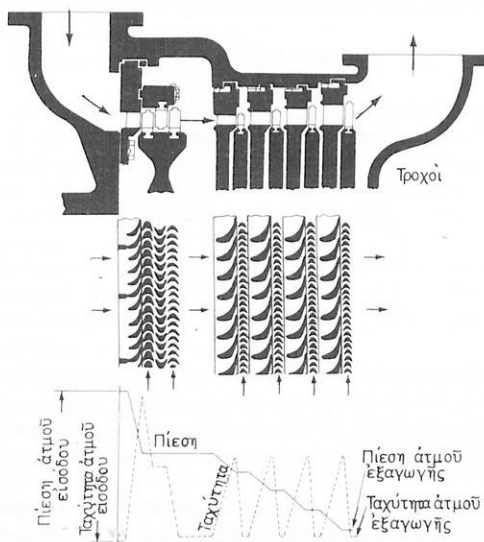
δ) Σύνθετος ατμοστρόβιλος δράσεως με βαθμίδες πίεσης και ταχύτητας.

Ο στρόβιλος αυτός είναι συνδυασμός των δύο προηγούμενων. Είναι βασικά στρόβιλος με βαθμίδες πίεσης, με τη διαφορά όμως ότι μέσα σε κάθε βαθμίδα πίεσης (τροχό) υπάρχει διαβάθμιση ταχύτητας. Αυτή επιτυγχάνεται αν σε κάθε τροχό υπάρχουν περισσότερες από μία σειρές κινητών πτερυγίων.

Μεταξύ δύο διαδοχικών βαθμίδων πίεσης παρεμβάλλεται πάντοτε ένα διάφραγμα με έκτονωτικά άκροφύσια, ενώ μεταξύ δύο διαδοχικών σειρών κινητών πτερυγώσεων του ίδιου τροχού παρεμβάλλεται πάντοτε μία σειρά όδηγητικών σταθερών πτερυγίων στο κέλυφος.

Τό σχήμα 5.5ιγ παριστάνει ένα σύνθετο στρόβιλο δράσεως με 5 βαθμίδες πίεσης, από τις οποίες η πρώτη μόνο έχει δύο βαθμίδες ταχύτητας.

Η είσοδος του ατμού γίνεται από τό μπροστινό άκρο σε τόξο *μερικής ή όλικής έγχυσεως*.



Σχ. 5.5ιγ.

Στό άλλο άκρο του τό κέλυφος φέρει τόν όχετό εξαγωγής του άτμού πρός τόν έπόμενο στρόβιλο έάν υπάρχει ή πρός τό ψυγείο.

Η λειτουργία του στρόβιλου αυτού είναι προφανώς συνδυασμός της λειτουργίας τροχού Curtis στην αρχή καί στρόβιλου Rateau στη συνέχεια, παριστάνεται δέ γραφικά στό διάγραμμα p - T του σχήματος 5.5ιθ όπου βλέπομε ότι ή πίεση του άτμού πέφτει συνολικά 5 φορές καί ή ταχύτητά του δύο φορές στόν πρώτο τροχό καί από μία στους 4 έπόμενους, δηλαδή 6 φορές συνολικά.

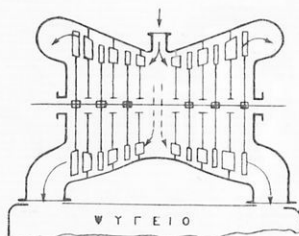
Καί γιά τό στρόβιλο αὐτόν ἰσχύουν ἐπίσης ὅλα, ὅσα εἶπαμε καί γιά τούς προηγούμενους τύπους, δηλαδή τά σχετικά μέ τό **τόξο ἐγχύσεως, τίς διαστάσεις τῶν ἀκροφυσίων καί τῶν πτερυγίων, τήν ἀξονική ὠθήση** καί τίς τρύπες ἐξουδετερώσεως τῆς ἤ τόν τριβέα **ἰσορροπήσεως** γιά τήν ἀντιμετώπισή της.

Οἱ στρόβιλοι αὐτοί χρησιμοποιοῦνται πάρα πολύ σέ μεγάλες ἰπποδυνάμεις ἐγκαταστάσεως ξηρᾶς ἢ προώσεως πλοίων, ἀλλά καί γιά τήν κίνηση βοηθητικῶν μηχανῶν μεγάλης σχετικῶς ἰσχύος.

ε) Ἀτμοστρόβιλοι δράσεως διπλῆς ροῆς.

Αὐτοί ἀποτελοῦν κατασκευαστικήν μόνο παραλλαγή τῶν στροβίλων μέ διαβάθμιση πιέσεως καί τῶν συνθέτων, δηλαδή μέ διαβάθμιση καί πιέσεως καί ταχύτητας.

Εἶναι γενικῶς στρόβιλοι διαμορφωμένοι κατὰ συμμετρικό τρόπο ἀπό τή μιά καί τήν ἄλλη πλευρά τοῦ μέσου τοῦ ἄξονα τοῦ στροφείου. Σ' αὐτούς συνήθως ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀτμοῦ γίνεται στό μέσο, ἡ δέ ἐξαγωγή ἀπό τά δύο ἄκρα, ὅποτε ὁ ἀτμός μπαίνει μέ δύο ὀχετοῦς στό φυγεῖο (σχ. 5.5ιδ).



Σχ. 5.5ιδ.

Μπορεῖ ὅμως νά συμβαίνει καί τό ἀντίθετο ὅποτε ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀτμοῦ, γίνεται ἀπό δύο ὀχετοῦς, ἕνα σέ κάθε ἄκρο τοῦ στροβίλου, ἡ δέ ἐξαγωγή ἀπό τό μέσο μέ κοινό ὀχετό πρὸς τό φυγεῖο. Ἡ διάταξη ὅμως αὕτη χρησιμοποιεῖται σπανίως.

Ὁ στρόβιλος τοῦ σχήματος εἶναι στρόβιλος δράσεως διπλῆς ροῆς μέ βαθμίδες πιέσεως.

Ὁ βασικότερος λόγος, γιά τόν ὁποῖο χρησιμοποιοῦνται οἱ στρόβιλοι αὐτοί, εἶναι ὅτι λόγω συμμετρίας τοῦ στροφείου ἐξουδετερώνεται ἡ ἀξονική ὠση ἀπό αὐτό τό ἴδιο τό στροφεῖο. Ἔτσι ἡ δένν χρησιμοποιεῖται σχεδόν καθόλου τριβέα ἰσορροπήσεως ἢ, ἂν γιά λόγους ἀσφαλείας χρησιμοποιεῖται ἔχει πολύ μικρές διαστάσεις.

5.6 Ἀτμοστρόβιλος ἀντιδράσεως - Διάγραμμα πιέσεως - ταχυτήτων

α) Οἱ στρόβιλοι ἀντιδράσεως καλοῦνται καί στρόβιλοι Parson's ἀπό τό ὄνομα τοῦ Ἀγγλοῦ μηχανικοῦ, ὁ ὁποῖος πρῶτος τούς κατασκεύασε.

Στούς ἀτμοστρόβιλους αὐτούς τό ἔργο παράγεται ἀπό δράση καί **ἀντίδραση**. Ἀτμοστρόβιλοι **καθαρῆς ἀντιδράσεως δέν** κατασκευάζονται, ὅπως ἔχουμε ἐξηγήσει στά προηγούμενα.

Στήν παράγραφο 5.1(ε) είδαμε ότι τό ποσοστό τοῦ ἔργου πού παράγεται ἀπό τήν ἀντίδραση σέ σύγκριση μέ τό συνολικό ἔργο, πού παράγεται μέσα στήν πτερύγωση ἀντιδράσεως, ὀνομάζεται **βαθμός ἀντιδράσεως** (ρ).

Ἐάν λοιπόν σ' ἓνα στρόβιλο ἀντιδράσεως ἔχομε $\rho=0,70$ ἢ 70%, αὐτό σημαίνει ὅτι τό 70% τοῦ ἔργου ὀφείλεται σέ ἀντίδραση, τό δέ 30% σέ δράση.

Ἡ συνηθισμένη τιμή τοῦ βαθμοῦ ἀντιδράσεως εἶναι $\rho=0,50$ ἢ 50% περίπου.

Στούς ἀτμοστρόβιλους ἀντιδράσεως, στήν πραγματικότητα δέν χρησιμοποιοῦμε ἀκροφύσια, ἀλλά **σταθερά πτερύγια ἀντιδράσεως**, τά ὁποῖα ἐνεργοῦν ὡς ἀκροφύσια. Ἐκεῖ ὁ ἀτμός ἐκτονώνεται καί ἀποκτᾷ μεγάλη ταχύτητα πολύ μεγαλύτερη ἀπό κείνη, πού χρειάζεται θεωρητικά γιά νά εἰσέλθει στήν κινητή πτερύγωση ἀντιδράσεως. Ἔτσι λόγω τῆς ταχύτητάς του παράγει ἀρχικά μέσα στά κινητά πτερύγια τό ἔργο **δράσεως** καί χάνει μέρος τῆς ταχύτητάς του. Κατόπιν ὅμως ἐκτονώνεται μέσα στά κινητά πτερύγια ἀντιδράσεως, παράγοντας ἔτσι τό **ἔργο ἀντιδράσεως**.

Βγαίνοντας ἀπό τά κινητά πτερύγια ἀντιδράσεως εἰσέρχεται μέ χαμηλή ταχύτητα στήν ἐπόμενη σειρά σταθερῶν πτερυγίων ἀντιδράσεως, ὅπου ἐκτονώνεται πάλι καί ἀποκτᾷ μεγάλη ταχύτητα. Μέ αὐτὴν εἰσέρχεται στά ἐπόμενα κινητά πτερύγια, ὅπου παράγεται ἔργο δράσεως καί ἀντιδράσεως, ὅπως καί προηγουμένων, κ.ο.κ., μέχρι νά βγεῖ ἀπό τήν τελευταία σειρά κινητῶν πτερυγίων πηγαίνοντας στήν ἐξαγωγή.

Ἀπό αὐτά συμπεραίνομε ὅτι μέσα στό στρόβιλο ἀντιδράσεως ἡ πίεση τοῦ ἀτμοῦ πέφτει βαθμιαῖα καί στά σταθερά καί στά κινητά πτερύγια. Ἀντίθετα ἡ ταχύτητα αὐξάνει πρῶτα μέσα στά σταθερά καί πέφτει ὕστερα λόγω δράσεως στά κινητά. Ταυτόχρονα ὅμως, λόγω ἐκτονώσεως τοῦ ἀτμοῦ μέσα σ' αὐτά, ἡ ταχύτητα αὐξάνει κατὰ ἓνα ποσοστό, ὥστε μέ αὐτὴν πού ἀπομένει νά μπεῖ στήν ἐπόμενη σταθερὴ πτερύγωση.

Βαθμίδα πιέσεως στό στρόβιλο ἀντιδράσεως ὀνομάζομε κάθε ζεῦγος, πού ἀποτελεῖται ἀπὸ μία σειρά σταθερῶν καί μία κινητῶν πτερυγίων. (Καί αὐτό, παρ' ὅλον ὅτι ἡ πίεση πέφτει δύο φορές μέσα σέ κάθε βαθμίδα, δηλαδή μία στά σταθερά καί μία στά κινητά πτερύγια).

Τό διάγραμμα πιέσεως ταχύτητας σέ στρόβιλο μιᾶς βαθμίδας φαίνεται στό σχῆμα 5.3β.

Γιά νά περιορίσομε τὸν ἀριθμὸ στροφῶν στοὺς στρόβιλους ἀντιδράσεως, προκαλοῦμε τήν πτώση τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ λίγο-λίγο καί σέ πολλές βαθμίδες.

Ἡ συνηθισμένη πτώση πιέσεως, καθε φορά πού ὁ ἀτμός περνᾷ ἀπὸ μία κινητὴ ἢ σταθερὴ πτερύγωση, εἶναι περίπου 0,1 ~ 0,2 At. Ἔτσι ἀκόμη καί γιά μικρὴ μόνο διαφορά πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ τήν εἰσαγωγή ἕως τήν ἐξαγωγή του ἀπὸ τό στρόβιλο, ἀναγκαζόμαστε νά ἔχομε μεγάλο ἀριθμὸ βαθμίδων.

Ἀπὸ αὐτά συμπεραίνομε ὅτι στό στρόβιλο ἀντιδράσεως πρέπει νά ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς πτερυγώσεων. Οἱ πτερυγώσεις ὅμως γιά τεχνικοὺς λόγους δέν πρέπει νά τοποθετοῦνται σέ χωριστοὺς τροχοὺς ἢ καθεμίᾳ. Γιαυτὸ διαμορφώνεται τό στροφεῖο του σέ κύλινδρο, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται **τύμπανο** τοῦ στρόβιλου ἀντιδράσεως.

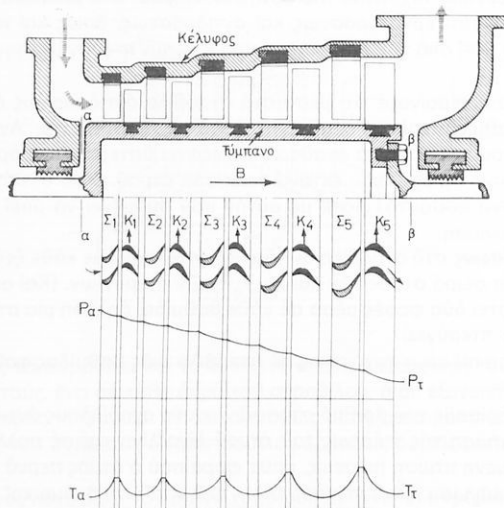
Εἶναι φανερό ἀπὸ τήν **ἐξίσωση συνέχειας τῆς ροῆς** τοῦ ἀτμοῦ ὅτι ὅσο προχωροῦμε στὶς βαθμίδες, τόσο οἱ διαστάσεις τῶν πτερυγίων, σταθερῶν καί κινητῶν, ἔρρεπει νά γίνονται μεγαλύτερες. Θά ἔπρεπε θεωρητικά τά πτερύγια μιᾶς βαθμίδας

νά είναι μεγαλύτερα από τὰ περυγία τῆς προηγούμενης. Αυτό ὁμως θά ἀπαιτοῦσε νά χρησιμοποιοῦνται γιά κάθε βαθμίδα καί ἰδιαίτερα περυγία. Στὴν Τεχνική ὅμως αὐτό δέν εἶναι πρακτικά ἐφαρμόσιμο, γιατί τὰ περυγία κατασκευάζονται σέ τυποποιημένες διαστάσεις. Ἔτσι ἀναγκάζομαστε νά ὑποδιαιροῦμε τίς βαθμίδες πιέσεως σέ ὁμάδες, πού ἡ καθενιά τους ἀποτελεῖται ἀπὸ περυγώσεις μέ περυγία τοῦ ἴδιου τυποποιημένου μεγέθους. Κάθε ὁμάδα ἀνομάζεται **ἐκτονωτική διαβάθμιση**.

Παράλληλα καί τὸ τύμπανο μπορεῖ νά ἔχει τὴν ἴδια διάμετρο σέ ὅλο τὸ μήκος του, προτιμᾶται ὅμως νά κατασκευάζεται μέ διαφορετικές διαμέτρους κατὰ τμήματα, πού ἀντιστοιχοῦν στίς ὁμάδες περυγώσεως.

Τὸ κέλυφος τέλος διαμορφώνεται ἀνάλογα μέ τὸ τύμπανο καί τὰ ὕψη τῶν περυγιῶν, καί ἐσωτερικά ἔχει τίς σταθερές περυγώσεις **ὀλικῆς ἐγχύσεως πάντοτε**.

β) Τὸ σχῆμα 5.6α παριστάνει ἀτμοστρόβιλο ἀντιδράσεως μέ 5 βαθμίδες, μέ τύμπανο σταθερῆς διαμέτρου καί κέλυφος μέ κλιμακωτὴ αὐξηση τῆς διαμέτρου ἀνάλογα μέ τὰ ὕψη τῶν περυγιῶν.



Σχ. 5.6α.

Διακρίνονται ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀτμοῦ, οἱ σταθερές περυγώσεις στό ἐσωτερικὸ τοῦ κελύφους, οἱ κινητές περυγώσεις πάνω στό τύμπανο καί τέλος ἡ ἐξαγωγή τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο.

Ἀκροφύσια στό στρόβιλο αὐτὸ δέν ὑπάρχουν, ὁ ἀτμός δέ καθὼς μπαίνει συναντᾷ κατὰ πρῶτον τὴν πρώτην σειρά σταθερῶν ἐκτονωτικῶν περυγιῶν.

Ἀπ' ὅσα ἔχομε ἀναφέρει μέχρι τώρα ἡ λειτουργία του εἶναι εὐνόητη.

Στὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος φαίνονται σέ κάτοψη οἱ σταθερές καί κινητές περυγώσεις, ὅπου φαίνονται καθάρα καί οἱ μορφές τῶν περυγιῶν ἀντιδράσεως.

Χαράσσονται επίσης κατά τό γνωστό μας τρόπο οί καμπύλες μεταβολής τής πιέσεως καί τής ταχύτητας κατά μήκος του στρόβιλου.

γ) Στο στρόβιλο αυτό παρατηρούμε επί πλέον τά ακόλουθα:

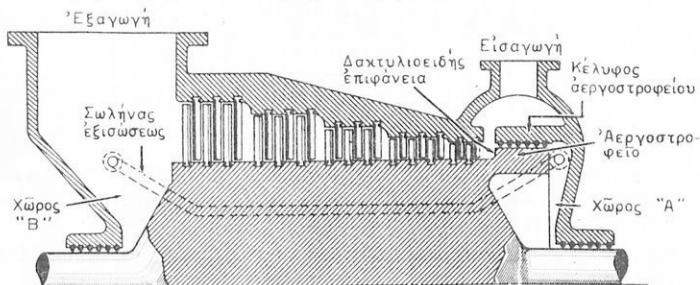
— Οί σταθερές περυγώσεις εἶναι πάντοτε ὀλικῆς ἐγγύσεως.

— Γιά νά ἀποφεύγονται οί ἀπώλειες τοῦ ἀτμοῦ, ρυθμίζονται τά διάκενα, τά ἀκτινικά κυρίως, ὅσο γίνεται μικρότερα ἐφ' ὅσον βεβαίως, τό ἐπιτρέπει ἡ ἀσφάλεια τοῦ στρόβιλου.

— Ἐπειδή πρὶν καί μετὰ ἀπό κάθε κινήτῃ περύγωση ὑπάρχει διαφορά πιέσεως, δημιουργοῦνται ἀξονικές ῥοήσεις τοῦ στροφείου.

Οἱ ἐπὶ μέρους ἀξονικές ῥοήσεις ἀθροίζονται καί δίνουν (σχ. 5.6β) τή συνολική ἀξονική ῥοήση τοῦ στροφείου πρὸς τήν κατεύθυνση ἐξόδου τοῦ ἀτμοῦ.

Γιά νά τήν ἀντισταθμίσομε, χρησιμοποιοῦμε εἰδική διάταξη στό μπροστινὸ μέρος τοῦ στρόβιλου, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **ἀεργοστροφεῖο**.



Σχ. 5.6β.

Διαμορφώνομε δηλαδή τό μπροστινὸ ἄκρο τοῦ στροφείου σέ διάμετρο μεγαλύτερη ἀπὸ τή διάμετρο τοῦ τυμπάνου, ὥστε νά δημιουργήσομε μία δακτυλιοειδῆ ἐπιφάνεια. Ἡ ἐπιφάνεια αὕτη δέχεται τήν πίεση τοῦ ἀτμοῦ μέ κατεύθυνση ἀντίθετη ἀπὸ κείνη τῆς ροῆς του, δηλαδή ἀντίθετη ἀπὸ τήν ἀξονική ῥοήση. Ἐτσι δημιουργεῖται μία δύναμη ἀντίθετη μέ σκοπὸ νά τήν ἰσορροπήσει.

Μεταξύ τῆς κυλινδρικής ἐπιφάνειας τοῦ ἀεργοστροφείου καί τῆς ἐπιφάνειας τοῦ κελύφους σχηματίζεται λαβύρινθος. Αὐτός ἐμποδίζει τή δίοδο τοῦ ἀτμοῦ, γιατί στό μπροστινὸ χῶρο (Α) πρέπει νά ἐπικρατεῖ χαμηλὴ πίεση ἢ ἴση μέ τήν πίεση τῆς ἐξαγωγῆς τοῦ ἀτμοῦ.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται μέ τό σωλήνα ἐξισώσεως ὁ ὁποῖος φέρνει σέ ἐπικοινωνία τό μπροστινὸ χῶρο (Α) τοῦ ἀεργοστροφείου μέ τό χῶρο (Β), πού συγκοινωνεῖ μέ τήν ἐξαγωγή.

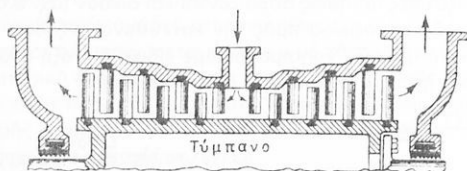
Σέ ἄλλες περιπτώσεις ὁ χῶρος (Α) συγκοινωνεῖ ἀπ' εὐθείας μέ τό ἐσωτερικὸ τοῦ τυμπάνου τό ὁποῖο κατασκευάζεται κοίλο.

Μέ τή διάταξη τοῦ ἀεργοστροφείου λοιπόν ἐπιτυγχάνομε, ὥστε ἡ δύναμη, πού ἀντισταθμίζει τήν ἀξονική ῥοήση νά ἰσοῦται μέ τό γινόμενο τῆς διαφορᾶς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ εἰσαγωγῆς καί ἐξαγωγῆς ἐπὶ τῇ δακτυλιοειδῇ ἐπιφάνεια τοῦ ἀεργοστροφείου. Γνωρίζοντας ἐπομένως τήν ἀξονική ῥοήση ἀπὸ ὑπολογισμό, μποροῦμε νά ὑπολογίσομε κατόπιν τή διάμετρο τοῦ ἀεργοστροφείου. Τό ἀεργοστροφεῖο στοὺς στρόβιλους ἀντιδράσεως εἶναι ἀπαραίτητο, γιατί ἔχουν μεγάλη ἀξονική ῥοή.

θηση καί γιά τήν ἀντιστάθμισή της χρειάζεται μεγάλος τριβέας ἰσορροπήσεως. Ἐνῷ μέ τή χρήση τοῦ ἀεργοστροφείου οἱ διαστάσεις τοῦ τριβέα ἰσορροπήσεως γίνονται πολύ μικρές.

Τήν ἀξονική ῥωθση τήν ἐξουδετερώνομε στούς στρόβιλους ἀντιδράσεως καί μέ τήν κατασκευή τῶν λεγομένων στροβίλων **διπλῆς ροῆς**, ὅπως καί στούς στρόβιλους δράσεως.

Στρόβιλος ἀντιδράσεως διπλῆς ροῆς φαίνεται στό σχῆμα 5.6γ. Σ' αὐτόν ἡ εἰσοδος τοῦ ἀτμοῦ γίνεται ἀπό τό μέσο τοῦ κελύφους, ἡ δέ ἐξαγωγή του πρὸς τό ψυγεῖο ἀπό τὰ δύο ἄκρα του.



Σχ. 5.6γ.

Στρόβιλοι διπλῆς ροῆς κατασκευάζονται συνήθως οἱ στρόβιλοι Χ.Π. τῆς ἐγκαταστάσεως, οἱ ὅποιοι ἔχουν μεγάλο ὄγκο ἐπειδὴ ὁ ἀτμός ὅταν περνᾷ ἀπὸ τοὺς στρόβιλους Υ.Π. ἢ καί Μ.Π. ἔχει ὑποστείῃ ἤδη ἀρκετὴ ἐκτόνωση.

Στὸ σχῆμα 5.6δ φαίνεται σὲ φωτογραφία στρόβιλος διπλῆς ροῆς Χ.Π. μέ βαθμίδες ἀντιδράσεως.

δ) Ἡ συνολικὴ πτερύγωση τοῦ ἀτμοστρόβιλου γιά λόγους εὐκολίας κατασκευῆς ὑποδιαιρεῖται σὲ ὁμάδες ἢ ἐκτονωτικές διαβαθμίσεις, πού ἡ καθεμιά τους ἀποτελεῖται ἀπὸ πτερύγια τυποποιημένα τῶν ἰδίων διαστάσεων. Πρέπει νά σημειώσωμε ἐδῶ ὅτι δέν εἶναι πάντοτε ἀναγκαῖο νά ἔχουν ὅλες οἱ ὁμάδες τὸν ἴδιο ἀριθμὸ πτερυγώσεων. Αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ὑπολογισμό καί τὴ σχεδίαση τοῦ στρόβιλου ἀπὸ τὸν κατασκευαστή.

Τὸ σχῆμα 5.6ε παριστάνει στρόβιλο ἀντιδράσεως μέ 5 ὁμάδες ἢ ἐκτονωτικές διαβαθμίσεις, ἀπὸ τίς ὁποῖες ἡ πρώτη ἔχει 4 σειρές πτερυγώσεων, ἡ δευτέρα 4, ἡ τρίτη 3, ἡ τέταρτη 4, καί ἡ πέμπτη 2.

Τὸ τύμπανο γιά κατασκευαστικούς λόγους μπορεῖ νά ἔχει τὴν ἴδια διάμετρο σὲ ὅλο τὸ μήκος του ἢ νά κατασκευάζεται μέ διάμετρο πού μεταβάλλεται τμηματικά.

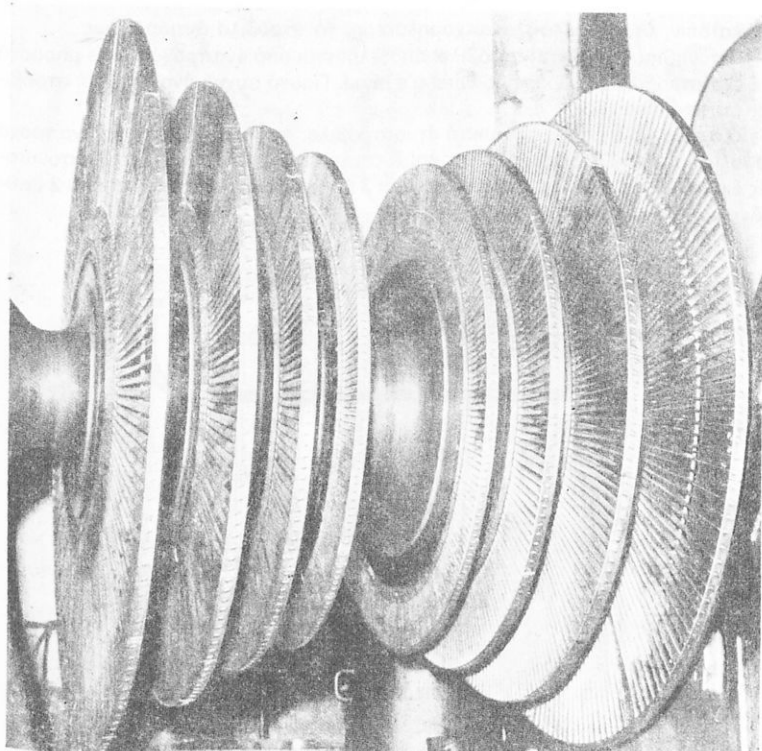
5.7 Ἀτμοστρόβιλοι δράσεως-ἀντιδράσεως (μικτοί).

Διάγραμμα πέσεων — ταχυτήτων.

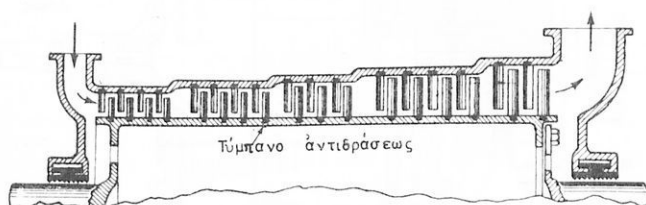
Ἀτμοστρόβιλος **μικτός** λέγεται ἐκεῖνος, πού ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα τμήμα δράσεως καί ἓνα ἀντιδράσεως, τοποθετημένα στὸν ἴδιο ἀξονα καί μέσα σὲ κοινὸ κέλυφος.

Οἱ μικτοὶ στρόβιλοι κατασκευάζονται γιά πολύ μεγάλες ἰπποδυνάμεις.

Τὸ τμήμα ἢ ὁ στρόβιλος δράσεως τοποθετεῖται πάντοτε στὴν εἰσαγωγή τοῦ ἀτμοῦ, ἐνῷ τὸ τμήμα ἢ ὁ στρόβιλος τῆς ἀντιδράσεως, πού λειτουργεῖ μέ τὸν ἀτμὸ ἐξαγωγῆς ἀπὸ τὸ τμήμα δράσεως, ἀκολουθεῖ κατὰ μήκος τοῦ ἀξονα ῥέχρι τὴν ἐξα-



Σχ. 5.66.



Σχ. 5.6ε.

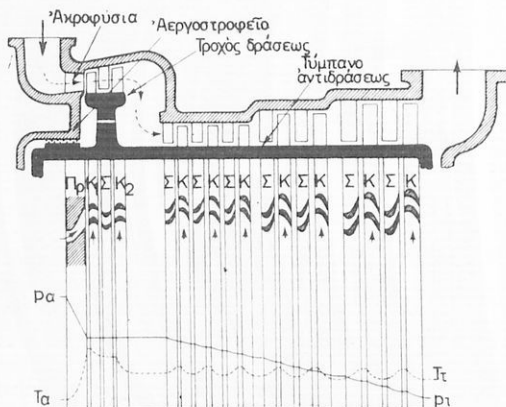
Υγωγή του ατμού από τό στρόβιλο.

Μέ τό μικτό στρόβιλο έπίτυγχάνεται μικρότερο συνολικά μήκος του στρόβιλου γιά κάθε ίσποδύναμη. Έπίσης, έπειδή ή πίεση του ατμού στην είσάγωγή είναι μεγάλη, έχομε καλή απόδοση αν χρησιμοποιούμε στην άρχή τό στρόβιλο δράσεως,

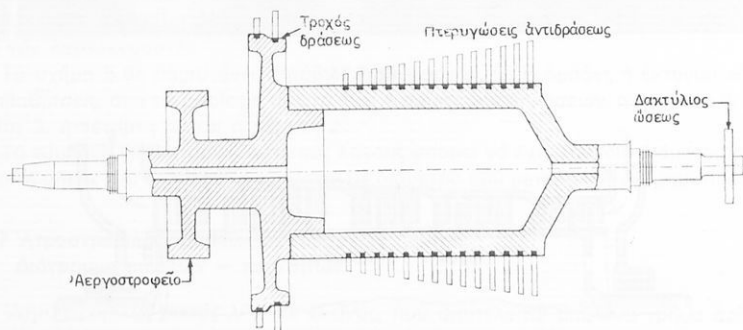
καί κατόπιν, όταν ή πίεση εἶναι χαμηλότερη, τό στρόβιλο ἀντιδράσεως.

Οἱ συνηθισμένοι μικτοί στρόβιλοι ἀποτελοῦνται ἀπό ἕνα τροχό Curtis μπροστά καί ἕνα στρόβιλο ἀντιδράσεως Parson's πίσω. Γιαυτό συχνά ὀνομάζονται στρόβιλοι Curtis-Parson's.

Τό σχῆμα 5.7α παριστάνει μικτό ἀτμοστρόβιλο, πού ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα τροχό δράσεως μέ 2 βαθμίδες ταχύτητας καί ἕνα τύμπανο ἀντιδράσεως μέ 3 ἑκτονωτικές διαβαθμίσεις. Ἀπό αὐτές ἡ πρώτη ἔχει 3 βαθμίδες καί οἱ δύο ἄλλες ἀπό 2 βαθμίδες καθεμιά.



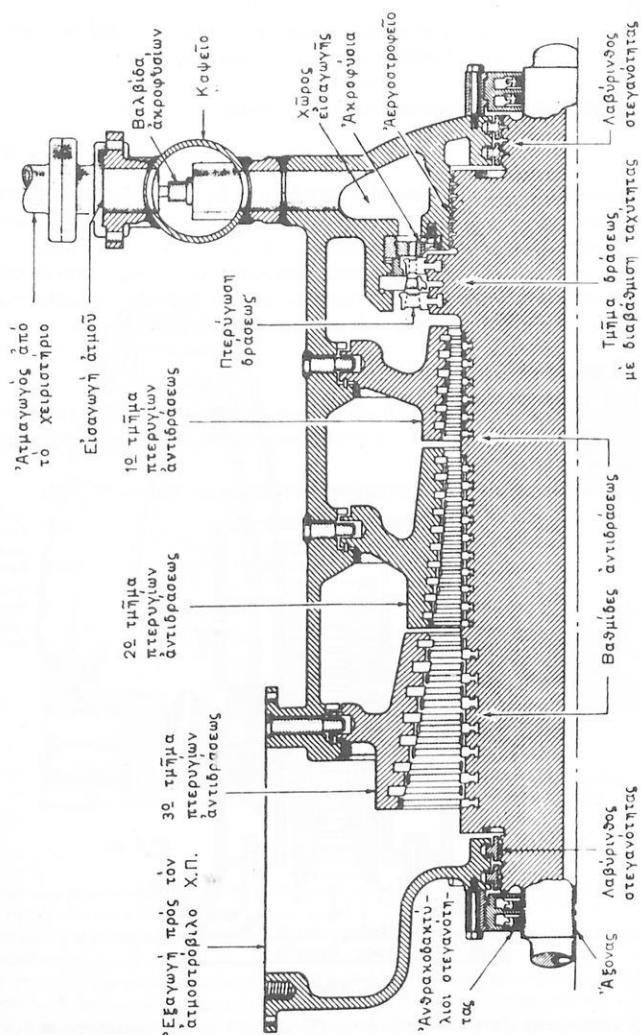
Σχ. 5.7α.



Σχ. 5.7β.

Στό μπροστινó μέρος τοῦ ἀτμοστρόβιλου διακρίνεται τό ἀεργόστροφεῖο γιά τήν ἰσορροπία τῆς ἀξονικῆς ὠθήσεως τοῦ τμήματος ἀντιδράσεως.

Στό κάτω μέρος τοῦ σχήματος φαίνονται σέ κάτοψη τά ἀκροφύσια καί τά σταθερά καί κινητά πτερύγια δράσεως καί ἀντιδράσεως.



Σχ. 5.7γ.

Κατά τό γνωστό μας τρόπο τέλος χαράσσουμε τίς καμπύλες μεταβολής τής πίεσης καί τής ταχύτητας τοῦ ἀτμοῦ ἀπό τήν εἰσοδό του στόν ἀτμοστρόβιλο μέχρι τήν ἐξαγωγή του ἀπ' αὐτόν.

Στό σχῆμα 5.7β φαίνεται τό στροφεῖο μόνο ἑνός τέτοιου στρόβιλου καί στό 5.7γ ἕνας στρόβιλος Curtis - Parsons μέ τίς λεπτομέρειές του.

5.8 Ἀτμοστρόβιλοι ἀκτινικῆς καί περιφερειακῆς ροῆς.

α) Γενικά.

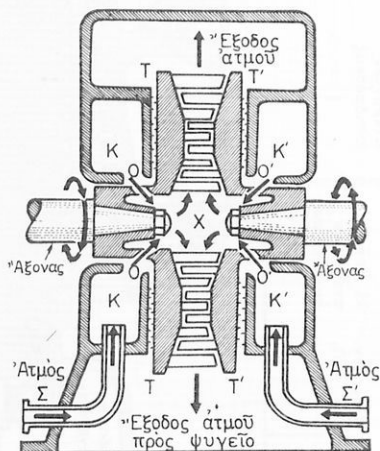
Ὅλοι οἱ ἀτμοστρόβιλοι, πού περιγράψαμε μέχρι τώρα, ὀνομάζονται ἀτμοστρόβιλοι **ἀξονικῆς ροῆς**, ἐπειδή ὁ ἀτμός ἀπό τήν εἰσαγωγή μέχρι τήν ἐξαγωγή ρεεῖ παράλληλα πρὸς τόν ἀξονά τους.

Ἐκτός ὅμως ἀπό τοὺς στρόβιλους αὐτοὺς ὑπάρχουν καί οἱ στρόβιλοι **ἀκτινικῆς καί περιφερειακῆς ροῆς**, οἱ ὁποῖοι χαρακτηρίζονται ἔτσι ἀπό τήν κατεύθυνση καί τήν πορεία, πού ἀκολουθεῖ ὁ ἀτμός. Αὐτοὺς θά περιγράψουμε τώρα.

β) Ὁ ἀτμοστρόβιλος ἀκτινικῆς ροῆς.

Σ' αὐτόν ὁ ἀτμός εἰσέρχεται ἀπό τό κέντρο καί ἐξέρχεται ἀπό τήν περιφέρεια ἢ καί ἀντίθετως. Κατασκευάζεται εἴτε ὡς στρόβιλος δράσεως εἴτε, κατὰ προτίμηση, ὡς ἀντιδράσεως.

Τό σχῆμα 5.8α παριστάνει ἕνα στρόβιλο ἀντιδράσεως ἀκτινικῆς ροῆς.



Σχ. 5.8α.

Ὁ ἀτμός εἰσέρχεται ἀπό τοὺς σωλήνες (Σ) καί (Σ') στοὺς περιφερειακοὺς χώρους (Κ) καί (Κ'), ἀπό τοὺς ὁποῖους μέσα ἀπὸ τίς τρύπες (Ο) καί (Ο') εἰσέρχεται στό χῶρο (Χ). Κατόπιν προχωρεῖ ἔχοντας ἀκτινικὴ κατεύθυνση μέσα ἀπὸ τὰ κινητὰ πτερύγια τῶν δύο τροχῶν καί περιστρέφει τοὺς δύο ἀξονές τους κατ' ἀντίθετη ἐννοια.

Τελικά εξέρχεται στο χώρο εξαγωγής (Τ) και (Τ') και από εκεί πηγαίνει προς τό ψυγείο.

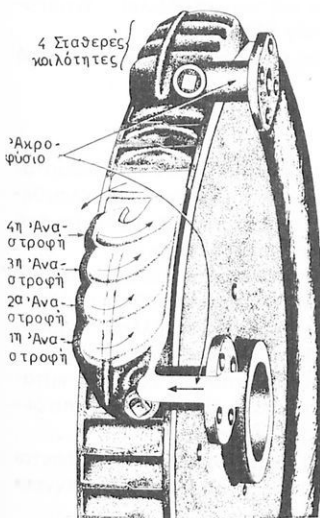
Χαρακτηριστικό στο στρόβιλο αυτό είναι ότι δεν υπάρχουν σταθερά περυγία αντιδράσεως, αλλά τα κινητά περυγία του ενός τροχού χρησιμεύουν κατά κάποιο τρόπο και σαν σταθερά έκτονωτικά περυγία για τόν άλλο τροχό και αντιστρόφως.

Ο στρόβιλος αυτός λέγεται και στρόβιλος Ljungstrom (Λιούνστρομ) από τό όνομα του Σουηδού μηχανικού, ό οποίος τόν επινόησε και τόν κατασκεύασε.

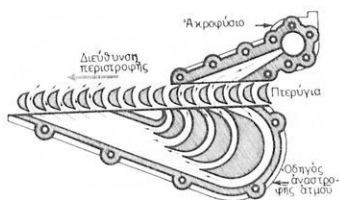
γ) Ο ατμοστρόβιλος περιφερειακής ροής.

Σ' αυτόν ό ατμός ρέει μόνο κατά τήν περιφέρεια, δηλαδή κατά τήν έννοια της έφαπτομένης ως προς τό στροφεϊό.

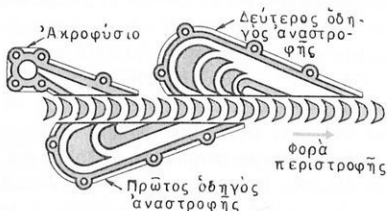
Τό σχήμα 5.8β παριστάνει ένα στρόβιλο αυτής της κατηγορίας.



Σχ. 5.8β.



Σχ. 5.8γ.



Σχ. 5.8δ.

Στήν περιφέρεια του δίσκου υπάρχουν μικρές κοιλότητες, αντί περυγιών, οι οποίες είναι κινητές, πού τήν έννοια ότι κινούνται μαζί μέ τόν τροχό.

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

Ο ατμός εισέρχεται ταυτόχρονα σέ όλα τά ακροφύσια και από εκεί στήν πρώτη κινητή κοιλότητα, πού συναντά, και αναγκάζει τόν τροχό νά περιστραφεί. Εξέρχεται κατόπιν από τήν κινητή κοιλότητα, χτυπά στήν αντίστοιχη σταθερή και εισέρχεται στήν επόμενη κινητή. Αυτό επαναλαμβάνεται τρείς φορές ακόμη, μέχρις ότου ό ατμός εξέλθει τελικά από τό στρόβιλο.

Κατά τή διαδικασική αυτή πορεία του μέσα από τίς κινητές και σταθερές κοιλότητες, κατά τήν όποια ό ατμός αναστρέφει κάθε φορά τήν κατεύθυνσή του, εκτελεί μία κατά κάποιο τρόπο έλικοειδή κίνηση σ' ένα τόξο της περιφέρειας του τροχού.

Παρόμοια κατασκευή στρόβιλου περιφερειακής ροής εικονίζει τό σχήμα 5.8γ.

Ο στρόβιλος αυτός από τό όνομα τοῦ κατασκευαστή του όνομάζεται στρόβιλος τύπου Terry (Τέρρυ) καί είναι στρόβιλος δράσεως.

Κατασκευάζεται μέ άκροφύσια είσαγωγής καί μέ τά γνωστά μας περύγια δράσεως. Ἀντί όμως γιά όδηγητικά περύγια έχει ένα ή δύο σταθερούς όδηγούς άναστροφής τοῦ άτμου, οί όποιοί στό έσωτερικό έχουν σκαφίδια, όπως αυτά τοῦ σχήματος 5.8γ.

Τό σχήμα 5.8δ παριστάνει επίσης ένα στρόβιλο Terry μέ δύο άναστροφές.

Είναι φανερό ότι στούς στρόβιλους αὐτούς ό άτμός πραγματοποιεῖ μία όφιοειδή περιφερειακή κίνηση σέ ένα τόξο τής περιφέρειας τοῦ τροχοῦ.

Οί στρόβιλοι περιφερειακῆς ροῆς χρησιμοποιούνται κυρίως γιά τήν κίνηση μικρῶν μόνο βοηθητικῶν μηχανημάτων.

5.9 Κατασκευαστικά στοιχεία τῶν μερῶν τῶν άτμοστροβίλων.

— Γενικά.

Ἡ σχεδίαση καί ή κατασκευή τῶν βασικῶν μερῶν τῶν άτμοστροβίλων εἶναι ή ίδια περίπου καί γιά τούς στρόβιλους δράσεως καί γιά τούς στρόβιλους άντιδράσεως μέ μικρές παραλλαγές από τόν ένα τύπο στόν άλλο.

Στό Κεφάλαιο αὐτό θά περιγράψομε μέ συντομία από κατασκευαστική πλευρά τά βασικά μέρη τῶν στροβίλων, τά όποια εἶναι:

α) Ἡ βάση καί ή στήριξη τῶν άτμοστροβίλων.

Ἡ βάση τῶν στροβίλων κατασκευάζεται ἔτσι, ὥστε άφ' ενός μέν νά υποβαστάζει εύκολα τό βάρος τους, άφ' έτέρου δέ νά επιτρέπει κάποια ελεγχόμενη έλευθερία κινήσεώς τους. Ἐτσι δέν θά έμποδίζεται ή διαστολή τους πρῶ έμφανίζεται από τήν ύψηλή θερμοκρασία πού έχει τό υλικό τήν ὥρα πού λειτουργοῦν.

Στίς εγκαταστάσεις στροβίλων ξηρᾶς ή βάση κατασκευάζεται από **σιδηροπαγές σκυροκονίαμα** καί κατάλληλους **σιδηροδοκοῦς**. Στά πλοία κατασκευάζεται άνάλογη βάση από **σιδηροδοκοῦς** μόνο καί τοποθετεῖται ή σέ ὑποδοχή κατάλληλα διαμορφωμένη στό **κύτος** τοῦ πλοίου ή επάνω στόν **οὐρανό τοῦ διπύθμενου**.

Πάντοτε τό ένα άκρο τοῦ στρόβιλου κατασκευάζεται σταθερό. Συνήθως κατασκευάζεται σταθερό άκρο εκείνο, από τό όποιο έξέρχεται ό άξονας, γιά νά συνδεθεῖ πρὸς τόν άξονα τοῦ μηχανήματος, πού πρόκειται νά κινήσει.

Τό άλλο άκρο στηρίζεται βεβαίως καί αὐτό γερά στή βάση, αλλά προβλέπεται μία διάταξη, ή όποία τοῦ παρέχει έλευθερία κινήσεως κατά τήν άξονική έννοια (μπρός-πίσω) ή κατά τήν εγκάρσια (δεξιά-άριστερά).

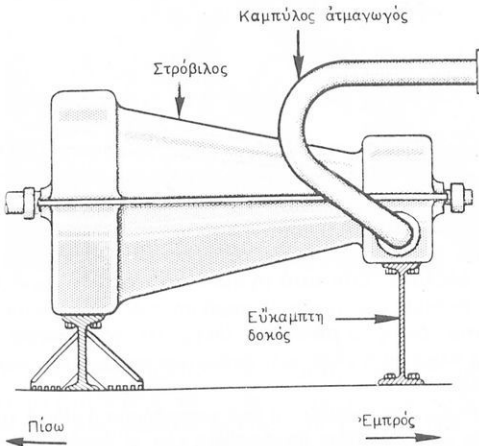
Τό σχήμα 5.9α παριστάνει συνηθισμένο τρόπο στήριξης τοῦ στρόβιλου. Παράτηροῦμε ότι τό άκρο τοῦ στρόβιλου, όπου βρίσκεται ό σύνδεσμος τοῦ άξονά του πρὸς τόν άξονα τοῦ μηχανήματος πού θά κινεῖ, έδράζεται σταθερά πάνω σέ μία ισχυρή βραχύσωμη δοκοῦ διπλοῦ ταῦ (I).

Ἡ δοκός αὐτή ένισχύεται από τίς δύο πλευρές μέ γωνίες ή έλάσματα άντιστηρίξεως, ὥστε νά άντέχει καλύτερα καί νά μήν κάμπτεται κατά τό μήκος τοῦ στρόβιλου.

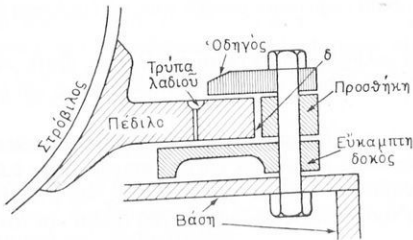
Τό άλλο άκρο στηρίζεται σέ μία ὑψίκορμη εύκαμπτη δοκοῦ διπλοῦ ταῦ (II), ή όποία λόγω τοῦ ὕψους της, ενεργεῖ ὡς επίπεδο έλατήριο. Μπορεῖ δηλαδή νά καμφθεῖ έλαφρά κατά τό μήκος της καί μέ τήν κάμψη αὐτή νά άπορροφᾷ τήν έπιμήκυνση τοῦ κελύφους λόγω διαστολῶν.

Ἡ ὑψίκορμη δοκός στερεώνεται ἔτσι, ὥστε, όταν ό στρόβιλος εἶναι ψυχρός, νά

παρουσιάζει μικρή κάμψη προς τα πίσω, δηλαδή προς τό άκρο όπου βρίσκεται ο σύνδεσμος. Κατ' αυτόν τόν τρόπον, όταν ο στρόβιλος θερμανθεί καί πάρει τήν πιό μεγάλη διαστολή του (όταν δηλαδή λειτουργεί μέ τή μεγαλύτερη ίσχύ του, όποτε



Σχ. 5.9α.



Σχ. 5.9β.

καί ο άτμός έχει τή μεγαλύτερη πίεση καί τή μεγαλύτερη θερμοκρασία του), ή δοκός θά βρεθεί κάθετη προς τή βάση του στρόβιλου.

Τό σχήμα 5.9β παριστάνει άλλο τρόπο στηρίξεως μέ τά λεγόμενα **πέδιλα ολισθήσεως**.

Καί στό σύστημα αυτό τό άκρο από τήν πλευρά του σύνδεσμου του στρόβιλου παραμένει σταθερό.

Στό άλλο άκρο έξέχουν δύο πέδιλα, ένα προς τά δεξιά καί ένα προς τά άριστερά. Κάθε πέδιλο στηρίζεται επάνω σε μία εύκαμπτη δοκό, ή όποία στηρίζεται πάνω στη βάση. Η δοκός στήν κάτω επιφάνεια σχηματίζει κοιλότητα (καμάρα), ή όποία απορροφά τούς κραδασμούς.

Μία κατάλληλη προσθήκη με άρκετό πάχος αφήνει μικρό διάκενο μεταξύ του έ-
πάνω μέρους του πεδίου και του κάτω μέρους του οδηγού, ενώ τό διάκενο (δ)
χρησιμεύει γιά τήν απορρόφηση τών μικρών πλευρικών διαστολών του στρόβι-
λου.

Όπως φαίνεται καί στο σχήμα 5.9β, τό πέδιλο εἶναι ελεύθερο νά όλισθήσει
μπρός-πίσω (κάθετα πρός τό επίπεδο του χάρτου).

β) Τό κέλυφος.

Τό κέλυφος γενικά παίρνει μορφή ανάλογη μέ τή διαμόρφωση του στροφεύου
του στρόβιλου.

Αποτελείται, όπως ξέρομε, από δύο ήμικελύφη, τό πάνω καί τό κάτω, τά όποια
καταλήγουν σέ όριζόντια περιαιχένια μέ τρύπες καί συνδέονται μεταξύ τους γερά
σέ ένα σώμα μέ κοχλίες καί περικόχλια.

Τό κάτω ήμικέλυφος στηρίζεται στή βάση.

Τά πρόσωπα τών 2 περιαιχενίων του κελύφους εἶναι τελείως λεῖα καί εφαρμό-
ζουν μεταξύ τους απόλυτα. Έτσι κατά τή σύνδεσή τους δέν χρειάζεται νά παρεμ-
βληθεῖ συνδετικό παρέμβυσμα (τσόντα), παρὰ μόνο ελαφρά επίχριση μέ βερνίκι ή
πάστα στεγανότητας, όπως τό *permatex*, (περματέξ) τό *copaltite*, (κοπαλτάιτ) ή
μαγγανέζα κλπ. Τά υλικά αυτά εἶναι πολύ άνθεκτικά στίς ύψηλές θερμοκρασίες του
υπερθερμου ατμού.

Τό κέλυφος γενικώς κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή είδικό χυτοχάλυβα πού
περιέχει προσμίξεις *μολυβδανίου*, *βολφραμίου* κλπ, οί όποίες του προσδίδουν έ-
ξαιρετικές ιδιότητες άντοχής.

Σέ μεγάλους στρόβιλους τό κάθε ήμικέλυφος κατασκευάζεται από δύο ή περισ-
σότερα τμήματα, τά όποια ένώνονται μεταξύ τους μέ έγκάρσια περιαιχένια καί κο-
χλίες.

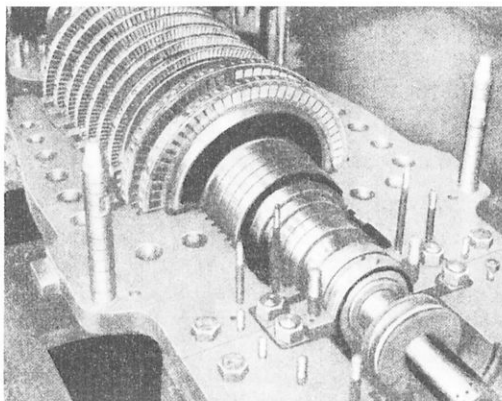
Τό έσωτερικό του κελύφους τορνίρεται κατάλληλα, ώστε νά σχηματισθοῦν τά
αυλάκια, μέσα στά όποια τοποθετοῦνται τά διαφράγματα καί οί σταθερές πτερυ-
γώσεις.

Στά άκρα του τό κέλυφος διαμορφώνεται κατάλληλα γιά τήν είσοδο καί τήν έξο-
δο του ατμού. Στά δύο άκρα του επίσης καί στά σημεία, όπου ο άξονας διαπερνά τό
κέλυφος, διαμορφώνονται τά κιβώτια στεγανότητας, καί στο έξωτερικό μέρος αυ-
τών ού ύποδοχές γιά τούς τριβείς έδράσεως του άξονα καί τόν τριβέα ίσοροπή-
σεως.

Τό σχήμα 5.9γ παριστάνει τό κάτω ήμικέλυφος στρόβιλου Υ.Π. μαζί μέ τό στρο-
φεύο του καί άλλες λεπτομέρειες.

γ) Τό στροφεύο.

Τό στροφεύο τών στροβίλων δράσεως αποτελείται κατά κανόνα από ένα άξονα
καί τροχούς ή δίσκους, οί όποιοι στο κέντρο τους έχουν τρύπα, γιά νά περνά ο άξο-
νας. Οί τροχοί τοποθετοῦνται στον άξονα άφου θερμανθοῦν σέ ζεστό λάδι, ώστε
νά διασταλοῦν καί ο άξονας νά περάσει ελεύθερα από τήν τρύπα. Μετά τήν τοπο-
θέτησή τους στον άξονα, οί τροχοί ψύχονται όμαλά, όποτε συσφίγγονται στο άξο-
να μέ δύναμη λόγω τής συστολής τους. Άνεξάρτητα άπ' αυτό όμως ασφαλίζονται
πάντοτε καί μέ μία ή δύο σφήνες.



Σχ. 5.9γ.

Άξονας και τροχοί κατασκευάζονται από άριστης ποιότητας σφυρήλατο χάλυβα, και σε σύγχρονους στρόβιλους κατασκευάζονται σε έναιο σώμα.

Τό στροφέιο των στρόβιλων αντίδρασης αποτελείται πάλι από τον άξονα και τό τύμπανο. Συνηθέστερα κατασκευάζονται και τά δύο σε ένα σώμα από σφυρήλατο χάλυβα.

Τό τύμπανο κατασκευάζεται έσωτερικά κοίλο για να έχει μικρότερο βάρος. Ο έσωτερικός αυτός χώρος άλλωστε χρησιμεύει συχνά και ως *χώρος συγκοινωνίας της μπροστινής όψεως του άεργοστροφέιου με τό χώρο της έξαγωγής.*

Οί τροχοί και τά τύμπανα στην περιφέρειά τους έχουν αυλάκια κατάλληλα, για να μπαίνουν τά πτερύγια.

δ) Οί τριβείς έδράσεις και ό τριβέας ίσορροπήσεις.

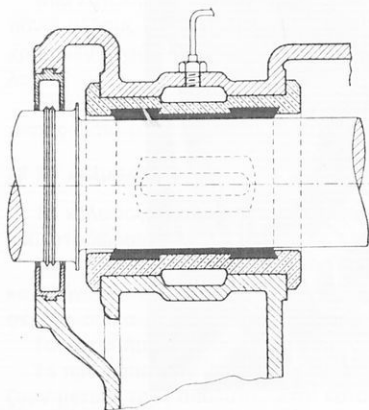
1) Οί τριβείς έδράσεις του άξονα έχουν συνήθως σχήμα κυλινδρικό και έσωτερικά είναι έπιχρισμένοι σε αρκετό πάχος με λευκό μέταλλο. Σε μικρούς στρόβιλους χρησιμοποιούνται συχνά και σφαιροτριβείς.

Ο κάτω ήμιτριβέας έδράζεται με απόλυτη έφαρμογή σε κατάλληλη ύποδοχήν του κάτω ήμικελύφους. Ο πάνω ήμιτριβέας τοποθετείται πάνω στον κάτω και άσφαλίζεται με ειδική πλάκα ή πώμα. Οί δύο ήμιτριβείς συσφίγγονται μεταξύ τους με ίσχυρούς κοχλίες. Κατά την τοποθέτησή τους διαμορφώνεται ή τρύπα διόδου του άξονα.

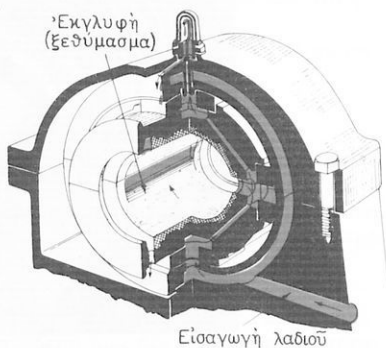
Οί τριβείς των στρόβιλων λιπαίνονται πάντοτε και άπαραίτητα την ώρα που λειτουργεί ό στρόβιλος.

Τό σχήμα 5.9δ δείχνει ένα συνηθισμένο τύπο τριβέα με τό κομβίο του άξονά του.

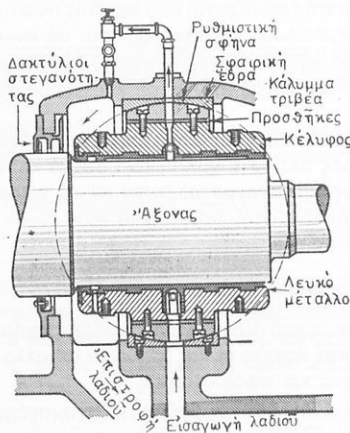
Τό σχήμα 5.9ε παριστάνει άλλο τριβέα άτμοστροβίλου. Και από τίς δύο πλευρές της όριζόντιας γραμμής έπαφής των δύο ήμιτριβέων, δηλαδή προς τά πάνω και προς τά κάτω, σε μία ζώνη που καλύπτει περίπου τό $\frac{1}{6}$ της όλης περιφέρειας του



Σχ. 5.9δ.



Σχ. 5.9ε.



Σχ. 5.9στ.

έσωτερικού του τριβέα καί σέ όλο περίπου τό μήκος του, τό λευκό μέταλλο έκγλύφεται κατάλληλα (ξεθυμαίνεται). Έτσι εξασφαλίζεται ή είσοδος του λαδιού κατά μήκος όλόκληρου του κομβίου του άξονα.

Στό σχήμα διακρίνομε τήν είσαγωγή του λαδιού υπό πίεση από τή μία πλευρά καί τήν έξαγωγή από τήν άλλη. Στήν έξαγωγή τοποθετείται συνήθως θερμομέτρο, ώστε νά έλέγχεται κατά διαστήματα ή θερμοκρασία του τριβέα ενώ λειτουργεί. Έπίσης τοποθετείται γυάλινος **έλαιοδείκτης**, γιά τόν όπτικό έλεγχο τής ροής λαδιού, ότι δηλαδή είναι αύτή πού χρειάζεται. Τέλος, γιά τήν έπαλήθευση τής ροής

του λαδιού, τοποθετείται στην έξαγωγή και μικρός έπαληθευτικός κρουνός.

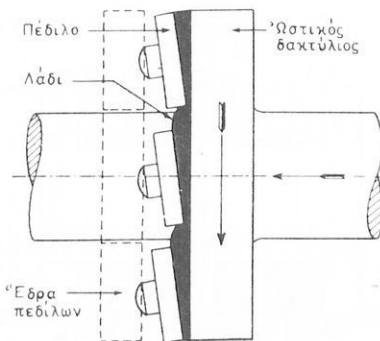
Ο τριβέας αυτός αποτελεί τή συνηθισμένη μορφή τριβέα έδράσεως του άξονα μέ τεχνητή λίπανση.

Τό σχήμα 5.9στ παριστάνει μία ένδιαφέρουσα μορφή τριβέα, ό όποιος λέγεται **αύτο-εύθυγραμμίζόμενος**.

Αύτός είναι κατασκευασμένος, έτσι, ώστε νά έξουδετερώνει μικρές άποκλίσεις του κομβίου του άξονα, γιά νά μή φθείρεται τό λευκό μέταλλό του. Αυτό έπιτυγχάνεται μέ τή σφαιρική έδραση του τριβέα.

Ο τριβέας αυτός χρησιμοποιείται σέ πολύ σύγχρονες κατασκευές στροβίλων.

2) Ο τριβέας ίσορροπήσεως χρησιμεύει γιά τή διατήρηση τής άξονικής θέσεως του στροφέιου. Στην άπλή μορφή του φαίνεται στό σχήμα 5.9ζ. Άποτελείται από ένα **δακτύλιο** σφηνωμένο στόν άξονα πού μεταφέρει κατά τήν περιστροφή του τήν άξονική ώση στά **ώστικά πλινθία**, τά όποία έσωτερικά φέρουν λευκό μέταλλο.



Σχ. 5.9ζ.

Στόν τριβέα αυτόν προβλέπεται πάντοτε ρυθμιστικός παράκυκλος μέ διαφορετικό πάχος κάθε φορά. Μέ αυτόν, σέ συνδυασμό μέ ρυθμιστικές επίσης προσθήκες και μέ τό πάχος του λευκού μετάλλου των πλινθίων, ρυθμίζεται ή άξονική θέση του στροφέιου και τά άξονικά διάκενα μεταξύ των πτερυγίων.

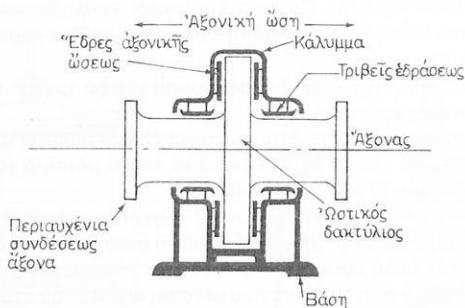
Τό σχήμα 5.9η(α) δείχνει διαγραμματικά τή μορφή ενός τριβέα ίσορροπήσεως μέ ένα δακτύλιο, ό όποιος λέγεται τριβέας Mitchell ή Kingsbury, τό δέ σχήμα 5.9η(β) τόν ίδιο τριβέα σέ κατασκευαστική τομή. Διακρίνομε τό δακτύλιο ώσεως του πλινθίου και δεξιά και άριστερά τούς τριβείς έδράσεως του άξονα.

ε) Τά συστήματα στεγανότητας του άξονα.

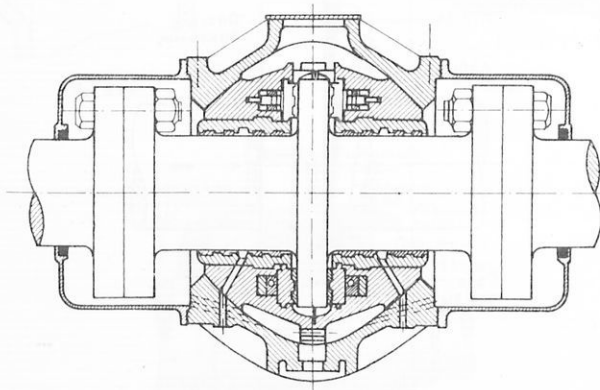
Στά δύο άκρα, όπου ό άξονας του στρόβιλου διαπερνά τό κέλυφος, μπορεί νά συμβαίνουν τά εξής δύο φαινόμενα:

— Νά βγαίνει άτμός από τό έσωτερικό του στρόβιλου προς τά έξω, όταν ή πίεση του άτμου μέσα στο στρόβιλο είναι μεγαλύτερη από τήν άτμοσφαιρική.

— Νά εισέρχεται άέρας μέσα στο στρόβιλο, όταν ή άτμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη, όπως συμβαίνει στο στρόβιλο Χ.Π.



(α)



(β)

Σχ. 5.9η.

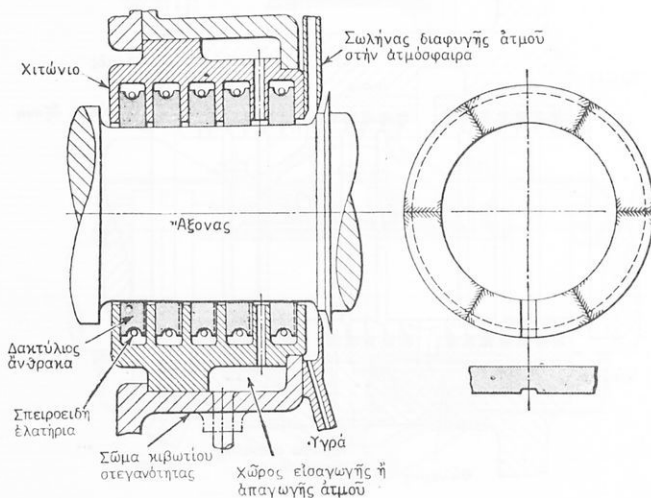
Για νά αποφύγομε τά ἐπιζήμια αὐτά φαινόμενα, καί ἰδίως τό δεύτερο πού προκαλεῖ πτώση τοῦ κενοῦ, θά ἔπρεπε ὁ ἀξονας νά κατασκευάζεται τελείως ἐφαρμοστός μέσα στίς τρύπες τοῦ κελύφους ἢ νά χρησιμοποιοῦνται παρεμβύσματα στεγανότητας. Οὔτε ὅμως τό ἓνα οὔτε τό ἄλλο μπορεῖ νά γίνουν, γιατί ὁ στρόβιλος περιστρέφεται μέ μεγάλο ἀριθμό στροφῶν, καί ἡ μεγάλη θερμότητα πού ἀναπτύσσεται ἀπό τήν τριβή θά κατέστρεφε καί τό κέλυφος καί τόν ἀξονα καί τά παρεμβύσματα.

Στήν πραγματικότητα δέν ἐμποδίζομε τελείως, ἀλλά περιορίζομε πολύ τή διέλευση τοῦ ἀτμοῦ πρὸς τά ἔξω, ἀναγκάζοντάς τον νά περάσει ἀπό πολύ μικρά διάκενα, ὥστε νά **στραγγαλίζεται**. Αὐτό γίνεται μέ ἓνα σύστημα, πού ὀνομάζεται **λαβύρινθος** (σχ. 5.9θ).

Οἱ λαβύρινθοι ἀποτελοῦνται ἀπό πολλές κυκλικές ταινίες ἀπό μαλακὸ μέταλλο,

νεται στεγανότητα μέ τούς λεγόμενους **άνθρακοδακτύλιους** ή **άνθρακοπαρεμβύσματα** (σχ. 5.9ια). Στην περίπτωση αυτήν οί άνθρακοδακτύλιοι (κάρβουνα), εφάπτονται στόν άξονα, όπως οί ψήκτρες στίς ήλεκτρογεννήτριες καί στούς ήλεκτροκινητήρες.

Στούς μεγάλους στρόβιλους ή στεγανότητα καί στά δύο άκρα έπιτυγχάνεται καί μέ λαβύρινθους καί μέ άνθρακοδακτύλιους. Πάντοτε οί άνθρακοδακτύλιοι τοποθετούνται μετά τό λαβύρινθο πρός τά έξω ώστε ό άτμός πού διαφεύγει νά πηγαίνει σ' αυτούς λιγότερος καί στραγγαλισμένος, μέ χαμηλή δηλαδή πίεση καί θερμοκρασία καί μέ αύξημένη ύγρότητα, καί έτσι δέν φθείρονται εύκολα.



Σχ. 5.9ια.

Σέ μικρούς στρόβιλους υπάρχουν συνήθως μόνο άνθρακοδακτύλιοι. Κάθε άνθρακοδακτύλιος αποτελείται από 4 ή 6 τμήματα ή τόξα τής συνολικής περιφέρειας τού δακτύλιου. Η έσωτερική κυλινδρική έπιφάνεια τού άνθρακοδακτύλιου εφάπτεται στόν άξονα. Όλα τά τμήματα τού άνθρακοδακτύλιου συσφίγγονται στόν άξονα μέ ένα ή περισσότερα έλατήρια.

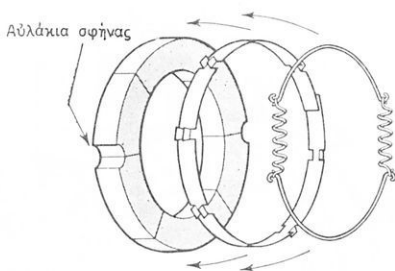
Σέ ένα ή δύο από τά τμήματα τοποθετείται σφήνα, ώστε νά παρεμποδίζεται ή περιστροφή τού άνθρακοδακτύλιου.

Η όλη διάταξη τών άνθρακοδακτυλίων φαίνεται στό σχήμα 5.9ιβ.

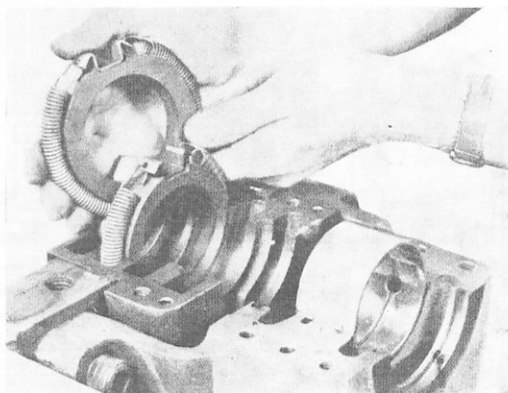
Τό σχήμα 5.9ιγ δείχνει τήν τοποθέτηση τών άνθρακοδακτυλίων μέ τό σπειροειδές έλατήριο πού περιβάλλει τούς τομείς.

στ) Τά άκροφύσια καί τά ένδιάμεσα διαφράγματα.

Άκροφύσια, όπως ξέρομε, έχουν μόνο οί στρόβιλοι δράσεως. Τά άρχικά στε-



Σχ. 5.9ιβ.



Σχ. 5.9ιγ.

ρεώνονται στο κέλυφος μετά την εισαγωγή του ατμού, τά δέ ενδιάμεσα στά διαφράγματα.

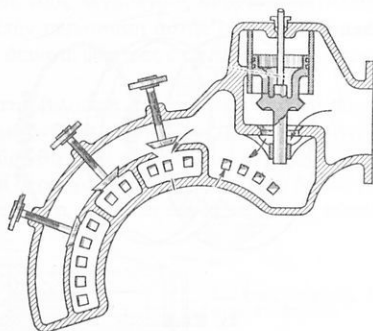
Τά άκροφύσια κατασκευάζονται κατά κανόνα από άνοξείδωτο χάλυβα.

Κάθε ομάδα άκροφυσιών έχει δική της βαλβίδα γιά την εισαγωγή του άτμού. Έτσι ανάλογα μέ την επιθυμητή ίπποδύναμη άνοίγονται κάθε φορά όσες ομάδες χρειάζονται.

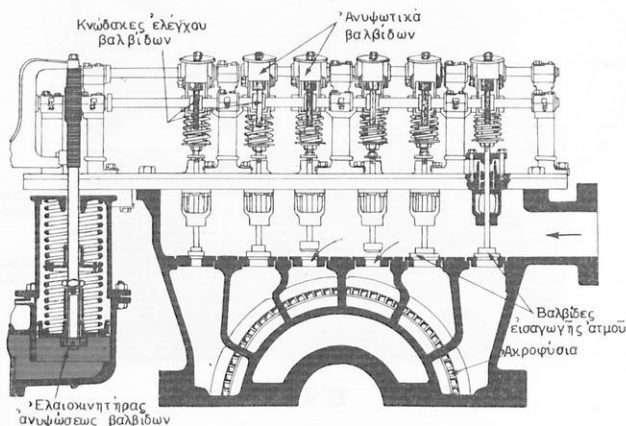
Τό σχήμα 5.9ιδ παριστάνει κιβώτιο άκροφυσιών μέ 4 ομάδες. Διακρίνομε ότι κάθε ομάδα έχει καί τή δική της βαλβίδα, ή όποία είναι χειροκίνητη.

Στούς σύγχρονους στρόβιλους όμως οί ομάδες πού χρειάζεται άνοίγουν αυτά-ματα μέ τή βοήθεια ενός έκκεντροφόρου άξονα.

Τό σχήμα 5.9ιε παριστάνει μία διάταξη αύτου του είδους. Διακρίνομε ότι ο έκκεντροφόρος άξονας περιστρέφεται στήν όρθή θέση μέ τή βοήθεια μιās όδοντω-τής ράβδου (ντιζας), πού τήν κινεί ένα έμβολο. Τό έμβολο πάλι κινείται κατάλληλα μέ λάδι υπό πίεση, από τό ρυθμιστή στροφών. Ή σειρά, κατά την όποία άνοίγουν



Σχ. 5.9ιδ.



Σχ. 5.9ιε.

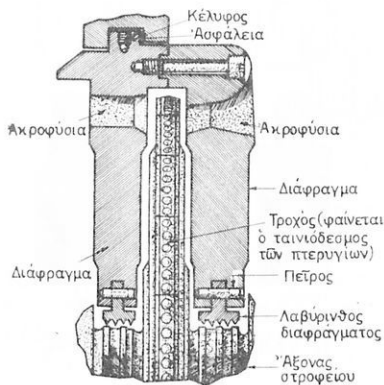
οι βαλβίδες, έχει ρυθμισθεί από πριν από τόν κατασκευαστή του στρόβιλου.

Συχνά όρισμένες βαλβίδες ομάδων ακροφυσίων οδηγούν τόν άτμό στις έπόμενες έκτονωτικές βαθμίδες τών στροβίλων δράσεως καί πριν από τά διαφράγματα. Ό έλεγχος τών βαλβίδων αυτών γίνεται επίσης ή χειροκίνητα ή μέ τή βοήθεια του κινητήριου έμβόλου τό όποιο κινείται μέ λάδι υπό πίεση από τό ρυθμιστή. Λέμε τότε ότι οι βαλβίδες παρέχουν άτμό από τό λέβητα άπ' ευθείας στις έκτονωτικές βαθμίδες για τήν περίπτωση ύπερφορτίσεως καί γιαυτό καλοούνται **βαλβίδες ύπερφορτίσεως** του στρόβιλου.

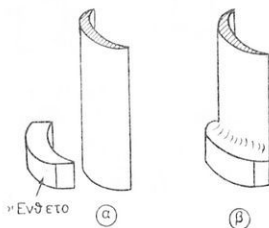
Τά διαφράγματα έξ άλλου κατασκευάζονται από χάλυβα σέ δύο ήμιαδιαφράγματα. Τά ακροφύσια τοποθετούνται σ' αυτά σέ τόσο μερικής ή όλικής ένγύσεως.

Στό σημείο, όπου ό άξονας διαπερνά τά διαφράγματα, τοποθετείται λαβύρινθος στεγανότητας κατά τά γνωστά.

Ο λαβύρινθος αυτός εικονίζεται στο σχήμα 5.9ιστ. Στο ίδιο σχήμα διακρίνεται επίσης ο άξονας με τον τροχό, τα δύο διαφράγματα πρίν και μετά απ' αυτόν με το λαβύρινθο, τα άκροφύσια, και η ασφάλεια στερεώσεως του διαφράγματος, ή ό-ποια παρεμποδίζει την περιστροφή του.



Σχ. 5.9ιστ.



Σχ. 5.9ιζ.

ζ) Τά πτερύγια.

Τά πτερύγια των ατμοστροβίλων κατασκευάζονται γενικά από ανοξείδωτο χάλυβα άριστης ποιότητας, ο οποίος για θερμοκρασίες ατμού $460^{\circ} - 510^{\circ}\text{C}$ περιέχει 12 — 14% χρώμιο, και για θερμοκρασίες ατμού $510^{\circ} - 570^{\circ}\text{C}$ περιέχει 12 — 14% χρώμιο και 0,5 μολυβδαίνιο.

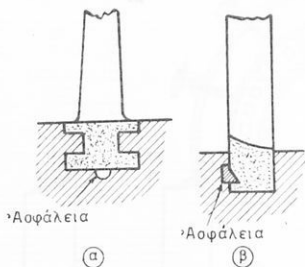
Σε παλαιότερους στροβίλους με χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες ατμού, δηλαδή κάτω από τους 310°C , κατασκευάζονταν από κράμα μαγγανίου με χαλκό ή κράμα χαλκού με νικέλιο.

Στό κάτω άκρο τους τά πτερύγια φέρουν τή λεγόμενη **ρίζα**, με τήν όποια τοποθετούνται συρταρωτά μέσα σε αντίστοιχο τορνιρισμένο αυλάκι στο κέλυφος για τά σταθερά ή στους τροχούς και τό τύμπανο για τά κινητά. Ή τοποθέτηση γίνεται έτσι, ώστε μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων νά σχηματίζεται τό αυλάκι ροής του ατμού.

Συχνά στή βάση του πτερυγίου τοποθετείται ιδιαίτερο κομμάτι πού ονομάζεται **ένθετο** σκοπός του είναι νά διατηρεί τήν απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων. Έτσι ή όλη διάταξη αποτελείται από πτερύγια και ένθετα έναλλάξ τοποθετημένα μεταξύ τους σε όλη τήν περιφέρεια.

Τό σχήμα 5.9ιζ παριστάνει δύο πτερύγια τό ένα με τή ρίζα του, και τό άλλο με ένθετο.

Τό αυλάκι των πτερυγίων έχει πάντοτε μία άρχή, για νά περνούν τά πτερύγια. Όταν τοποθετηθούν όλα τά πτερύγια, τότε ή άρχή του αυλακίου κλείνεται με ένα πτερύγιο (τό τελευταίο), πού έχει ειδική ρίζα και επίσης ασφαλίζεται (σχ. 5.9ιη).



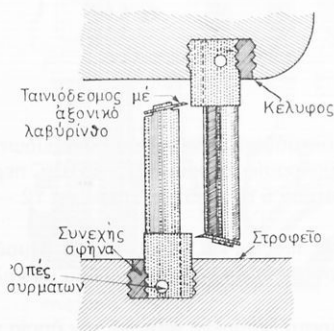
Σχ. 5.9ιη.



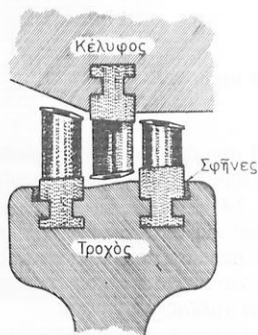
Σχ. 5.9ιθ.



Σχ. 5.9κ.



Σχ. 5.9κα.

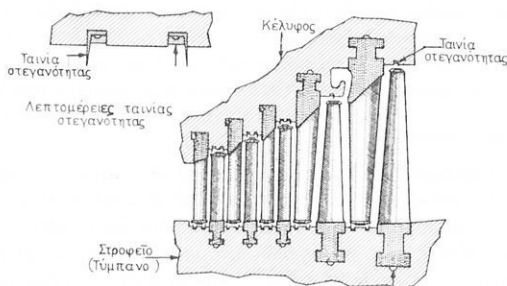


Σχ. 5.9κβ.

Σέ άλλη περίπτωση ό τροχός αντί γιά αϋλάκι έχει προεξοχή σ' όλη τήν περιφέρεια, τά δέ περϋγία μέ τή ρίζα τους τοποθετούνται στήν προεξοχή ίππαστί (καβαλ- λικευτά) (σχ. 5.9ιθ καί 5.9κ).

Παρατηρούμε επίσης στά σχήματα 5.9κα καί 5.9κβ τούς **ταινιόδεσμούς**, οι ό- ποίοι συνδέουν περιφερειακά κάθε περϋγωση. Οι ταινιόδεσμοι κατασκευάζονται από μαλακό μέταλλο καί φέρουν όπες, στίς όποιες εισέρχονται μικρές προεξοχές ά- πό τήν κορυφή κάθε περϋγίου. Οι προεξοχές αυτές σφυροκοπούνται καί γίνονται ένα σώμα μέ τόν ταινιόδεσμο.

Οί ταινιόδεσμοι φέρουν περιφερειακά καί κατά τήν έννοια του άξονά προεξοχή ή όποία σχηματίζει ένα είδος άξονικού λαβϋρίνθου, όπως φαίνεται στά σχήματα.



Σχ. 5.9 κγ.

Τό σχήμα 5.9κγ παριστάνει στερέωση κινητῶν καί σταθερῶν περυγίων ἀντιδράσεως. Καί στήν περίπτωση αὐτή χρησιμοποιοῦνται σέ σύγχρονους στρόβιλους ταινιόδεσμοι καί πρόσθετες ταινίες στεγανότητος στό κέλυφος, γιά νά ἐμποδίζουν τή διαφυγή τοῦ ἀτμοῦ ἀπό τίς κορυφές τῶν περυγίων.

5.10 Τά παρελκόμενα τῶν στροβίλων.

α) Ὁ ἐλαστικός σύνδεσμος.

Χρησιμεύει γιά νά συνδέει τόν ἄξονα τοῦ στρόβιλου μέ τόν ἄξονα τοῦ μηχανήματος, τό ὁποῖο παίρνει κίνηση ἀπό τό στρόβιλο. Ἡ σύνδεση γίνεται ἔτσι, ὥστε νά ἐπιτρέπει τήν ἐλεύθερη σχετική κίνηση τῶν δύο ἀξόνων κατά τήν ἀξονική ἔννοια.

Γιά νά ἐπιτύχομε αὐτό, ἐφοδιάζομε τά ἄκρα τῶν δύο ἀξόνων, οἱ ὁποῖοι θά συνδεθοῦν, μέ δύο βαριά περιαιχνία μεγάλου πάχους. Ἀπ' αὐτά τό ἓνα φέρει ἐξωτερικό, καί τό ἄλλο ἐσωτερικό πολυσφηνο ἢ ἀνάλογες ἀρσενικές καί θηλυκές ἐγκοπές. Τό ἐξωτερικό εἰσέρχεται στό ἐσωτερικό καί εἶναι ἐλεύθερο νά κινηθεῖ μέσα του κατά τήν ἀξονική ἔννοια, ἐνῶ μεταφέρει πρὸς τό ἐσωτερικό τή ροπή στρέψεως τοῦ στρόβιλου.

β) Οἱ μειωτήρες στροφῶν.

Τοποθετοῦνται μέσα σέ ἰδιαίτερο κιβώτιο καί ἀποτελοῦνται ἀπό κατάλληλους ὀδοντωτούς τροχούς μέ ἑλικοειδή δόντια. Τά δόντια αὐτά τοποθετοῦνται ἔτσι, ὥστε νά ἐπιτυγχάνεται ἡ ἐλάττωση τοῦ μεγάλου ἀριθμοῦ στροφῶν κατά τή μετάδοση τῆς κινήσεως ἀπό τό στρόβιλο στόν ἄξονα παραλαβῆς τοῦ ἔργου.

Ἐφαρμόζονται σέ πλοῖα κυρίως, ὅπου ἡ μείωση τῶν στροφῶν τοῦ στρόβιλου εἶναι ἀπαραίτητη κατά τή μετάδοση τῆς κινήσεως πρὸς τήν ἑλικά, (ἡ ὁποία, γιά νά ἔχει ὑψηλή ἀπόδοση, πρέπει νά περιστρέφεται στό νερό μέ λίγες στροφές) καί στά βοηθητικά μηχανήματα.

γ) Ὁ ὠστικός τριβέας.

Εἶναι ὁ τριβέας ἰσορροπήσεως τύπου Mitchell (Μίτσελ) ἢ Kingsbury (Κίνγκσμπερρυ) καί ἀποτελεῖται ἀπό ἓνα δακτύλιο καί πλινθία. Χρησιμοποιεῖται *εἰδικότερα*

στά πλοία γιά νά μεταδίδει τήν ὥση τῆς ἑλικας στά πλινθία μέσω τοῦ περιστρεφόμενου δακτύλιου τοῦ ἄξονα.

Ἄπό κεῖ ἡ ὥση μεταδίδεται στό σῶμα τοῦ κιβωτίου του πού εἶναι κατασκευασμένο γερό καί ἀπ' αὐτό στό σκάφος, τό ὁποῖο ἔτσι κινεῖται μέσα στό νερό.

δ) Ὁ μηχανισμός στρέψεως.

Ἀποτελεῖται συνήθως ἀπό ἠλεκτροκινητήρα μέ ἄξονα, ὁ ὁποῖος καταλήγει σέ ἀτέρμονα κοχλία. Ὁ ἀτέρμονας κοχλίας ἐμπλέκεται μέ κατάλληλο ὀδοντωτό τροχό στόν ἄξονα τοῦ στρόβιλου. Ἔτσι μέ τόν ἠλεκτροκινητήρα περιστρέφουμε τό στρόβιλο σέ διάφορες θέσεις (ὅταν αὐτός δέν λειτουργεῖ) καί μπορούμε νά ἐκτελέσουμε διάφορες ἐργασίες σ' αὐτόν. Ἐπίσης τόν στρέφουμε κατά τήν προετοιμασία καί τήν προθέρμανσή του.

Ὁ ὅλος μηχανισμός καλεῖται καί **κρίκος στρέψεως**, γίνεται δέ στήν ἀνάγκη καί χειροκίνητος.

Ὁ κρίκος στρέψεως πρέπει ἀπαραίτητα νά ἀποσυνδύεται μετά τήν προθέρμανση τοῦ στρόβιλου πρὶν ὁ στρόβιλος τεθεῖ σέ κίνηση.

5.11 Τά Ἐξαρτήματα τοῦ στρόβιλου.

Ὡς ἐξαρτήματα νοοῦνται ὅλα ἐκεῖνα τά ὄργανα, τά ὁποῖα τοποθετοῦνται στό στρόβιλο καί χρησιμεύουν γιά νά παρακολουθοῦμε καί νά ἐλέγχουμε τή λειτουργία του. Παρακάτω τά περιγράφομε σέ γενικές μόνο γραμμές.

1) **Ὁ ἄτμοφράκτης χειριστηρίου.** Εἶναι βαλβίδα ἐλεγχόμενη, ἡ ὁποία παρέχει ἀτμό στό ἀκροφύσιο.

Τό σχῆμα 5.11α παριστάνει ἓνα συνηθισμένο τύπο ἄτμοφράκτη σύγχρονου στρόβιλου.

Ἡ λειτουργία τοῦ ἄτμοφράκτη αὐτοῦ εἶναι φανερή· ρυθμίζει τό ἄνοιγμα τῆς βαλβίδας ὅσο θέλομε κάθε φορά περιστρέφοντας ἀνάλογα τό χειροσφόνδυλο.

2) **Οἱ ἐνδιάμεσοι ἄτμοφράκτες** οἱ ὁποῖοι στέλνουν ἀτμό ἀπό τόν κύριο ἀτμαγωγό πρὸς τίς ἐνδιάμεσες διαβαθμίσεις τοῦ στρόβιλου, ὅταν θέλομε νά τόν ὑπερφορτίσουμε.

3) **Οἱ ἄτμοφράκτες ἀπομαστεύσεως.** Μέ αὐτούς μπορούμε νά πάρουμε ἀτμό ἀπό ἐνδιάμεσες διαβαθμίσεις γιά ἄλλες χρήσεις ἢ λειτουργίες, ὅπως π.χ. προθέρμανση τοῦ τροφοδοτικοῦ νεροῦ, παροχή ἀτμοῦ στήν ἐξαεριστική δεξαμενὴ κλπ.

4) **Οἱ ἄτμοφράκτες παροχῆς ἀτμοῦ σέ στυπιοθλίπτες.** Αὐτοὶ παίρνουν ἀτμό μειωμένης πίεσεως μέσω ἑνὸς μειωτήρα καί τόν κατευθύνουν στίς συσκευές στεγανότητας τοῦ στρόβιλου.

5) **Τά ἀσφαλιστικά** ἐπιστόμια τοῦ στρόβιλου. Εἶναι βαλβίδες φορτισμένες μέ ἐλατήριο καί ρυθμισμένες νά ἀνοίγουν γιά λόγους ἀσφάλειας σέ μία ὀρισμένη πίεση. Τοποθετοῦνται σέ διάφορα σημεῖα τοῦ στρόβιλου καί ἔχουν διάφορη ρύθμιση ἀνάλογα μέ τήν ἐκτονωτική διαβάθμιση, γιά τήν ὁποία προορίζονται.

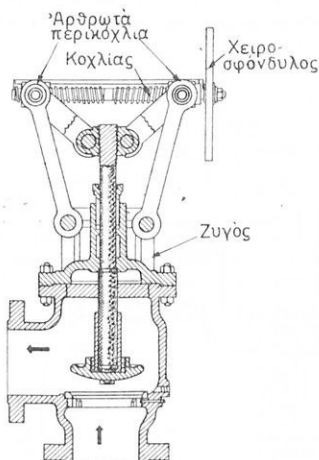
6) **Οἱ κρουνοὶ τῶν ὑγρῶν.** Τοποθετοῦνται στό κάτω ἡμικέλυφος τοῦ στρόβιλου καί ἔχουν προορισμό νά ὀδηγοῦν τά ὑγρά πρὸς τό ψυγεῖο.

7) **Οἱ μειωτήρες τοῦ ἀτμοῦ.** Εἶναι κατάλληλες βαλβίδες πού ρυθμίζονται γιά νά παρέχουν ἀτμό μειωμένης πίεσεως γιά διάφορες χρήσεις στό στρόβιλο καί τό μηχανοστάσιο.

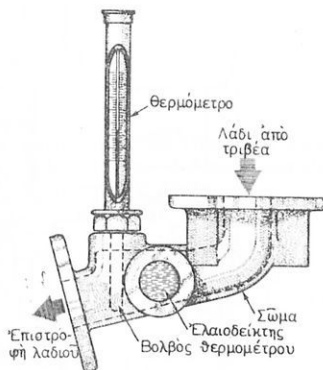
8) **Τά Θλιβόμετρα.** Χρησιμοποιούν για την παρακολούθηση των πιέσεων ατμού, λαδιού κλπ. και προσαρμόζονται στις κατάλληλες θέσεις του κελύφους ή του δικτύου λιπάνσεως.

9) **Τά Θερμόμετρα.** Μέ αυτά παρακολουθούμε τις θερμοκρασίες ατμού, λαδιού, λιπάνσεως, τριβών κλπ. Τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις μέσα σε ειδικές υποδοχές.

Τά θερμόμετρα έλέγχου της θερμοκρασίας του λαδιού συνήθως τοποθετούνται στην έξοδο του λαδιού από τον τριβέα, όπου τοποθετείται και γυάλινος **έλαιοδείκτης** για τον οπτικό έλεγχο ροής του λαδιού (σχ. 5.11β).



Σχ. 5.11α.



Σχ. 5.11β.

10) Έκτός απ' αυτά ως εξαρτήματα μπορεί να θεωρηθούν και ο **ρυθμιστής στροφών**, ο **αυτόματος υπεραχύνσεως και λαδιού**, και τα **στροφόμετρα**, που δείχνουν με πόσες στροφές το λεπτό περιστρέφεται ο στρόβιλος.

5.12 Βοηθητικές συσκευές και μηχανήματα εγκαταστάσεως των άτμοστροβίλων. Κύκλωμα και παραστατικό διάγραμμα λειτουργίας εγκαταστάσεως άτμοστροβίλων.

α) Γενικά.

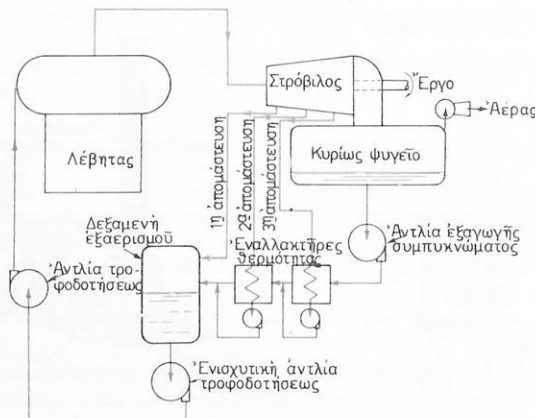
Πρίν περιγράψομε τις βοηθητικές συσκευές και μηχανήματα των άτμοστροβίλων, θά έπαναλάβομε τό κύκλωμα λειτουργίας του άτμού, στό όποιο καθορίζεται και ή θέση, πού κατέχει ή κάθε συσκευή ή μηχανήμα.

Τό σχήμα 5.12α παριστάνει τό κύκλωμα λειτουργίας μιås σύγχρονης εγκαταστάσεως.

Διακρίνεται ό λέβητας ό όποιος παρέχει άτμό στό στρόβιλο.

Οι έξατμίσεις του στρόβιλου πηγαίνουν προς το **ψυγείο** όπου με τη συμπύκνωσή τους δημιουργείται, όπως ξέρομε, το κενό του ψυγείου. Αυτό με τη βοήθεια των **έκχυτρήρων** άερα, οι οποίοι παίρνουν τον άερα από το χώρο συμπυκνώσεως και τόν οδηγούν στην ατμόσφαιρα, φθάνει την τιμή των 97-99% του τέλειου κενού.

Τό **συμπύκνωμα** με τη βοήθεια της **έξαγωγικής άντλίας** συμπυκνωματος οδηγείται διαδοχικά στους **έναλλακτηρες** θερμότητας ή προθερμαντήρες, όπου και προθερμαίνεται με ατμό της δεύτερης και τρίτης **άπομαστεύσεως** από τόν κύριο στρόβιλο. Κατόπιν, αφού έχει προθερμανθεί έτσι, εισέρχεται στη **δεξαμενή έξαερισμού**, ή όποια ονομάζεται και **θερμοδοχείο**. Έκεí με τη βοήθεια ατμού από τήν πρώτη άπομάστευση τού κύριου στρόβιλου έρχεται σέ θερμοκρασία βρασμού και έξαερίζεται έντελώς.

 $\Sigma\chi$. 5.12a.

Ἀπό τὴν ἐξαεριστική δεξαμενὴ τὸ ἀναρροφᾷ ἡ **ἐνισχυτικὴ ἀντλία τροφοδοτή-
σεως** καὶ τὸ καταθλίβει στὴν ἀναρρόφηση τῆς **κύριας ἀντλίας τροφοδοτήσεως**, ἡ
ὁποία τελικὰ τὸ καταθλίβει μέσα στοὺς λέβητα.

β) Τό κύριο ψυγείο.

Σκοπός τοῦ κύριου ψυγείου εἶναι, ὅπως ξέρομε, ἡ δημιουργία τοῦ κενοῦ ἀπὸ τῆς συμπύκνωσης τῶν ἐξατμίσεων καὶ ἡ μετατροπὴ τους πάλι σέ τροφοδοτικό νερό.

Μέ τη δημιουργία του κενού αυξάνει η απόδοση του στρόβιλου και ελαττώνεται αντίστοιχως η κατανάλωση σέ ατμό ή σέ καύσιμο.

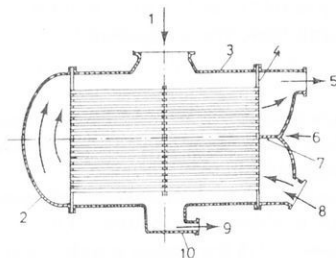
Ἔνα ψυγείο ἀποτελεῖται ἀπὸ αὐλούς, μέσα στοὺς ὁποίους κυκλοφορεῖ νερό ψύξεως, ποταμίσιο, πηγαῖο ἢ θαλασσινό. Στὸ ἐξωτερικὸ τῶν αὐλῶν κυκλοφοροῦν οἱ ἐξατμίσεις, οἱ ὁποῖες ἔτσι ψύχονται καὶ συμπυκνώνονται σὲ νερό.

Οι αὐλοί στηρίζονται σέ δύο αὐλοφόρες πλάκες καί περιβάλλονται ἀπό τό κέλυφος, τό ὁποῖο στά δύο ἄκρα του φέρει πώματα. Ἐπάνω σ' αὐτό προσσυνάμονται οἱ

όχετοί εισαγωγής και εξαγωγής του ψυκτικού νερού. Στο έσωτερικό του ψυγείου υπάρχουν κατάλληλα διαφράγματα για τόν έλεγχο ροής των εξατμίσεων του συμπυκνώματος και των αερίων.

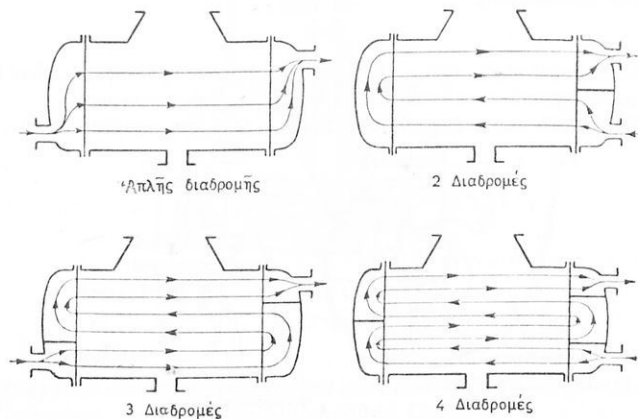
Τά ψυγεία των εγκαταστάσεων ξηρᾶς και τῶν πλοίων ελάχιστα και σέ λεπτομέρειες μόνο διαφέρουν μεταξύ τους.

Στό σχῆμα 5.12β εικονίζεται ἡ γενική διάταξη ενός ψυγείου κύριου στρόβιλου στην ἅπλή του μορφή.



Σχ. 5.12β.

(1) Είσαγωγή εξατμίσεων, (2) πώμα ή συλλέκτης αναστροφής, (3) κέλυφος, (4) αύλοφόρος πλάκα, (5) εξαγωγή νερού κυκλοφορίας, (6) πώμα ή συλλέκτης θαλάσσιου νερού, (7) διαχωριστική πλάκα, (8) είσαγωγή νερού, (9) έξοδος συμπυκνώματος, (10) φρεάτιο.



Σχ. 5.12γ.

Τό σχῆμα 5.12γ ἐξάλλου παριστάνει διαγραμματικά τή μορφή ψυγείου μιᾶς, δύο, τριῶν καί τεσσάρων διαδρομῶν τοῦ νεροῦ ψύξεως.

Τό ψυγείο συνήθως στό κέλυφος φέρει μικρό κρουνό, ὁ ὁποῖος καλεῖται **μικτός**. Μέ τόν κρουνό αὐτόν τό ψυγείο συγκοινωνεῖ μέσω ενός σωλήνα, πρὸς τήν ἐφεδρική τροφοδοτική δεξαμενή.

Ὁ μικτός κρουνός ἀνοίγεται, ὅταν τὸ νερὸ ποὺ κυκλοφορεῖ ἔχει ἐλαττωθεῖ ὀπότε μὲ τὸ κενὸ τοῦ ψυγείου ἀναρροφᾶται νερὸ ἀπὸ τὴν ἐφεδρική δεξαμενὴ καὶ ἔτσι συμπληρῶνεται τὸ νερὸ ποὺ λείπει.

Συχνὰ στὴν ἐγκατάσταση τοῦ ψυγείου προσαρμόζεται ἡ **ἀθόρυβη** ἐξάτμιση, δηλαδή βαλβίδα, ποὺ ἀνοίγει καὶ ὁδηγεῖ τὸν ἀτμὸ ἀπὸ τὸν κύριο ἀτμαγωγὸ πρὸς τὸ ψυγεῖο. Αὐτὸ γίνεται, ὅταν ἡ πίεση τοῦ λέβητα μεγαλώσει πολὺ, ὅποτε εἶναι βέβαιο ὅτι θὰ ἀνοίξουν τὰ ἀσφαλιστικά του. Τότε ἀνοίγουμε τὴν ἀθόρυβη ἐξάτμιση, γιὰ νὰ ἀποφύγουμε τὸ ἄνοιγμα τῶν ἀσφαλιστικῶν, ποὺ θὰ ἔχει σάν συνέπεια τὴν ἀπώλεια τροφοδοτικοῦ νεροῦ πρὸς τὴν ἀτμόσφαιρα.

γ) Τό βοηθητικὸ ψυγεῖο.

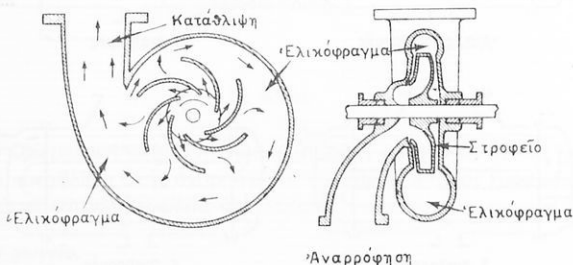
Εἶναι ψυγεῖο μικροτέρων διαστάσεων ἀπὸ τὸ κύριο καὶ χρησιμοποιεῖται στὶς ἐγκαταστάσεις ἀτμοστροβίλων, ὅπου ἐκτός ἀπὸ τὰ στροβιλοκίνητα ὑπάρχουν καὶ παλινδρομικά ἀτμοκίνητα μηχανήματα.

Τὸ βοηθητικὸ ψυγεῖο ὑγραποιεῖ τίς ἐξατμίσεις τῶν βοηθητικῶν αὐτῶν μηχανημάτων, οἱ ὁποῖες περιέχουν σταγόνες ἀπὸ τὸ λάδι τῆς ἐσωτερικῆς λιπάνσεώς τους. Ἐτσι ὁ ἀτμός, ποὺ ὑγραποιεῖται στὸ βοηθητικὸ ψυγεῖο, δίνει ἓνα συμπύκνωμα, ποὺ δὲν εἶναι τελείως καθαρὸ καὶ ἐπομένως δὲν πρέπει νὰ μπεῖ μέσα στὸ κύριο κύκλωμα τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅπου συμπυκνώνονται οἱ καθαρὲς ἐξατμίσεις τοῦ στρόβιλου, ποὺ δὲν ἔχει ἐσωτερικὴ λίπανση.

δ) Ἡ ἀντλία κυκλοφορίας.

Αὕτῃ κυκλοφορεῖ νερὸ ψύξεως μέσα ἀπὸ τοὺς αὐλοὺς τοῦ ψυγείου, εἶναι δέ συνήθως φυγοκεντρικοῦ τύπου καὶ γι'αὐτὸ λέγεται καὶ **περιστροφική**.

Τὸ σχῆμα 5.12δ παριστάνει φυγοκεντρικὴ ἀντλία κυκλοφορίας.



Σχ. 5.12δ.

Διακρίνουμε τὸν ἄξονά της καὶ τὸν τροχὸ τῆς ἀντλίας. Ἐπίσης τὴν ἀναρρόφηση τοῦ νεροῦ ψύξεως καὶ τὴν κατάθλιψή του πρὸς τὸ ψυγεῖο.

ε) Ἀντλία κυκλοφορίας βοηθητικοῦ ψυγείου.

Αὕτῃ κυκλοφορεῖ ψυκτικὸ νερὸ μέσα ἀπὸ τοὺς αὐλοὺς τοῦ βοηθητικοῦ ψυγείου.

Συχνά ή ψύξη του βοηθητικού ψυγείου γίνεται καί μέ διακλάδωση από τήν κατάθλιψη τής κύριας άντλίας κυκλοφορίας, όποτε παραλείπεται ή βοηθητική.

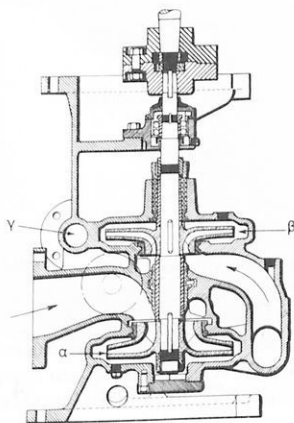
στ) *Η έξαγωγική άντλία συμπυκνώματος.*

Η άντλία αυτή άναρροφά τό συμπύκνωμα από τό κύριο ψυγείο καί τό στέλνει στήν *έξαεριστική* ή καί στήν *τροφοδοτική δεξαμενή*.

Συνηθέστερα όνομάζεται καί άεραντία, μπορεί δέ νά εΐναι έμβολοφόρα ή περιστροφική.

Η έμβολοφόρα χρησιμοποιείται περισσότερο σέ έγκαταστάσεις παλινδρομικών μηχανών, ένώ στους στρόβιλους προτιμάται ή περιστροφική, ή όποία εΐναι συνήθως διβάθμια.

Τό σχήμα 5.12ε παριστάνει μία διβάθμια περιστροφική *άεραντία*. Άποτελείται από δύο τροχούς, τόν τροχό (α) τής πρώτης βαθμίδας, ό όποιος άναρροφά από τό ψυγείο καί καταθλίβει πρós τό δεύτερο τροχό (β), ό όποιος στέλνει τό συμπύκνωμα πρós τό σωλήνα τής καταθλίψεως (γ).



Σχ. 5.12ε.

Η άντλία εΐναι κατακόρυφη καί κινείται μέσω του σύνδεσμου (κόπλερ) πού βρίσκεται στό πάνω μέρος από ένα άτμοστρόβιλο Curtis.

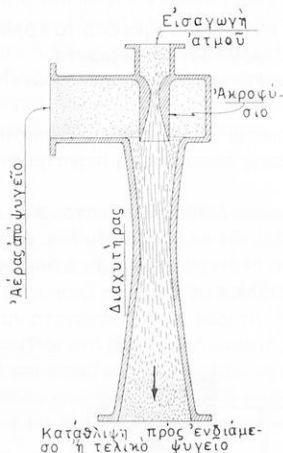
Διακρίνεται επίσης στό σχήμα ό πόλος στροφής κάτω, καί ό πάνω τριβέας, τέλος δέ καί τό σύστημα στεγανότητας τής άντλίας.

ζ) *Έκχυτήρες κενού.*

Οι έκχυτήρες κενού, πού όνομάζονται καί «τζιφάρια», από τό όνομα του Γάλλου μηχανικού Giffard, έχουν προορισμό νά άναρροφούν τόν άέρα καί τούς ύδρατμούς πού δέν συμπυκνώθηκαν μέσα από τό ψυγείο.

Κατ' αυτό τόν τρόπο συντελούν πολύ στήν αύξηση του κενού του ψυγείου.

Τό σχήμα 5.12στ παριστάνει τήν τυπική μορφή ενός έκχυτῆρα κενού σέ διαμήκη τομή.



Σχ. 5.12στ.

η) Δεξαμενή εξαερισμοῦ.

Ἐχει σκοπό νά εξαερίζει τό τροφοδοτικό νερό πρίν μπει στό λέβητα. Ὀνομάζεται ἐπίσης καί **θερμοδοχείο**. Στό σχήμα 5.12ζ εἰκονίζεται μία τυπική δεξαμενή εξαερισμοῦ, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς:

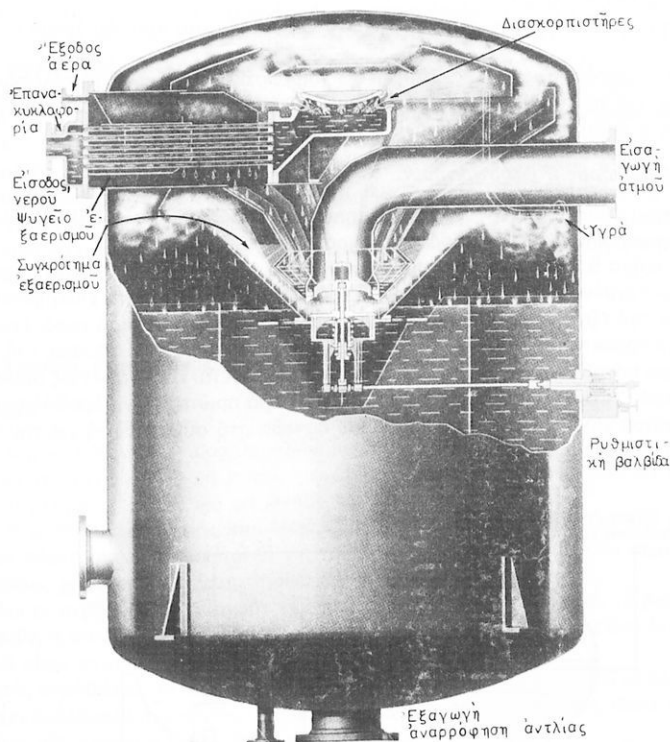
Τό συμπύκνωμα περνᾷ πρῶτα ἀπό τό ψυγεῖο εξαερισμοῦ καί κατόπιν ἀπό ἀκροφύσια τά ὁποῖα διασκορπίζουν τό νερό σέ λεπτότατα σταγονίδια. Αὐτά λόγω τοῦ βάρους τους πέφτουν στό κάτω μέρος τοῦ κωνικοῦ συλλέκτη, περνώντας ἀπό διάτρητα ἐλάσματα.

Ἀπό τό κέντρο τοῦ κωνικοῦ συλλέκτη περνοῦν οἱ ἐξατμίσεις τοῦ βοηθητικοῦ δικτύου ἢ ἀτμός πού προέρχεται ἀπό ἀπομάστευση ἀπό τόν κύριο στρόβιλο. Ὁ ἀτμός μέ τή βοήθεια ἐκχυτήρα συμπαρασύρει τό νερό πού μαζεῦεται καί ἀναμιγνύεται μέ αὐτό. Τό νερό ἔρχεται ἔτσι σέ θερμοκρασία βρασμοῦ καί ἀπαλλάσσεται τελείως καί ἀπό τόν ἀέρα καί ἀπό τά λοιπά ἀέρια. Τό νερό αὐτό καταλήγει στό κάτω μέρος τῆς δεξαμενῆς. Ἀπό ἐκεῖ τό ἀναρροφᾶ ἡ ἐνισχυτική ἀντλία τροφοδοτήσεως καί τό καταθλίβει ὑπό πίεση 5 kr/cm^2 πρὸς τήν ἀναρρόφηση τῆς τροφοδοτικῆς ἀντλίας.

Τά ἀέρια τοῦ νεροῦ μαζί μέ ποσότητα ὑγρασίας συγκεντρώνονται στό ψηλότερο σημεῖο τῆς δεξαμενῆς. Ἐκεῖ, μέ τή βοήθεια τοῦ ψυγείου εξαερισμοῦ, ἡ μέν ὑγρασία συμπυκνώνεται καί ὀδηγεῖται πρὸς τόν κωνικό συλλέκτη, ἐνῶ τὰ ἀέρια πού δέν συμπυκνώθηκαν ὀδηγοῦνται πρὸς τήν ἀτμόσφαιρα.

Τό τροφοδοτικό νερό μέ τήν ἐπεξεργασία, τήν ὁποία ὑφίσταται μέσα στήν εξαε-

ριστική δεξαμενή προθερμαίνεται επίσης αρκετά σε θερμοκρασία 100°C περίπου.



Σχ. 5.12ζ.

θ) Οί τροφοδοτικές αντλίες.

Αποτελούν μέρος του κυκλώματος λειτουργίας και είναι δύο: 1) Η **ένισχυτική τροφοδοτική αντλία**, η οποία αναρροφά το συμπύκνωμα από τον πυθμένα της εξαεριστικής δεξαμενής και το καταθλίβει στην αναρρόφηση της κύριας τροφοδοτικής αντλίας. 2) Η **κύρια τροφοδοτική αντλία**, η οποία το καταθλίβει στο λέβητα με πίεση υψηλότερη από την πίεση λειτουργίας του.

Καί οι δύο είναι συνήθως πολυβάθμιες περιστροφικές αντλίες, ώστε να δημιουργούν υψηλή πίεση καταθλίψεως, και βρίσκονται εγκαταστημένες στο μηχανοστάσιο.

1) Οί τροφοδοτικές δεξαμενές.

Σ' αυτές αποθηκεύεται έφεδρικό τροφοδοτικό νερό γιά νά άναπληρώνονται οι άπώλειες του κυκλώματος.

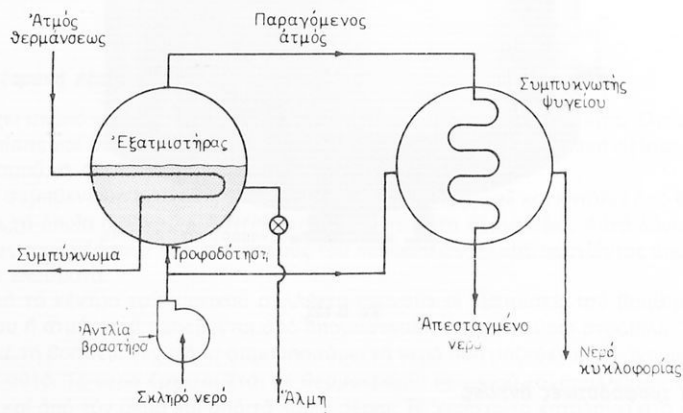
Συνήθως έφοδιάζονται μέ άποσταγμένο νερό από αυτό που παράγουν οι βραστήρες.

Συγκοινωνούν [παράγρ. 5.12(β)] μέσω του **μικτού κρουνοῦ** μέ τό κέλυφος του ψυγείου, γιά νά συμπληρώνουν τή στάθμη του συμπυκνώματος μέσα σ' αυτό, όταν, λόγω άπωλειών, έχει έλαττωθεί τό τροφοδοτικό νερό.

1α) 'Ο βραστήρας ή άποστακτήρας.

Παράγει άποσταγμένο νερό από σκληρό (πηγαίο, πόσιμο ή καί θαλασσινό), γιά νά νά χρησιμοποιηθεί σάν τροφοδοτικό νερό των λεβήτων.

Στό σχήμα 5.12η παρίστανεται διαγραμματικά ή στοιχειώδης διάταξη παραγωγής άποσταγμένου νερού από σκληρό νερό. 'Ο άτμός του λέβητα εισέρχεται στό στοιχείο του εξατμιστήρα όπου θερμαίνει καί άτμοποιεί τό σκληρό νερό, ενώ ό ίδιος μετατρέπεται σέ συμπύκνωμα. 'Ο παραγόμενος άτμός στό κέλυφος του άποστακτήρα πηγαίνει πρós τό ψυγείο, όπου συμπυκνώνεται καί βγαίνει ως άποσταγμένο νερό. 'Η άντλία κυκλοφορίας καταθλίβει νερό πρώτα στόν ύδροθάλαμο του εξατμιστήρα γιά τήν παραγωγή άτμου καί ύστερα στό συμπυκνωτή γιά τήν ψύξη του παραγόμενου άτμου.



Σχ. 5.12η.

1β) Άντλίες λαδιού λιπάνσεως - Ψυγείο λαδιού - Φυγοκεντρικό έλαιοκαθαριστήριο - Χειραντλία λαδιού.

Τα μηχανήματα αυτά σχετίζονται μέ τή λίπανση του στρόβιλου, ή οποία θά περιγραφεί σέ άλλο Κεφάλαιο.

Οι **άντλίες λαδιού** αναρροφούν λάδι από μία ή δύο κεντρικές έλαιοδεξαμενές και τό καταγλίσουν μέ πίεση πρῶτα στό **ψυγείο** λαδιού, ὅπου ψύχεται. Κατόπιν μέ τήν ἴδια περίπου πίεση πηγαίνει πρὸς τοὺς τριβεῖς τοῦ στρόβιλου καί τοὺς μειωτήρες καί κατόπιν ξαναγυρίζει θερμό πρὸς τήν κεντρική δεξαμενή λαδιού. Οἱ άντλίες λιπάνσεως εἶναι ἀτμοστροβιλοκίνητες ἢ ἠλεκτροκίνητες συνήθως δέ γранаζωτές.

Τό **ψυγείο** λαδιού ἔχει τή γνωστή μορφή ἑνός ψυγείου μέ αὐλούς, μέσα ἀπό τοὺς ὁποίους κυκλοφορεῖ τό νερό καί γύρω ἀπ' αὐτοὺς τό θερμό λάδι.

Στό ὅλο σύστημα λιπάνσεως προστίθεται ὁ λεγόμενος **φυγοκεντρικός καθαριστής** λαδιού. Αὐτός φυγοκεντρίζει τό λάδι πού κυκλοφορεῖ καί τό ἀπαλλάσσει ἀπό τό νερό ἢ ἀπό ἀκαθαρσίες, οἱ ὁποῖες μπορεῖ νά ἔχουν ἀναμιχθεῖ σ' αὐτό.

Μία **χειροκίνητη άντλία** λιπάνσεως συμπληρώνει τήν ἐγκατάσταση καί χρησιμεύει γιά τή λίπανση τῶν τριβέων, μειωτήρων κλπ., ὅταν στρέφομε τό στρόβιλο μέ τό μηχανήμα στρέψεως γιά λόγους συντηρήσεώς του. (Όταν δηλαδή ὁ στρόβιλος βρίσκεται ἐκτός λειτουργίας).

5.13 Στροφές ἀτμοστροβίλων - Ρύθμιση στροφῶν - Ρυθμιστές.

α) Γενικά.

Οἱ ἀτμοστρόβιλοι μεγάλης ἰσχύος χρησιμοποιοῦνται κυρίως στίς ἐξῆς δύο περιπτώσεις: α) Γιά νά κινοῦν μεγάλες ἠλεκτρογεννήτριες παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καί β) γιά νά κινοῦν τίς ἔλικες τῶν πλοίων.

Οἱ ἀτμοστρόβιλοι μικρῆς ἰσχύος χρησιμοποιοῦνται: α) Γιά τήν κίνηση μικρῶν ἠλεκτρογεννητριῶν καί β) γιά τήν κίνηση μικρῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων, ὅπως π.χ. άντλίες, ἀνεμιστήρες, ἀεροσυμπιεστές κλπ.

Όλοι οἱ στρόβιλοι, πού κινοῦν γεννήτριες, ἔχουν ἓνα μηχανισμό, τό **ρυθμιστή στροφῶν**, ὁ ὁποῖος κανονίζει αὐτομάτως τίς στροφές τοῦ στρόβιλου ἀνά λεπτό ὥστε νά εἶναι σταθερές ἀνεξάρτητα ἀπό τό φορτίο.

Στούς στρόβιλους, οἱ ὁποῖοι κινοῦν άντλίες καί ἀνεμιστήρες, μπορεῖ ἐξ ἄλλου νά ὑπάρχει ἀνάλογος μηχανισμός, πού αὐξάνει ἢ ἐλαττώνει τίς στροφές, ὥστε νά διατηρεῖται μία σταθερή πίεση στήν κατάθλιψη.

Όλοι ὁμως οἱ στρόβιλοι ἔχουν καί ἓνα μηχανισμό, ὁ ὁποῖος λέγεται **αὐτόματος διακόπτης ὑπερταχύσεως**. Ό μηχανισμός αὐτός διακόπτει αὐτομάτως τήν εἰσαγωγή τοῦ ἀτμοῦ καί σταματᾷ ἔτσι τό στρόβιλο, ὅταν οἱ στροφές του, γιά ὁποιοδήποτε λόγο, ὑπερβοῦν ἓναν ὁρισμένο μέγιστο ἀριθμό στροφῶν, ὁπότε μπορεῖ ὁ στρόβιλος νά πάθει σοβαρή ζημιά.

Σέ ὁρισμένες ἐγκαταστάσεις ἐξ ἄλλου ὑπάρχει καί ἄλλος μηχανισμός ἀσφάλειας, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ σέ συνδυασμό μέ τό διακόπτη ὑπερταχύσεως. Αὐτός διακόπτει τόν ἀτμό, ὅταν ἡ πίεση τοῦ λαδιού λιπάνσεως κατεβεῖ κάτω ἀπό ἓνα κατώτατο ἐπιτρεπόμενο ὅριο, ὁπότε δημιουργεῖται κίνδυνος νά καταστραφεῖ ὁ στρόβιλος, ἢ ὅταν τό κενό τοῦ ψυγείου κατεβεῖ σέ χαμηλά ἐπίπεδα, ὁπότε ἡ λειτουργία τοῦ στρόβιλου γίνεται ἀντικανονική καί ταυτόχρονα ἀντοικονομική.

β) Ρυθμιστές στροφῶν.

Κάθε σύστημα ἢ μηχανισμός ρυθμίσεως τῶν στροφῶν ἀποτελεῖται ἀπό τά ἐξῆς

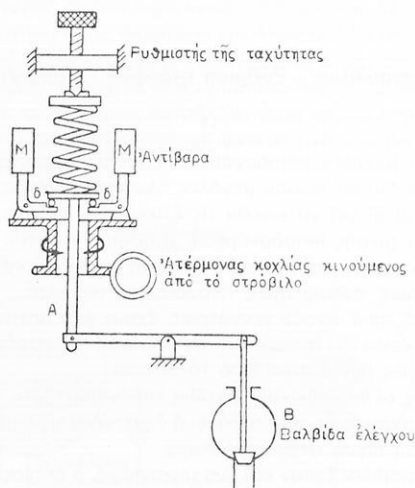
τρία βασικά μέρη:

- α) Τόν κυρίως ρυθμιστή, ο οποίος παίρνει κίνηση από τόν άξονα τής μηχανής.
- β) Τό μηχανισμό ή συνδεσμολογία, μέ τήν όποία ο ρυθμιστής έπιδρά στή βαλβίδα είσαγωγής του άτμου.
- γ) Τήν ίδια τέλος τή βαλβίδα είσαγωγής του άτμου.

Σέ όλους τούς στρόβιλους πάντως πρίν από τό ρυθμιστή ύπάρχει ο χειροκίνητος άτμοφράκτης, από τόν όποιο πρϊωτα θά περάσει ο άτμός. Κατόπιν θά περάσει από τή βαλβίδα του ρυθμιστή καί τελικά θά μπει στό στρόβιλο.

Η μετατόπιση ή τό άνοιγμα καί τό κλείσιμο τής βαλβίδας του άτμου από τό ρυθμιστή γίνεται ή μέ μηχανικό τρόπο, μέ τή βοήθεια μοχλϊών, συνδέσμων κλπ., ή μέ τρόπο ύδραυλικό, δηλαδή μέ τή βοήθεια έλαιοκινητήρα που λειτουργεί μέ λάδι υπό πίεση.

Η άρχή τής λειτουργίας του μηχανικού ρυθμιστή φαίνεται στό σχήμα 5.13α.



Σχ. 5.13α.

Γενικά σέ όλους τούς ρυθμιστές τό κύριο μέρος αποτελείται από δύο αντίβαρα, δηλαδή δύο ίσες μάζες (M) σφαιρικού ή άλλου κατάλληλου σχήματος. Τά αντίβαρα άρθρώνονται στόν άξονίσκο, ο όποιος παίρνει κίνηση από τόν άξονα του στρόβιλου, κατά τρόπο ώστε νά βρίσκονται συμμετρικά τό ένα άπέναντι στό άλλο.

Τά δύο αυτά αντίβαρα κατά τήν κίνηση του στρόβιλου άνοίγουν ή κλείνουν ανάλογα μέ τή φυγόκεντρη δύναμη, ή όποία άναπτύσσεται κατά τήν περιστροφή τους. Η κίνηση των αντίβάρων αυτών μεταδίδεται κατάλληλα στή βαλβίδα ή όποία άνοίγει ή κλείνει ανάλογα, ρυθμίζοντας έτσι τήν ποσότητα του άτμου που παρέχεται στό στρόβιλο.

Έτσι π.χ., όταν ο στρόβιλος φορτωθεί περισσότερο, οι στροφές του πέφτουν,

όποτε τά αντίβαρα κλείνουν ανάλογα. Τό ελατήριο κατόπιν σπρώχνει τό μοχλό (Α) πρὸς τά κάτω καί προκαλεῖ τήν ἀνύψωση τῆς βαλβίδας (Β). Ἐτσι αὐτή παρέχει περισσότερο ἀτμό στό στρόβιλο, μέχρις ὅτου, οἱ στροφές του φθάσουν στόν ἀριθμό πού χρειάζεται τό νέο φορτίο του.

Ἄν πάλι μειωθεῖ τό φορτίο τοῦ στρόβιλου, οἱ στροφές του θά ἀυξηθοῦν καί τά αντίβαρα (Μ) θά ἀνοίξουν. Τότε μέ τούς δακτύλιους (δ) θά ὑπερνικήσουν τήν ἔνταση τοῦ ἐλατηρίου (Ε) καί θά σπρώξουν τό μοχλό (Α) πρὸς τά πάνω, ὥστε ἡ βαλβίδα (Β) νά κλείσει λίγο παρέχοντας ἔτσι λιγότερο ἀτμό στό στρόβιλο, μέχρις ὅτου οἱ στροφές του ξαναγυρίσουν στόν κανονικό ἀριθμό τους.

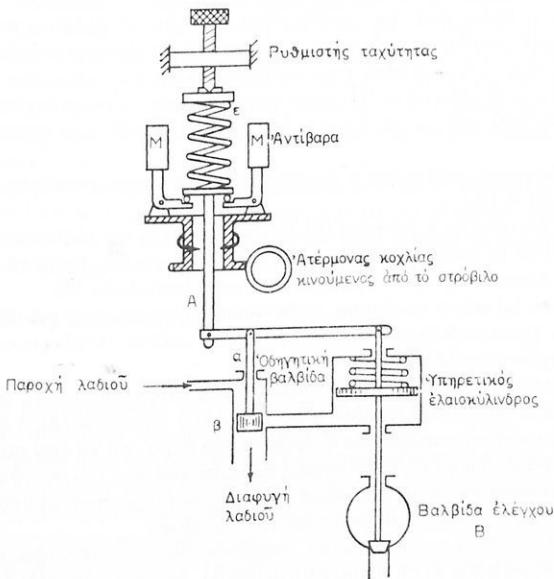
Κατ' αὐτόν τόν τρόπο διατηρεῖται σταθερός ὁ ἀριθμός στροφῶν τοῦ στρόβιλου κατά τίς διάφορες μεταβολές τοῦ φορτίου.

Ρυθμιστές αὐτοῦ τοῦ τύπου χρησιμοποιοῦνται σέ μικροὺς μόνο ἀτμοστρόβιλους μέχρι 200 HP περίπου.

Σέ στρόβιλους μεγάλης ἰσχύος ἡ μετάδοση τῆς κινήσεως ἀπό τό ρυθμιστή πρὸς τή βαλβίδα τοῦ ἀτμοῦ γίνεται μέ τήν ὑδραυλική δύναμη λαδιοῦ πού βρίσκεται ὑπὸ πίεση.

Σ' αὐτούς τό λάδι στέλνεται ἢ ἀπό διακλάδωση τῆς ἀντλίας λιπάνσεως τοῦ στρόβιλου ἢ καί ἀπό ἰδιαίτερη ἀντλία, ἡ ὁποία λειτουργεῖ μόνο γιά τό ρυθμιστή καί ἡ ὁποία κινεῖται ἀπό τό στρόβιλο.

Τό σχῆμα 5.13β παριστάνει τά κυριότερα μέρη ἑνὸς ρυθμιστῆ ἐλαιοδυναμικοῦ τύπου πού λειτουργεῖ μέ λάδι ὑπὸ πίεση.



Σχ. 5.13β.

Ὁ ἄξονας τοῦ στρόβιλου περιστρέφει τὸν ἄξονα (Α) τοῦ ρυθμιστῆ καὶ μαζί μέ αὐτόν τὰ ἀντίβαρα (Μ-Μ). Τά ἀντίβαρα ἀνοίγουν ἢ κλείνουν ὑπερνικώντας τήν ἔνταση τοῦ ἐλατηρίου (ε).

Καθὼς ἀνοίγουν ὅταν αὐξηθοῦν οἱ στροφές, ἀνυψώνεται ὁ ἀξονίσκος (α) καί ἡ βαλβίδα ὀδηγός (β) ἐπιτρέπει τήν ἐξοδο τοῦ λαδιοῦ ἀπό τὸ χῶρο κάτω ἀπὸ τὸ ἔμβολο τοῦ ὑψηρετικοῦ κινητήρα· τὸ ἐλατήριο (Ε) σπρώχνει τότε τὸ ἔμβολο καί τὸ βάκτρο τῆς βαλβίδας (Β) πρὸς τὰ κάτω καί τήν κλείνει. Τά ἀντίστροφα θά συμβοῦν ὅταν οἱ στροφές πέσουν, ὅποτε ἡ βαλβίδα (β) κατεβαίνει, καί ἡ πίεση τοῦ λαδιοῦ ἀνυψώνει τὸ ἔμβολο τοῦ ὑψηρετικοῦ κινητήρα καί ἀνοίγει τὴ βαλβίδα (Β).

Καί οἱ δύο τύποι, μηχανικός καί ἐλαιοδυναμικός, ἔχουν τὸ ρυθμιστικὸ κοχλία (Ρ), μέ τὸν ὁποῖο ρυθμίζομε ἢ ἀλλοιῶς δίνομε τήν ἐντολή στό ρυθμιστῆ γιὰ τὸν ἀριθμὸ στροφῶν τοῦ στρόβιλου ποῦ ἐπιθυμοῦμε.

Ἐκτός ἀπ' αὐτοὺς ὑπάρχουν καί ἡλεκτροϋδραυλικοὶ ρυθμιστές ποῦ συνδυάζουν τὸν ἡλεκτρικὸ καί τὸν ἐλαιοδυναμικὸ ἔλεγχο τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τοῦ στρόβιλου.

γ) Αὐτόματοι διακόπτες ὑπερταχύνσεως.

Ὁ σκοπὸς καί οἱ γενικὲς ἀρχές λειτουργίας τῶν αὐτομάτων διακοπτῶν ὑπερταχύνσεως ἐξηγήθηκαν στὴν παράγραφο 5.13α.

Ἀπὸ τοὺς αὐτομάτους διακόπτες μερικοὶ ἐνεργοῦν στὴν ἴδια βαλβίδα στὴν ὁποία ἐπενεργεῖ καί ὁ ρυθμιστῆς στροφῶν, κλείνοντάς τήν ἀπότομα ὅταν ὑπερταχυνθεῖ ὁ στρόβιλος. Ἄλλοι ὅμως κλείνουν ἀπότομα τὸν ἀτμοφράκτη παροχῆς ἁτμου στό στρόβιλο, ὁ ὁποῖος τοποθετεῖται πρὶν ἀπὸ τὴ βαλβίδα τοῦ ρυθμιστῆ.

Στὴν πρώτη περίπτωσι, ὅταν οἱ στροφές τοῦ στρόβιλου αὐξηθοῦν πέρα ἀπὸ ἓνα ἐπιτρεπόμενον ὄριο, ἡ ὀδηγητικὴ βαλβίδα τοῦ ρυθμιστῆ ἀνυψώνεται τόσο πολὺ ὥστε λάδι ὑπὸ μεγάλῃ πίεσι ἐξέρχεται ἀπότομα πρὸς τὸ χῶρο ἐπιστροφῆς. Ἔτσι ἡ πίεσι τοῦ λαδιοῦ μαζί μέ τήν ἔνταση τοῦ ἐλατηρίου κλείνουν ἀπότομα τὸν ἀτμοφράκτη.

Γιὰ τὴ δεύτερη περίπτωσι ἡ ἐνέργεια τοῦ αὐτομάτου διακόπτη διευκρινίζεται μέ τὸ σχῆμα 5.13γ.

Σ' αὐτὸ διακρίνεται ἡ βαλβίδα (Β) τοῦ ἀτμοφράκτη καί τὸ βάκτρο τῆς (β), τὸ ὁποῖο διαπερνᾷ τὸ πέδιλο (Π) καί καταλήγει σ' ἓνα κομβίον. Μετὰ τὸ βάκτρο (β) ὑπάρχει τὸ βάκτρο (γ), ποῦ καταλήγει στό χειροσφόνδυλο (Χ).

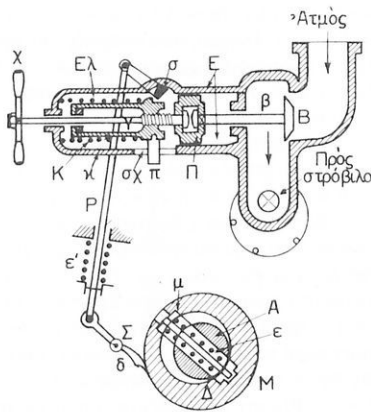
Τὸ βάκτρο (γ) φέρει σπείρωμα, τὸ δέ σῶμα (κ), τὸ ὁποῖο φέρει τὸ θηλυκὸ σπείρωμα, ἔχει ἐξωτερικὰ ἓναν πείρο (π), ὁ ὁποῖος κινεῖται ἐλεύθερα κατὰ μῆκος τῆς σχισμῆς (σχ) τοῦ κυπέλου (Κ).

Τὸ πέδιλο (Π), ὀλισθαίνει κατὰ μῆκος πάνω στὶς εὐθυντηρίες (Ε).

Πάνω στὸν ἄξονα τοῦ στρόβιλου (Α) ὑπάρχει ὁ δακτύλιος (Δ), ὁ ὁποῖος ἐσωτερικὰ ἔχει παράκεντρη τρύπα, ὥστε πρὸς τὸ ἓνα ἄκρο του νά ἔχει πολλὴ μάζα (Μ), καί πρὸς τὸ ἄλλο λίγη (μ). Ἡ ἐξωτερικὴ ὅμως περιφέρεια τοῦ δακτύλιου, ὅταν ὁ ἄξονας περιστρέφεται μέχρι ὀρισμένες στροφές, ρυθμίζεται μέ τὴ βοήθεια τοῦ ἐλατηρίου (ε), ὥστε νά εἶναι ὁμόκεντρος μέ τὸν ἄξονα.

Ὅταν οἱ στροφές τοῦ στρόβιλου ὑπερβοῦν τίς κανονικές, τότε ἡ φυγόκεντρη δύναμη ὑπερνικᾷ τήν ἔνταση τοῦ ἐλατηρίου (ε), ὅποτε ἡ μάζα (Μ) ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν ἄξονα (Α) καί σπρώχνει πρὸς τὰ ἔξω τὸ δακτύλιο (δ).

Δεδομένου τώρα ὅτι τὸ σημεῖο (Σ) εἶναι σταθερὸ, ὁ μοχλὸς (Ρ) ~~θα~~ κινηθεῖ πρὸς



Σχ. 5.13γ.

τά πάνω καί θά περιστρέψει πρὸς τὰ δεξιὰ τὸ ἡμισεληνοειδές (μισοφέγγαρο) ἐξάρτημα (σ). Τότε τὸ ἐλατήριο (Ελ) κλείνει ἀπότομα τὸν ἀτμοφράκτη.

Γιὰ νὰ ἀνοίξομε τὸν ἀτμοφράκτη καί νὰ ὀπλίσομε ὅπως λέμε τὸν αὐτόματο, ὥστε νὰ εἶναι πάλι ἔτοιμος νὰ λειτουργήσῃ, περιστρέφομε τὸ χειροσφόνδυλο (Χ) πρὸς τὰ δεξιὰ. Μὲ τὴν κίνηση αὐτὴ ἔλκεται τὸ σῶμα (κ) πρὸς τὰ ἔξω, πιέζεται τὸ ἐλατήριο (Ελ) καί ὀπλίζεται τὸ ἡμισεληνοειδές ἐξάρτημα (σ). Κατόπιν ἀποκοχλιώνομε περιστρέφοντας πρὸς τὰ ἀριστερά τὸ χειροσφόνδυλο (Χ) καί ἡ βαλβίδα τοῦ ἀτμοφράκτη ἀνοίγει πάλι.

Ἐν τῷ μεταξύ μέ τὸ σταμάτημα τοῦ στρόβιλου ἔπαυσε νὰ ἐνεργεῖ ἡ φυγόκεντρον δύναμη στό δακτύλιο (Δ), ὁ ὁποῖος ξαναγύρισε στὴν ὁμόκεντρον θέσιν του ὡς πρὸς τὸν ἄξονα (Α). Ἔτσι ὁ αὐτόματος διακόπτης εἶναι ἔτοιμος νὰ ἐνεργήσῃ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπο ὅταν τυχόν ὁ στρόβιλος ὑπερταχυνθεῖ πάλι.

5.14 Ζυγοστάθμιση τῶν στροβίλων.

α) Γενικά.

Τὰ στροφεῖα τῶν στροβίλων θά ἔπρεπε, ἐπειδὴ εἶναι συμμετρικά ὡς πρὸς τὸν ἄξονα, νὰ ἔχουν ἀπολύτως ὁμοιόμορφη κατανομὴ βαρῶν.

Ἐν τούτοις σχεδὸν ποτὲ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτευχθεῖ αὐτὸ ἀμέσως κατὰ τὴν κατασκευὴ τοῦ στροφείου· αὐτὸ ὀφείλεται στὴν ἀνομοιογένεια τῆς μάζας τοῦ στίς ἀτέλειες κατὰ τὴν κατασκευὰ του, καί τὰ διαφορετικῆς φύσεως ὑλικά, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν κατασκευὴ του.

Ἡ ὑπαρξὴ βαρῶν πού εἶναι κατανεμημένα ἀνομοιόμορφα προκαλεῖ κατὰ τὴν περιστροφὴ τῶν στροβίλων ὑπερβολικὲς φυγόκεντρος δυνάμεις καί ζεύγη δυνάμεων, πού προκαλοῦν, δονήσεις ἢ κραδασμούς τοῦ στροφείου μέ μεγάλη ἔνταση καί σέ ἐπικίνδυνο βαθμὸ μερικές φορές.

Γιαυτό όλα τὰ στροφεῖα μετὰ τὴν πρώτη κατασκευή τους στὸ ἐργοστάσιο ὑποβάλλονται σὲ μία εἰδική δοκιμὴ ἢ ἐλεγχο, πού ὀνομάζεται **ζυγοστάθμιση**, μέ τὴν ὁποία ἐξουδετερώνονται τὰ ἀνομοιόμορφα κατανεμημένα βάρη.

Ἡ ζυγοστάθμιση διακρίνεται σὲ **στατική** καί **δυναμική**.

Ἡ στατική ζυγοστάθμιση γίνεται μέ τὴν προϋπόθεση ὅτι ὅλες οἱ φυγόκεντρες δυνάμεις, πού ἀναπτύσσονται κατὰ τὴν περιστροφή τοῦ στροφεῖου ἐξ αἰτίας τῶν ἀνομοιόμορφα κατανεμημένων, βαρῶν, βρίσκονται σὲ ἓνα ἐπίπεδο κάθετο στὸν ἄξονα σκοπὸς τῆς εἶναι νὰ ἀντισταθμίσει ἢ νὰ ἐξουδετερώσει αὐτές τῖς δυνάμεις.

Ἡ δυναμική γίνεται ὅταν οἱ δυνάμεις βρίσκονται σὲ διάφορα ἐπίπεδα κάθετα πρὸς τὸν ἄξονα, μέ συνέπεια νὰ δημιουργοῦνται καί ζεύγη ἀνατροπῆς τοῦ ἄξονα τοῦ στροφεῖου κατὰ τὴ λειτουργία του.

Ἡ δυναμική ζυγοστάθμιση εἶναι τελειότερη ἐργασία καί περιλαμβάνει καί τὴν στατική. Δηλαδή συχνὰ στροφεῖα, στὰ ὁποῖα ἐγινε μόνο στατική ζυγοστάθμιση ἐμφανίζουν κατὰ τὴν περιστροφή τους σοβαρὲς δονήσεις, πράγμα πού δέν συμβαίνει σὲ στροφεῖα, πού τοὺς ἐγινε δυναμική ζυγοστάθμιση.

Γιαυτό ἡ στατική ζυγοστάθμιση ἐφαρμόζεται μόνο σὲ στροφεῖα πολὺ μικροῦ μήκους, ὅπως οἱ τροχοὶ δράσεως Curtis τῶν μικρῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων, ὁπότε οἱ τυχόν φυγόκεντρες δυνάμεις βρίσκονται πρακτικὰ σχεδόν στὸ ἴδιο κάθετο ἐπίπεδο ὡς πρὸς τὸν ἄξονα. Σὲ στροφεῖα ὅμως μεγαλύτερου μήκους ἐκτελεῖται ἀπαραίτητα ἡ δυναμική ζυγοστάθμιση.

Καί οἱ δύο αὐτές ἐργασίες ἐκτελοῦνται κατ' ἀρχὴν στὸ ἐργοστάσιο τοῦ κατασκευαστῆ μέ εἰδικές συσκευές, τῖς ὁποῖες θὰ περιγράψομε σὲ γενικὲς γραμμὲς παρακάτω. Ἐκτελοῦνται ὅμως ἐπίσης καί σὲ ἐργοστάσια, τὰ ὁποῖα κάνουν ἐπιθεωρήσεις καί ἐπισκευές στροβίλων, ὡς π.χ. τὰ μεγάλα Ναυπηγεῖα ἢ οἱ μεγάλοι σταθμοὶ παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, πού χρησιμοποιοῦν πολλοὺς στρόβιλους καί διαθέτουν τὰ κατάλληλα μηχανήματα γιὰ τὴν ἐκτέλεση καί τῆς στατικῆς, ἀλλὰ κυρίως τῆς δυναμικῆς ζυγοσταθμίσεως.

β) Ἡ στατική ζυγοστάθμιση.

Ὑπάρχουν διάφορες συσκευές γιὰ τὴ στατική ζυγοστάθμιση.

Στῇ συσκευῇ τοῦ σχήματος 5.14α τὰ σημεία, στὰ ὁποῖα στηρίζεται ὁ ἄξονας, εἶναι κατακόρυφες αἰχμηρὲς λάμες ἀπὸ λεῖο καί σκληρὸ χάλυβα μέ ὀριζόντιες ἀκμές.

Στῇ συσκευῇ ἐξ ἄλλου τοῦ σχήματος 5.14β ὁ ἄξονας στηρίζεται πάνω σὲ κατάλληλους κύλινδρους, οἱ ὁποῖοι περιστρέφονται ἐλεύθερα μέ τὴ βοήθεια ἐσωτερικῶν ἐνσφαιροτριβῶν.

Ἐάν κατὰ τὴν τοποθέτηση τοῦ στροφεῖου στῇ συσκευῇ τὸ κέντρο βάρους τοῦ στροφεῖου δέν βρίσκεται πάνω στὸ γεωμετρικὸ ἄξονα τῆς συμμετρίας του, τότε τὸ στροφεῖο θὰ περιστραφεῖ μόνο του, ὥστε τὸ κέντρο βάρους του νὰ ἔλθει ἀκριβῶς πρὸς τὰ κάτω.

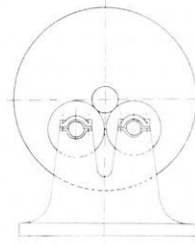
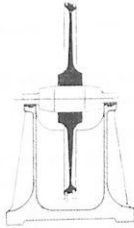
Ἐάν τώρα στὸ πάνω μέρος τοῦ στροφεῖου στερεώσομε ἓνα κομμάτι στόκο, ὡς δοκιμαστικὸ βάρος, τότε μπορούμε αὐξομειώνοντας τὸ βάρος τοῦ στόκου νὰ ἐπιτύχομε, ὥστε τὸ στροφεῖο νὰ ἰσορροπεῖ σὲ ὁποιαδήποτε θέση καί ἂν τὸ περιστρέψομε.

Ὅταν ἐπιτύχομε αὐτό, τότε ἡ τοποθετοῦμε μόνιμο βάρος στὸ στροφεῖο ἴσο πρὸς τὸ βάρος τοῦ στόκου στῇ θέσῃ ἀκριβῶς ὅπου βρισκόταν ὁ στόκος. Προτιμώ-

τερο όμως είναι να αφαιρέσουμε υλικό από τον τροχό τόσο βάρους όσο το βάρος του στόκου, πού είχαμε επικολλήσει προηγουμένως. Η αφαίρεση αυτή του υλικού γίνεται όμως από σημείο ακριβώς **αντιδιαμετρικό** από το σημείο, όπου είχε επικολληθεί ο στόκος.



Σχ. 5.14α.

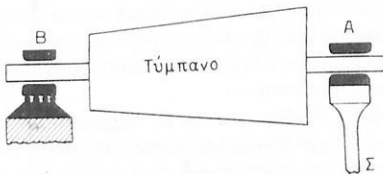


Σχ. 5.14β.

γ) Η δυναμική ζυγοστάθμιση.

Τό σχήμα 5.14γ παριστάνει τή διάταξη δυναμικής ζυγοσταθμίσεως. Μέ αυτήν προσδιορίζομε σέ δύο βασικά επίπεδα αναφοράς (δηλαδή στά επίπεδα τής έμπρός καί πίσω όψεως του στροφείου) τά σημεία, όπου πρέπει νά τοποθετηθούν ή νά αφαιρεθούν βάρη, ώστε νά εξαφανισθούν τά μή ζυγοσταθμισμένα ζεύγη.

Στό σχήμα αυτό τό ένα έδρανο (Α) του μηχανήματος είναι σταθερό, αλλά έπειδή είναι στερεωμένο πάνω σέ κατακόρυφο εύλύγιστο στέλεχος (Σ), μπορεί νά μετακινείται έλαφρά κατά τό όριζόντιο επίπεδο. Τό άλλο έδρανο (Β) στηρίζεται σέ σφαίρες καί μπορεί καί αυτό έπειδή στερεώνεται, μέ πλευρικά έλατήρια ρυθμιζόμενης έντάσεως, νά μετατοπισθεί δεξιά - άριστερά κατά τήν έννοια του όριζόντιου επιπέδου.



Σχ. 5.14γ.

Γιά νά γίνει ή ζυγοστάθμιση, στρέφομε τό στροφέιο άρχικά μέ ήλεκτροκινητήρα μέσω ιμάντα μέ αριθμό στροφών ίσο πρós τό $\frac{1}{4}$ περίπου του μέγιστου αριθμού στροφών λειτουργίας του στρόβιλου. Κατόπιν αφαιρούμε τόν ιμάντα, χαλαρώνομε τά έλατήρια του μπροστινού έδράνου καί τό στροφέιο περιστρέφεται έτσι μόνο του καί δονείται δεξιά - άριστερά παρασύροντας καί τό έδρανο.

Πλησιάζομε τότε στή μπροστινή επιφάνεια του στροφείου, τήν όποία έχομε

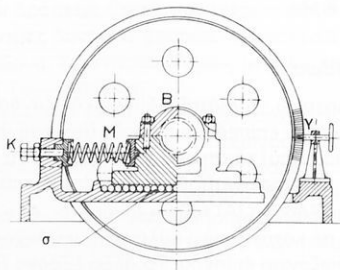
προηγούμενως επαλείφει με άσβέστη, μία γραφίδα και καταγράφουμε κατ' αυτόν τον τρόπο πάνω στην έπιφάνεια τόξα, τό μέσο των οποίων προσδιορίζει την κατεύθυνση της αποκλίσεως του έδράνου.

Σταματάμε κατόπιν τό στροφεΐο, τοποθετούμε δοκιμαστικά ένα βάρος στο μπροστινό επίπεδο και σέ θέση αντίδιαμετρική του μέσου των τόξων και έπαναλαμβάνουμε τή δοκιμή, μέχρις ότου μετά δύο ή τρείς δοκιμές έπιτύχουμε τό μηδενισμό της αποκλίσεως.

Η ίδια εργασία έπαναλαμβάνεται, άφου τό στροφεΐο τοποθετηθεί μέ τό πίσω άκρο στο μπροστινό έδρανο.

Στίς περισσότερες περιπτώσεις είναι προτιμότερο, όπως και στή στατική ζυγοστάθμιση, αντί νά προσθέτομε τό άναγκαΐο βάρος, νά αφαιρούμε ύλικό ίσου βάρους από σημείο ακριβώς **αντίδιαμετρικό**.

Στό σχήμα 5.14δ φαίνεται ή διάταξη του μπροστινού έδράνου (B). Διακρίνονται οί σφαΐρες έδράσεως (σ), τό έλατήριο (M), μέ τό όποιο ρυθμίζουμε τήν ένταση της πλευρικής κινήσεως του έδράνου, οί ρυθμιστικοί κοχλίες της έντάσεώς του (K) και ή γραφίδα (γ).



Σχ. 5.14δ.

Η δυναμική ζυγοστάθμιση των στροφείων μεταβάλλεται μετά από μεγάλη λειτουργία του στρόβιλου από διάφορα αίτια, όπως π.χ. οί φθορές των πτερυγίων, οί διαβρώσεις του στροφεΐου και των άλλων κινητών μερών από τήν ύγρασία του άτμοϋ, οί πιθανές στρεβλώσεις λόγω κακής προθερμάνσεως ή υπερθερμάνσεως και άλλες μέ μικρότερη σημασία.

Γιαυτό κάθε στροφεΐο, ανεξάρτητα του άν παρουσιάζει κραδασμούς ή όχι, πρέπει νά υποβάλλεται σέ έλεγχο δυναμικής ζυγοσταθμίσεως τουλάχιστο κάθε 4 χρόνια και έκτάκτως όταν τό θεωρήσει άναγκαΐο ό υπεύθυνος μηχανικός της έγκαταστάσεως.

δ) Ο κρίσιμος αριθμός στροφών του στρόβιλου.

Σέ όριζόντιο στροφεΐο άκίνητο πού στηρίζεται στους δύο άκραίους τριβείς του, θεωρούμε έκ πρώτης όψεως τουλάχιστο ότι τό κέντρο βάρους του βρίσκεται πάνω στον άξονα συμμετρίας.

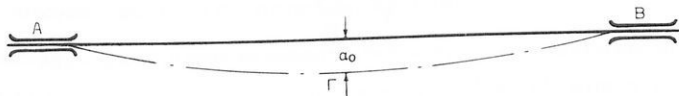
Στήν πραγματικότητα όμως τό στροφεΐο αυτό είναι μία όριζόντια δοκός πακτωμένη στα δύο άκρα μέ άνομοιόμορφα φορτία. Η δοκός αυτή παρουσιάζει λόγω της

ελαστικότητας του υλικού της ένα μικρό βέλος κάμψεως (α_0), ώστε ο πραγματικός άξονας του τροφείου (ΑΓΒ) να παρουσιάζει μικρή καμπυλότητα και να διαφέρει από τον ιδεατό του άξονα (ΑΒ), ο οποίος είναι ευθύς και οριζόντιος.

Τό σχήμα 5.14ε παριστάνει σε εξαρση προφανώς, την καμπυλότητα του πραγματικού άξονα.

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

Οι έσωτερικές ελαστικές δυνάμεις του υλικού του άξονα άντιστέκονται στίς φυγόκεντρες δυνάμεις, πού τόν καταπονούν, ώστε σε όρισμένο κάθε φορά άριθμό στροφών του τροφείου να έπέρχεται ίσορροπία μεταξύ τους.



Σχ. 5.14ε.

Έάν όμως ή ταχύτητα περιστροφής του άξονα, δηλαδή ή γωνιακή ταχύτητά του (ω) αυξάνει συνεχώς, φθάνει μία στιγμή, κατά την οποία τό βέλος κάμψεως γίνεται άπειρο. Τότε άκριβώς σπάει ο άξονας γιατί οι καταπονήσεις του υλικού από τή φυγόκεντρη δύναμη γίνονται μεγαλύτερες από τίς έσωτερικές ελαστικές δυνάμεις του, οι όποιες και άντιστέκονται στίς φυγόκεντρες καταπονήσεις.

Τόν άριθμό στροφών, στόν όποιο θραύεται ο άξονας τόν καλούμε **κρίσιμο άριθμό στροφών του τροφείου**, και τήν άντίστοιχη γωνιακή ταχύτητά του **κρίσιμη γωνιακή ταχύτητα**.

Έάν σύμφωνα μ' αυτά όνομάσομε : F τή δύναμη, ή όποία προκαλεί κάμψη του άξονα 1 cm, W τό βάρος του τροφείου, m τή μάζα του τροφείου α_0 τό στατικό βέλος κάμψεως, α τό βέλος πού κάθε φορά είναι πέρα από τό στατικό, n τόν άριθμό στροφών στό λεπτό και ω τή γωνιακή ταχύτητα, ή ό-

ποία θά είναι $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ τότε θά πρέπει νά έχομε:

$$F \cdot \alpha = m (\alpha + \alpha_0) \omega^2 \quad \text{και}$$

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{\frac{F}{m\omega^2} - 1} \quad (1)$$

Άπ' αυτό καταλαβαίνομε ότι, όταν ο παράγοντας $\frac{F}{m\omega^2}$ γίνει ίσος με τή μονάδα, τότε ο παρονο-

μαστής του κλάσματος γίνεται μηδέν, όποτε τό βέλος α γίνεται άπειρο και έπομένως ο άξονας θραύεται.

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

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

έπεται ότι η κρίσιμη γωνιακή ταχύτητα βρίσκεται από τον τύπο:

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

καί επειδή η μάζα είναι $\frac{W}{g}$, όπου g η επιτάχυνση της γήινης βαρύτητας ίση προς 9,81 m/s, θα έχουμε ότι:

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

Από τον τύπο αυτό βρίσκουμε τον κρίσιμο αριθμό στροφών του άξονα n_k , δεδομένου ότι

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30}$$

Θα έχουμε δηλαδή:

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

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

Επειδή όμως το στροφέιο λόγω του βάρους του W υφίσταται ένα αρχικό βέλος κάμψεως α_0 , καθορίσαμε δε ότι F είναι η δύναμη που προκαλεί κάμψη αρχικού βέλους 1 cm, έπεται ότι το βάρος W θα είναι:

$$W = F \cdot \alpha_0$$

οπότε ο τύπος (3) παίρνει τη μορφή:

$$\begin{aligned} n_k &= 300 \sqrt{\frac{F}{F\alpha_0}} \text{ ή πιο απλά:} \\ n_k &= 300 \sqrt{\frac{1}{\alpha_0}} \end{aligned} \quad (4)$$

Με τον τελευταίο αυτό τύπο μπορούμε απλούστατα να βρούμε τον κρίσιμο αριθμό στροφών του στροφείου, αν γνωρίζουμε το αρχικό βέλος κάμψεώς του α_0 .

Έτσι, αν π.χ. με υπολογισμό βρούμε $\alpha_0 = 0,002$ cm, τότε θα έχουμε:

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

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 αντίστοιχως αρνητική τιμή δηλαδή το κέντρο βάρους του στροφείου μετατίθεται σε μία θέση μεταξύ ιδεατού άξονα καί πραγματικού.

Αυτό έχει τό εξής πρακτικό νόημα: άν κατά τήν περιστροφή τοῦ στροφεῖου κατορθώσομε νά ξεπεράσομε τήν κρίσιμη ταχύτητα ἢ τόν κρίσιμο ἀριθμό περιστροφῶν τοῦ στροφεῖου, χωρίς νά σπάσει ὁ ἄξονας (τοποθετώντας π.χ. ἓνα ἐνδιάμεσο τριβεῖ), τότε ἀπομακρυνόμαστε ἀπό τόν κίνδυνο νά σπάσει.

Κρίσιμο ἀριθμό στροφῶν ἔχουν ὅλα τά στροφεῖα, καί τόν λαμβάνουν ὑπ' ὄψη τους οἱ κατασκευαστές κατά τόν ὑπολογισμό καί συνήθως ἀναφέρεται ἰδιαιτέρως γιά κάθε μηχανήμα.

Συνήθως ὀρισμένα μικρά καί πολύστροφα μηχανήματα ἔχουν κρίσιμο ἀριθμό στροφῶν κατά 25% μικρότερο ἀπό τόν ἀριθμό στροφῶν τῆς κανονικῆς λειτουργίας τους. Σ' αὐτά πρέπει κατά τήν ἐκκίνηση καί τό σταμάτημα νά φροντίζομε ὥστε τό στροφεῖο νά περνᾷ γρήγορα ἀπό τό ἐπικίνδυνο σημεῖο τοῦ κρίσιμου ἀριθμοῦ στροφῶν.

5.15 Λίπανση - ψύξη, καί συντήρηση ἀτμοστροβίλων.

α) Λίπανση.

Ἡ λίπανση τοῦ στρόβιλου εἶναι μία ἀπαραίτητη βοηθητική λειτουργία καί ἔχει προορισμό νά παρεμβάλλει ἓνα λεπτό στρώμα λαδιοῦ μεταξὺ τῶν διαφόρων ἐπιφανειῶν τοῦ στρόβιλου πού κατά τή λειτουργία του τρίβονται μεταξὺ τους.

Σκοπός τῆς λιπάνσεως εἶναι ἡ ἐλάττωση τῆς τριβῆς, πού ἀναπτύσσεται, σέ ἐπιτρεπόμενα ὅρια.

Στήν παλινδρομική μηχανή, τή λίπανση τή διακρίνομε σέ ἐσωτερική, ἡ ὁποία ἀφορᾷ τά μέρη, πού ἔρχονται σέ ἐπαφή μέ τόν ἀτμό, καί ἐξωτερική, ἡ ὁποία ἀφορᾷ τά ἐξωτερικά μέρη, πού δέν ἔρχονται σέ ἐπαφή μ' αὐτόν.

Στό στρόβιλο ἔχομε μόνο **ἐξωτερική λίπανση** γιατί τά ἐσωτερικά μέρη του, πτερύγια κλπ., δέν ἔρχονται σέ καμιά ἐπαφή μεταξὺ τους. Ἔτσι ἡ λίπανση ἀφορᾷ γενικότερα τούς **τριβεῖς, ἐλαστικούς συνδέσμους, μειωτήρες στροφῶν καί τριβεῖς τοῦ ἄξονα** καί γίνεται μέ κυκλοφορία λαδιοῦ ὑπό πίεση σέ κλειστό δίκτυο.

Ἡ **ἀντλία λαδιοῦ** λιπάνσεως ἀναρροφᾷ τό λάδι ἀπό τήν ἐλαιολεκάνη ἢ τή δεξαμενή λαδιοῦ τό καταθλίβει μέ πίεση 2 kp/cm² περίπου πρὸς τόν **ψυκτήρα λαδιοῦ**, ὅπου ψύχεται, καί κατόπιν τό καταθλίβει πρὸς τούς τριβεῖς ἐδράσεως καί ὤσεως, τούς μειωτήρες κλπ. Ἐκεῖ τό λάδι θερμαίνεται ἀπό τήν τριβή αὐτῶν τῶν μερῶν καί ξαναυρῖζει στήν ἐλαιολεκάνη, γιά νά ὑποβληθεῖ πάλι στήν ἴδια διαδικασία, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **τεχνητῇ ἢ ἀναγκαστικῇ κυκλοφορίᾳ**.

Στό δίκτυο λιπάνσεως παρεμβάλλεται ὁ λεγόμενος φυγοκεντρικός **διαχωριστής** ἐλαίου, τύπου συνήθως de Laval, ὁ ὁποῖος μέ φυγοκέντρωση καθαρίζει τό λάδι ἀπό τό νερό καί τίς ἀκαθαρσίες, πού ἴσως ἔχουν ἀναμιχθεῖ μέ αὐτό.

Σέ καίρια σημεία τοῦ δικτύου παρεμβάλλονται **φίλτρα λαδιοῦ**, γιά νά κατακρατοῦν τίς ἀκαθαρσίες, τά ὁποῖα καθαρίζονται κατά διαστήματα. Τοποθετοῦνται ἐπίσης **θλιβόμετρα** καί **θερμόμετρα** παρακολουθήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ λαδιοῦ. Τέλος στίς σωληνώσεις ἐπιστροφῆς τοῦ λαδιοῦ, δηλαδή κατά τήν ἐξοδὸ του ἀπό τά λιπαίνόμενα μέρη (τούς τριβεῖς, μειωτήρες κλπ.) τοποθετοῦνται εἰδικοί γυάλινοι **ἐλαιοδείκτες** καί **ἐπαληθευτικοὶ κρουνοί** μέ τούς ὁποίους μπορούμε νά ἐλέγχομε τή ροή τοῦ λαδιοῦ.

Ἡ λίπανση ἀποτελεῖ ἀπαραίτητο συντελεστή ἀσφάλειας γιά τό στρόβιλο. Ἄν τυχόν διακοπῇ χωρὶς νά γίνει ἀντιληπτό ἔγκαιρα, μπορεῖ νά καταστραφοῦν τό μέ-

ταλλα αντίτριβης των τριβένων, όποτε λόγω πτώσεως ή μετακινήσεως του στροφέιου υπάρχει κίνδυνος νά καταστραφούν έντελώς οι πτερυγώσεις.

Γιαυτό υπάρχει πάντοτε όλόκληρο σύστημα ασφάλειας μέ κουδούνια καί λαμπήρες προειδοποιητικούς, τό όποιο μπαίνει σέ ένέργεια, όταν παρουσιασθεΐ πτώση τής πίεσεως του λαδιου καί προειδοποιεΐ τό μηχανικό.

Σέ άλλο σύστημα ή πώση τής πίεσεως του λαδιου βάζει σέ λειτουργία τόν αυτόματο διακόπτη παροχής ατμου προς τό στρόβιλο καί έτσι ό στρόβιλος σταματά, πριν πάθει καμμία σοβαρή ζημιά.

Τά λάδια που χρησιμοποιούνται γιά τή λίπανση των στροβίλων είναι άριστης ποιότητας ουδέτερα όρυκτέλεια, είδικών αύστηρων προδιαγραφών, τά όποια όνομάζονται **στροβιλέλεια** ή καί **τουρμπινέλεια**.

β) Ή ψύξη στις έγκαταστάσεις των στροβίλων.

Ή ψύξη στις έγκαταστάσεις των στροβίλων είναι άναγκαΐα καί βασική λειτουργία. Έπιτυγχάνεται μέ κυκλοφορία ψυχρου νερου μέσω των διαφόρων ψυγείων καί ψυκτήρων τής έγκαταστάσεως.

Υπάρχουν βασικά δύο συστήματα ψύξεως, τό **άνοικτοϋ κυκλώματος** καί τό **κλειστοϋ κυκλώματος**.

— Στο άνοικτό κύκλωμα ή άντλία κυκλοφορίας άναρροφά νερό από τή θάλασσα, από ποτάμι ή από λίμνη καί τό καταθλίβει προς τά ψυγεία, όπου ψύχει τς έξατμίσεις καί τό λάδι λιπάνσεως. Κατόπιν καταθλίβεται έξω από τήν έγκατάσταση καί ξαναγυρίζει στη θάλασσα, τή λίμνη ή τό ποτάμι.

Τό σύστημα αυτό είναι άπλό καί εφαρμόζεται κατά κανόνα στις έγκαταστάσεις πλοίων. Στις έγκαταστάσεις ξηρās εφαρμόζεται, μόνο όταν είναι έγκαταστημένες στις όχθες λιμνών ή ποταμιών ή κοντά στις άκτές τής θάλασσας.

Μόνο μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι κατά τήν κυκλοφορία του φυσικου νερου ψύξεως μέσω των ψυγείων δημιουργούνται έναποθέσεις στους αϋλούς, οι όποιες έφ' όσον χρησιμοποιεΐται συνεχώς καινούργιο νερό, αύξάνονται καί έτσι είναι άπαραΐτητος ό περιοδικός καθαρισμός των ψυγείων.

— Στο κλειστό σύστημα χρησιμοποιεΐται ως μέσο ψύξεως νερό που έχει ύποστει έπεξεργασία καί έχει άπαλλαγεί από ξένες ύλες. Αυτό άφου χρησιμοποιηθεΐ γιά τήν ψύξη μέσα στα ψυγεία καί στους ψυκτήρες, συγκεντρώνεται μέ σωλήνες καί οδηγείται στους **υδατόπυργους ψύξεως** ή τς **υδατοδεξαμενές στάθμης**, όπου ψύχεται τό ίδιο. Έκει ως μέσο γιά τήν άφαίρεση τής θερμότητας χρησιμοποιεΐται ό αέρας. Άφου τό νερό ψυχθεΐ στον υδατόπυργο, ξανακυκλοφορεΐ πάλι σέ κλειστό κύκλωμα διά μέσου των ψυγείων ψυκτήρων κλπ. τής έγκαταστάσεως κατά συνεχή τρόπο, ένόσω ή έγκατάσταση βρίσκεται σέ λειτουργία.

Τό σύστημα αυτό χρησιμοποιεΐται σέ έγκαταστάσεις ξηρās μόνο καί άπαραΐτητα, όταν βρίσκονται σέ περιοχές, όπου δέν υπάρχουν μεγάλες ποσότητες φυσικου νερου.

Πλεονέκτημα του κλειστοϋ συστήματος είναι ότι τά ψυγεία καί οι ψυκτήρες συντηρούνται καλύτερα καί δέν υπάρχει άνάγκη συχνου περιοδικου καθαρισμου τους.

γ) Συντήρηση τῶν ἀτμοστροβίλων.

Ὁ ὅρος **συντήρηση** περιλαμβάνει τὴν ἐκτέλεση ὀρισμένων ἀπαραιτήτων ἐργασιῶν ἐλέγχων καὶ ἐπιθεωρήσεων τοῦ στρόβιλου, πού ἔχουν σκοπὸ τὴ διατήρησίν του σὲ κατάστασι ἀσφαλοῦς καὶ ἀποδοτικῆς λειτουργίας.

Γιὰ τὴ μεθοδικὴ ἐκτέλεσι τῶν ἐργασιῶν αὐτῶν ἔχουν καθορισθεῖ χρονικά ὅρια, μέσα στὰ ὁποῖα πρέπει νὰ ἐκτελοῦνται.

Τὰ χρονικά ὅμως αὐτά ὅρια εἶναι ἐνδεικτικά μόνο καὶ μπορεῖ νὰ μεταβάλλονται. Ἐξαρτῶνται δηλαδή ἀπὸ τὴ συμπεριφορὰ τοῦ ὑλικοῦ κατὰ τὴ λειτουργία καὶ ἀπὸ τὶς γενικὲς συνθηκὲς χρησιμοποίησεως καὶ τὶς ἀνάγκες ἐκμεταλλεύσεως τοῦ στρόβιλου. Σὲ περιπτώσεις ὅμως **ἀμφιβολιῶν** ἢ κάποιας ἀνωμαλίας ἢ ἐπιθεώρηση πρέπει νὰ εἶναι ἄμεση.

Οἱ ὁδηγίες πού δίνονται παρακάτω σὲ γενικὲς γραμμὲς ἀποτελοῦν ἕναν καλὸ ὁδηγὸ γιὰ τὴν ικανοποιητικὴ συντήρησι τοῦ στρόβιλου. Γενικά ὅμως, οἱ λεπτομερεῖς ὁδηγίες τοῦ κατασκευαστῆ πρέπει νὰ ἀκολουθοῦνται μὲ σχολαστικὴ ἀκρίβεια ἀπὸ τὸν ὑπεύθυνο μηχανικὸ καὶ τὸ προσωπικὸ τῆς ἐγκαταστάσεως.

Οἱ ὁδηγίες κατατάσσονται σύμφωνα μὲ τὰ κανονικά χρονικά διαστήματα, πού πρέπει νὰ ἐκτελοῦνται οἱ διάφορες ἐργασίες. Ὅλες οἱ παρακάτω ἐργασίες ἐκτελοῦνται μὲ τὴν προϋπόθεσι ὅτι ὁ στρόβιλος ἀκίνητῃ.

α) **Καθημερινά.** Στρέψη τοῦ στρόβιλου ἐπὶ 15 λεπτά μὲ τὸν ἠλεκτροκίνητο ἢ χειροκίνητο κρίκο στρέψεως.

Κατὰ τὴ στρέψη αὐτὴ τίθεται σὲ λειτουργία ἡ ἀντλία λιπάνσεως καὶ ὁ φυγοκεντρικὸς διαχωριστὴς λαδιοῦ.

β) **Ἑβδομαδιαία.** Λίπανσι ἀρθρώσεων διακοπτῶν καὶ συσκευῶν. Ἐλεγχος καὶ χειρισμὸς τῶν διαφόρων χειριστηρίων ἐπιστομίων καὶ διακοπτῶν.

γ) **Κάθε τρίμηνο.** Ἐπιθεώρησι φίλτρων ἀτμαγωγῶν σωλήνων. Ἐπιθεώρησι κοχλιῶν συνδέσεως τοῦ κελύφους. Ἐπιθεώρησι τῶν πετραγῶσεων τοῦ στρόβιλου καὶ ἰδιαίτερα τῶν τελευταίων σειρῶν του. Ἐκεῖ, ἐπειδὴ τὸ ποσοστὸ ὑγρασίας τοῦ ἀτμοῦ εἶναι μεγάλο καὶ τὰ πτερύγια ἐπίσης ἔχουν μεγάλο ὕψος ὑπάρχει πιθανότητα διαβρώσεων καὶ χαλαρώσεων. Ἡ ἐπιθεώρησι γίνεται ἀπὸ τὶς εἰδικὲς θυρίδες πού ὑπάρχουν στὸ κέλυφος. Ἐπιθεώρησι τῶν κυρίων τριβῶν καὶ μέτρησι διακένων.

δ) **Κάθε ἐξάμηνο.** Ἐπιθεώρησι τῶν ἀκραίων συσκευῶν στεγανότητος λαβυρίνθων καὶ ἀνθρακοπαρεμβυσμάτων. Ἐπιθεώρησι τῶν ὀδοντώσεων τῶν μειωτήρων ἀπὸ τὶς εἰδικὲς θυρίδες, οἱ ὁποῖες ὑπάρχουν στὸ κιβώτιο τῶν μειωτήρων.

ε) **Κάθε χρόνο.** Ἐλεγχος τῆς καλῆς καταστάσεως τῶν προστομίων λιπάνσεως καὶ τῶν ὀδοντωτῶν τροχῶν τῶν μειωτήρων. Ἐπιθεώρησι τῶν πεδίων ὀλισθήσεως. Ἐκτέλεσι δοκιμῆς τῆς κανονικῆς λειτουργίας τῶν αὐτομάτων διακοπτῶν ὑπερταχύνσεως τῶν μηχανημάτων. Ἡ δοκιμὴ αὐτὴ γίνεται ὅταν ἡ ἐγκατάστασι βρῖσκεται ὑπ' ἀτμόν, ὅποτε ὑπερταχύνεται ἄφορτο τὸ μηχανήμα καὶ ἐλέγχεται ἡ κανονικὴ ἐπέμβασι τοῦ αὐτόματου ὑπερταχύνσεως.

στ) **Κάθε δύο χρόνια.** Ἀνύψωσι τοῦ πάνω ἡμικελύφους τοῦ κιβωτίου τῶν μειωτήρων. Γενικὴ ἐπιθεώρησι αὐτῶν. Ἐλεγχος γιὰ τυχόν ὑπαρξὴ εὐλογιάσεων ἢ γενικὰ ἄλλων φθορῶν στὰ δόντια τῶν τροχῶν. Λύσιμο καὶ ἐπιθεώρησι τοῦ ἐλαστικοῦ σύνδεσμου καὶ διαπίστωσι τῆς καλῆς λιπάνσεώς του.

ζ) **Κάθε 4 χρόνια.** Ανύψωση του πάνω ήμικελύφους του στρόβιλου και του στροφέιου του. Γενική επιθεώρηση του έσωτερικού του στρόβιλου. Άπευθείας μέτρηση των άκτινικών και άξονικών διακένων των πτερυγώσεων.

Είναι φανερό ότι, εκτελώντας τις αντίστοιχες εργασίες κατά μία από τις χρονικές αυτές περιόδους, θα εκτελούμε ταυτόχρονα και εκείνες, που προβλέπονται για όλες τις προηγούμενες απ' αυτή χρονικές υποδιαιρέσεις.

5.16 Άπώλειες και απόδοση των άτμοστροβίλων - Μαθηματικοί τύποι - Έφαρμογές.

α) Γενικά περί άπωλειών.

Κατά τη λειτουργία των άτμοστροβίλων, παρουσιάζονται όρισμένες άπώλειες. Οι άπώλειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τό έργο που άποδίδει τελικά ό άξονας νά είναι πολύ μικρότερο από εκείνο, που προσφέρει στό στρόβιλο ό άτμός.

β) Περιγραφή των άπωλειών.

1) Βασικές θεωρητικές άπώλειες του άτμοστροβίλου που όφείλονται στην έφαρμογή του Β' Θερμοδυναμικού Νόμου.

Οι άπώλειες αυτές καθορίζονται από τό Β' Θερμοδυναμικό Νόμο. Αυτός όρίζει ότι εξαρτώνται από την **πίεση** και τη **θερμοκρασία**, που έχει ό άτμός, μέ τόν όποιο τροφοδοτούμε τό στρόβιλο, και από τό **κενό**, που έπικρατεί στό ψυγείο. Όσο δηλαδή ύψηλότερη είναι ή πίεση και ή θερμοκρασία του άτμου και όσο μεγαλύτερο είναι τό κενό του ψυγείου, τόσο μικρότερες θά είναι και οι άπώλειες της θεωρητικής λειτουργίας του στρόβιλου, και έπομένως μεγαλύτερος ό βαθμός άποδόσεως.

Οι άπώλειες αυτές της **θεωρητικής λειτουργίας** του στρόβιλου ύπάρχουν πάντοτε, έστω και άν αυτός δέν παρουσιάζει άτέλειες κατά την πραγματική λειτουργία του ή την κατασκευή του. Τό αντίθετο συμβαίνει μέ τις άλλες άπώλειες, οι όποιες όφείλονται στην πραγματική λειτουργία του, και άκριβώς γιαυτό λέγονται και άπώλειες της **πραγματικής λειτουργίας** του στρόβιλου.

2) Άπώλεια από στραγγαλισμό του άτμου.

Όφείλεται στό στραγγαλισμό του άτμου, όταν περνά από τις βαλβίδες των άκροφυσίων, που ρυθμίζουν την ισχύ που άποδίδει ό στρόβιλος.

Άπό τό στραγγαλισμό, ό όποιος ύπολογίζεται θεωρητικά, έπέρχεται ύπολογισιμη μείωση του θερμικού περιεχομένου του άτμου κατά την είσοδό του στα άκροφύσια.

Γιά την αντιμετώπισή της παρέχονται σαφείς οδηγίες από τόν κατασκευαστή, ώστε νά χρησιμοποιούνται τά αναγκαία άκροφύσια, και έτσι νά άνοίγονται οι άναγκαίες κάθε φορά βαλβίδες του βαλβιδοκιβωτίου ανάλογα μέ την επιθυμητή ίπποδύναμη του στρόβιλου.

3) Άπώλεια στα άκροφύσια.

Όφείλεται στην τριβή και την κρούση του άτμου, όταν περνά από τά άκροφύ-

σια. Επίσης στη δημιουργία στροβιλισμών του ατμού που βρίσκεται σ' έπαφή με τὰ τοιχώματα του άκροφυσίου· τέλος στην έκτροπή τής πορείας του, όταν βγαίνει από τὰ άκροφύσια.

Έξ αιτίας αυτής τής άπώλειας ή ταχύτητα έξόδου του ατμού από τὰ άκροφύσια πέφτει έλαφρά, περίπου σέ 95 - 97% τής ταχύτητας, τήν όποία θά έπρεπε θεωρητικά νά είχε.

Δέν υπάρχουν τρόποι άντιμετωπίσεως τής άπώλειας αυτής παρά μόνο ή έπιτυχής σχεδίαση καί κατασκευή τών άκροφυσίων. Πρέπει νά σημειωθεί ότι τυχόν φθορά τών έπιφανειών ή τών άκμών τών άκροφυσίων έπαυξάνει τήν άπώλεια.

4) Άπώλεια στά πτερύγια.

Καί ή άπώλεια αυτή όφείλεται, όπως καί ή προηγούμενη, σέ τριβή, κρούση, στροβιλισμό καί έκτροπή τής πορείας του ατμού κατά τή δίοδό του από τὰ πτερύγια. Ό ύπολογισμός της γίνεται μέ έμπειρικούς τύπους.

Η έλάττωσή της γίνεται μέ έπιμελή σχεδίαση καί κατασκευή τών πτερυγίων, τυχόν δέ φθορά τής έπιφάνειας καί τών άκμών τους έπαυξάνουν τήν άπώλεια.

5) Άπώλεια από τριβή καί άνεμισμό.

Όφείλεται σέ τριβή τών κινουμένων μερών του στροφείου μέσα στή μάζα του ατμού καθώς καί στή δημιουργία ρευμάτων ατμού. Τά ρεύματα αυτά προκαλούνται από τίς στρεφόμενες πτερυγώσεις, οι όποιες στην περίπτωση αυτή ένεργούν όπως οι άνεμιστήρες.

Καί ή άπώλεια αυτή έξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ή ταχύτητα του ατμού, οι διαστάσεις τών κινητών μερών τὰ όποια περιστρέφονται, τό είδικό βάρος καί ή ύγρότητα του ατμού, ή κατάσταση τών πτερυγίων από πλευράς διαβρώσεως τους καί πολλοί άλλοι. Υπολογίζεται μέ πολύπλοκους έμπειρικούς συνήθως τύπους.

Δέν υπάρχουν τρόποι άποφυγής ή έλαττώσεως της παρά μόνο ή καλή κατασκευή καί ή καλή κατάσταση τών πτερυγίων καί λοιπών κινητών μερών του στροφείου.

6) Άπώλεια λόγω ταχύτητας έκροής του ατμού από τό στρόβιλο.

Η άπώλεια αυτή είναι έκ τών πραγμάτων άναπόφευκτη, γιατί ό άτμός πρέπει κατά τήν έξοδό του από τό στρόβιλο νά έχει όπωσδήποτε μία μικρή έστω ταχύτητα γιά νά ρέει προς τό ψυγείο.

Η άπώλεια αυτή σημαίνει προφανώς ολοκληρωτική άπώλεια θερμίδων γιά τήν έγκατάσταση καί είναι άνάλογη προς τό τετράγωνο τής ταχύτητας έκροής. Γιαυτό κατά τό θερμοδυναμικό ύπολογισμό του στρόβιλου φροντίζουν ώστε ή ταχύτητα αυτή νά είναι όσο γίνεται πιά μικρή χωρίς βέβαια νά παραβλάπεται ή όμαλή ροή του ατμού προς τό ψυγείο.

7) Άπώλεια λόγω διακένων.

Όφείλεται στή διαφυγή του ατμού από τὰ άκτινικά διάκενα σέ στρόβιλους άντιδράσεως, όπου υπάρχει διαφορά πίεσεως πρίν καί μετά από κάθε κινητή πτερυγωση. Στους στρόβιλους δράσεως δέν υπάρχει αυτή ή άπώλεια.

Καί τὰ άξονικά όμως διάκενα δημιουργούν σέ στρόβιλους δράσεως καί άντιδρά-

σεως ανάλογη μικρότερη απώλεια γιατί η φλέβα του ατμού έχει την τάση να αποκλίνει μέσω αυτών.

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

Μόνος τρόπος ελαττώσεώς της είναι ο περιορισμός των διακένων στο ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο κατά την αρχική κατασκευή του στρόβιλου. Καί αργότερα όμως πρέπει να τα μετράμε προσεκτικά κατά τις περιοδικές γενικές επιθεωρήσεις του στρόβιλου ή και νωρίτερα, όταν υπάρχουν ένδειξεις, ότι τα διάκενα έχουν αύξηθει υπερβολικά.

8) Απώλεια από τις συσκευές στεγανότητας.

Στους στρόβιλους δράσεως οφείλεται στη διαφυγή ατμού από τις συσκευές στεγανότητας των ενδιαμέσων διαφραγμάτων. Αυτή η απώλεια όμως δεν είναι ουσιαστική γιατί ο ατμός που διαφεύγει χρησιμοποιείται έπωφελώς στην επόμενη εκτονωτική βαθμίδα.

Σε όλους όμως τους στρόβιλους δράσεως και αντιδράσεως ή διαφυγή ατμού από τα άκραια κιβώτια στεγανότητας αποτελεί ολοκληρωτική απώλεια θερμίδων και τροφοδοτικού νερού.

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

9) Απώλεια λόγω άκτινοβολίας.

Οφείλεται σε άκτινοβολία του στρόβιλου προς το περιβάλλον. Υπολογίζεται σε 0,5 - 1% της ισχύος του στρόβιλου. Περιορίζεται αν τον επενδύσουμε με θερμομονωτικά υλικά.

10) Μηχανικές γενικά απώλειες.

Οφείλονται σε τριβές των κινουμένων μερών του στρόβιλου (όπως οι τριβείς έδράσεως, τριβείς ισορροπήσεως), επίσης δέ στην κίνηση των βοηθητικών εξαρτημάτων που παίρνουν κίνηση απ' αυτόν (όπως οι ρυθμιστές κλπ.).

Υπολογίζονται σε 3 - 5% της ισχύος του στρόβιλου και είναι αναπόφευκτες. Η καλή όμως κατάσταση των τριβομένων μερών και των μηχανισμών που εξαρτώνται από το στρόβιλο, ή καλή λίπανσή τους και η χρήση των ένδεδειγμένων λιπαντικών λαδιών συντελούν στον περιορισμό τους.

γ) Γενικά περί αποδόσεως.

Απόδοση ή και **βαθμός αποδόσεως** λέγεται, όπως ξέρομε τό πηλίκο του έργου που παίρνομε προς αυτό που χορηγοῦμε.

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

Γιά νά βροῦμε τό βαθμό αποδόσεως πρέπει καί τά δύο ποσά, δηλαδή τό έργο που παίρνομε καί η θερμότητα που χορηγοῦμε νά μετριοῦνται καί τά δύο με τίς ίδιες μονάδες έργου ή θερμίδων.

Στήν περίπτωση αὐτή ισχύουν οἱ τύποι μετατροπής:

α) Στό μετρικό σύστημα:

$$1 \text{ kcal} = 427 \text{ kpm} \quad \text{καί} \quad 1 \text{ kpm} = 1/427 \text{ kcal}$$

β) Στό άγγλικό σύστημα:

$$1 \text{ BTU} = 778 \text{ ft} \cdot \text{lb} \quad \text{καί} \quad 1 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 1/778 \text{ BTU}$$

Γιά τόν ύπολογισμό τών διαφόρων βαθμών αποδόσεως του στρόβιλου, ως και του συνολικού, λαμβάνομε υπ' όψη τις απώλειες στο στρόβιλο και τό έργο που αποδίδεται σέ κάθε περίπτωση, όπως εξηγούμε παρακάτω.

δ) Οί βαθμοί αποδόσεως του στρόβιλου.**1) Ό θερμικός ή θεωρητικός βαθμός αποδόσεως (η_{θ}).**

Είναι ο λόγος τών θερμίδων h , τίς οποίες διαθέτει ο άτμός κατά τή θερμική του πτώση στο στρόβιλο, διά του συνόλου τών θερμίδων H , τίς οποίες περιέχει αυτός θεωρητικά σέ κάθε kpm Είναι δηλαδή:

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

2) Περιφερειακός βαθμός αποδόσεως (η_{κ}).

Είναι τό πηλίκο του έργου E_{κ} που αποδίδεται πραγματικά από τήν πτερύγωση προς τό έργο E_0 που διατίθεται από τή θερμική πτώση σέ μονάδες έργου, δηλαδή:

$$\eta_{\kappa} = \frac{E_{\kappa}}{E_0}$$

3) Έσωτερικός ή ένδεικτικός βαθμός αποδόσεως (η_{ϵ}).

Είναι ο λόγος του έργου E_{ϵ} που αναπτύσσεται από τό στροφείο προς τό έργο E_0 τής θερμικής πτώσεως, δηλαδή:

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

Σ' αυτόν, όπως είναι εύνόητο, περιέχεται ο προηγούμενος περιφερειακός βαθμός αποδόσεως (η_{κ}) και επί πλέον έχουν ληφθεί υπόψη οι απώλειες τριβής του άτμου πάνω στο στροφείο και οι απώλειες από άνεμισμό.

4) Μηχανικός βαθμός αποδόσεως (η_{μ}).

Είναι ο λόγος του πραγματικού έργου E_{μ} που αποδίδει ο άξονας προς τό έργο του στροφείου E_{ϵ} δηλαδή:

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

5) Όλικός βαθμός αποδόσεως ($\eta_{ολ}$).

Είναι ο λόγος του έργου E_{μ} έκφρασμένου σέ θερμίδες, δηλαδή $A \cdot E_{\mu}$ (όπου A είναι τό θερμικό ισόδύναμο του έργου ίσο προς $1/427$), προς τό συνολικό έργο που

παρέχεται θεωρητικά, τό όποιο άντιστοιχεί στίς θερμίδες, πού περιέχει ό άτμός Η, δηλαδή:

$$\eta_{\alpha\lambda} = \frac{A \cdot E_{\pi}}{H}$$

Εύνόητο είναι ότι ό βαθμός αυτός ίσοϋται μέ τό γινόμενο τών η_{θ} , η_{ϵ} , η_{μ} , ώστε νά έχομε:

$$\eta_{\alpha\lambda} = \eta_{\theta} \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_{\mu}$$

Παράδειγμα.

“Ας θεωρήσομε ότι σέ ένα στρόβιλο χρησιμοποιείται άτμός θερμικοϋ περιεχομένου $H = 700$ kcal/kr ή δέ θερμική πτώση μέσα στό στρόβιλο είναι $h = 175$ kcal/kr. Θά έχομε πρώτα ότι:

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

“Εάν από τίς 175 kcal αναπτύσσεται από τό στροφέιο στήν περϋγωση έργο 150 kcal, τότε:

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

“Εστω τώρα ότι λόγω τριβών καί άνεμισμοϋ χάνονται 10 περίπου θερμίδες σέ κάθε χιλιόγραμμο, όποτε θά είναι:

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

“Από τίς 140 θερμίδες ό άξονας αποδίδει ως άντίστοιχο αϋτών έργο 128 kcal/kr· θά έχομε δέ τότε ότι:

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

καί έπί πλέον ότι ό όλικός βαθμός αποδόσεως θά είναι:

$$\eta_{\alpha\lambda} = \frac{128}{700} = 18,3\%$$

ή άλλιώς:

$$\eta_{\alpha\lambda} = \eta_{\theta} \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_{\mu}$$

δηλαδή:

$$\eta_{\alpha\lambda} = \frac{25}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{91,5}{100} = 18,3\%.$$

Στούς σύγχρονους στρόβιλους στήν πραγματικότητα ό συνολικός βαθμός αποδόσεως φθάνει μέχρι καί 25%. Αυτό μās λέγει ότι ό στρόβιλος είναι πολύ οίκονομικότερη μηχανή καί από τήν καλύτερη άκόμη παλινδρομική άτμομηχανή.

5.17 Ίσχύς τῶν ἀτμοστροβίλων - Ἐφαρμογές.

α) Γενικά.

Ἡ ἰσχύς ἢ ἵπποδύναμη τῶν στροβίλων διακρίνεται στήν πράξη σέ ἐσωτερική καί πραγματική καί μετρίεται, ὅπως ξέρομε σέ μετρικούς (PS) καί ἀγγλικούς (HP) ἵππους.

Εἶναι δέ:

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/s} \quad \text{καί} \quad 1 \text{ HP} = 550 \text{ ft. lb/s}$$

β) Ἡ ἐσωτερική ἵπποδύναμη (N_{ϵ}).

Ἡ ἐσωτερική ἵπποδύναμη καλεῖται καί **ἐνδεικτική** καί ἀντιστοιχεῖ κατὰ κάποιο τρόπο πρὸς τήν ἐνδεικτική ἵπποδύναμη I.H.P. τῶν παλινδρομικῶν μηχανῶν.

Παριστάνει τήν ἰσχύ ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἀπὸ τόν ἀτμό στό στροφεῖο, ἀφοῦ δηλαδή ἀφαιρεθοῦν ἀπὸ τή θερμική πτώση (h) οἱ ἀπώλειες λόγω στραγγαλισμοῦ, ἀκροφυσιῶν, πτερυγιῶν, τριβῆς καί ἀνεμισμοῦ, διακένων, κιβωτίων στεγανότητας καί ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἐσωτερική ἰσχύς τοῦ στρόβιλου δέν εἶναι δυνατό νά μετρηθεῖ, γιατί δέν ὑπάρχει κατάλληλο ὄργανο ὅπως ὁ δυναμοδείκτης στίς παλινδρομικές μηχανές, καί ἔτσι τή βρίσκομε μόνο ἀπὸ ὑπολογισμό. Χρησιμοποιεῖται ὁ τύπος:

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

ὅπου N_{ϵ} = ἡ ἐσωτερική ἢ ἐνδεικτική ἵπποδύναμη, G = ἡ κατανάλωση τοῦ ἀτμοῦ στό στρόβιλο σέ kg τήν ὥρα, h = ἡ θερμική πτώση τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ τήν εἰσαγωγή του στό στρόβιλο μέχρι τό ψυγεῖο, η_{ϵ} = ὁ ἐσωτερικός βαθμός ἀποδόσεως τοῦ στρόβιλου καί 632 = σταθερός ἀριθμός, πού ὅπως ξέρομε ἀπὸ τή θερμοδυναμική παριστάνει τίς θερμίδες, πού ἀντιστοιχοῦν σ' ἓναν ὠριαῖο ἵππο (παράγρ. 1-4).

Ἡ ἐσωτερική ἰσχύς βρίσκεται ἐπίσης καί ἀπὸ τήν πραγματική ἰσχύ (N_{π}) (ἐάν εἶναι γνωστός ὁ μηχανικός βαθμός ἀποδόσεως τοῦ στρόβιλου η_{μ}) ἀπὸ τή σχέση:

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

γ) Ἡ πραγματική ἵπποδύναμη (N_{π}).

Παριστάνει τήν ἰσχύ τοῦ στρόβιλου σέ ἵππους τήν ὁποία πραγματικά ἀποδίδει ὁ ἄξονας, καί ἀντιστοιχεῖ πρὸς τήν πραγματική ἵπποδύναμη ἄξονα BHP ἢ SHP τῶν παλινδρομικῶν ἀτμομηχανῶν. Ἴσοῦται δηλαδή μέ τήν ἐσωτερική ἵπποδύναμη, ἀν ἀπ' αὐτῇ ἀφαιρεθοῦν οἱ μηχανικῶς γενικά ἀπώλειες.

Μετρίεται εὐκολότερα μέ τούς ἐξῆς τρόπους παρόμοιους πρὸς αὐτοῦς πού χρησιμοποιοῦνται καί στίς παλινδρομικές μηχανές:

— **Μέ ὑδραυλική πέδη τοῦ Froude ἢ μέ ἠλεκτρική** [παράγρ. 5.1(9)], οἱ ὁποῖες μετατρέπουν τή μηχανική ἐνέργεια τοῦ στρόβιλου εἴτε σέ **θέρμανση τοῦ νεροῦ** πού βρίσκεται σέ δοχεῖο, ὅπου περιστρέφονται πτερύγια στερεωμένα στόν ἄξονα τοῦ στρόβιλου, εἴτε σέ **ἠλεκτρισμό** μέσω γεννήτριας συνδεδεμένης στόν ἄξονά του.

Ἡ μέτρηση τῆς ἰσχύος μέ τόν τρόπο αὐτό γίνεται στά ἐργοστάσια κατασκευῆς τῶν στρόβιλων ἢ σέ εἰδικά ἐργαστήρια, τά ὁποῖα διαθέτουν τίς συσκευές αὐτές.

— **Μέ στρεψίμετρο** μέ τό ὁποῖο μετριέται ἡ στρέψη πού ὑφίσταται ὁ ἄξονας τοῦ στρόβιλου σέ ὁρισμένο μήκος του. Ἡ στρέψη αὐτή ἀποτελεῖ ἀκριβῶς τό μέτρο τῆς ἰσχύος, πού μεταφέρει ὁ ἄξονας. Ἡ στρέψη μετριέται ὡς γωνία μέ ὀπτική ἢ ἡλεκτρική μέθοδο καί ἀπ' αὐτή ὑπολογίζεται ἡ ροπή στρέψεως τοῦ ἄξονα (M_σ).

Ἀπό τή ροπή στρέψεως τοῦ ἄξονα (M_σ) σέ kpm βρίσκεται ἡ πραγματική ἵπποδύναμη (N_π) ἀπό τόν τύπο:

$$N_\pi = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_\sigma}{4500}$$

ὅπου: $\pi = 3,14$ καί $n =$ ὁ ἀριθμός στροφῶν τοῦ ἄξονα τό λεπτό.

δ) Ἐφαρμογές.

α) Στρόβιλος καταναλῶνει τήν ὥρα 12640 kp ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος κατά τήν εἰσόδῃ του στό στρόβιλο ἔχει πίεση 18 kp/cm² καί θερμοκρασία $t = 250^\circ \text{C}$. Στά στοιχεῖα του αὐτά ἀντιστοιχεῖ θερμικό περιεχόμενο $i_1 = 697$ kcal/kp. Ὁ στρόβιλος λειτουργεῖ μέ κενό ψυγείου 90%, στό ὁποῖο τό θερμικό περιεχόμενο τοῦ ἀτμοῦ, ὅταν μπαίνει στό ψυγεῖο, εἶναι $i_2 = 497$ kcal/kp. Ποιά εἶναι ἡ ἐσωτερική καί ποιά ἡ πραγματική ἰσχύς τοῦ στρόβιλου αὐτοῦ, ὅταν δίνονται ὁ ἐσωτερικός βαθμός ἀποδόσεως αὐτοῦ $\eta_\epsilon = 0,82$ καί ὁ μηχανικός $\eta_\mu = 0,92$;

Ἐπολογίζομε πρῶτα τή θερμική πτῶση τοῦ ἀτμοῦ ὡς διαφορά θερμικῶν περιεχομένων:

$$h = i_1 - i_2 \text{ ἢ } h = 697 - 497 = 200 \text{ kcal/kp}$$

Ἐφαρμόζομε τόν τύπο:

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

ὁπότε θά ἔχομε τήν ἐσωτερική ἵπποδύναμη ὡς:

$$N_\epsilon = \frac{12640 \times 200}{632} \times 0,82 \text{ ἢ } N_\epsilon = 3280 \text{ PS (ἐσωτερικοί ἵπποι),}$$

καί τήν πραγματική:

$$\eta_\mu = \frac{N_\pi}{N_\epsilon} \text{ ἀπό τόν ὁποῖο } N_\pi = N_\epsilon \cdot \eta_\mu,$$

ὁπότε βρίσκομε αὐτή ὡς:

$$N_\pi = 3280 \times 0,92, \text{ δηλαδή } N_\pi = 3017 \text{ PS (ἵπποι ἄξονα).}$$

β) Σέ στρόβιλο μετρήθηκε ἡ ροπή στρέψεως (M_σ) μέ τό στρεψίμετρο καί βρέθηκε 800 kpm. Δίνονται ὁ ἀριθμός στροφῶν αὐτοῦ $n = 3000$ r.p.m. (στροφές τό λεπτό) καί ὁ γνωστός μηχανικός βαθμός ἀποδόσεώς του $\eta_\mu = 0,90$. Νά βρεθοῦν ἡ πραγματική καί ἡ ἐσωτερική του ἵπποδύναμη.

Θά ἔχομε ἀπό τόν τύπο:

$$N_\pi = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_\sigma}{4500} \quad \text{ὅτι} \quad N_\pi = \frac{2 \times 3,14 \times 3000 \times 800}{4500}$$

δηλαδή $N_{\pi} = 3349$ PS (ίπποι άξονα) και $N_{\epsilon} = N_{\pi} \cdot \eta_{\mu}$, δηλαδή

$$N_{\epsilon} = \frac{N_{\pi}}{\eta_{\mu}} = \frac{3349}{0,90} = 3721 \text{ PS (έσωτερικοί ίπποι)}$$

5.18 Χειρισμός-βλάβες-έλεγχος στους άτμοστρόβιλους.

α) Χειρισμοί των άτμοστροβίλων.

1) Γενικά.

Στήν παράγραφο αυτή θά περιγράψομε μέ συντομία τίς άπαραίτητες έργασίες, πού έκτελούμε στους στρόβιλους γιά νά τούς βάλομε σέ λειτουργία, τί παρακολου-
θούμε κατά τή λειτουργία τους, τί χειρισμούς κάνομε γιά τήν άναστροφή τής κινή-
σεώς τους, και ποιές έργασίες έκτελούμε γιά νά τούς σταματήσομε και νά τούς ά-
πομονώσομε.

Οί όδηγίες πού παρέχομε παρακάτω είναι βέβαια γενικής μορφής και άποτελούν
ένα γνώμονα, πού πρέπει νά έχομε ως όδηγό. Άπαραίτητα όμως πρέπει νά έχομε
υπόψη μας ότι οι σωστοί χειρισμοί των στροβίλων μιάς έγκαταστάσεως άναφέ-
ρονται λεπτομερώς από τούς κατασκευαστές σέ όδηγίες, οι όποιες πρέπει νά άκο-
λουθοῦνται μέ σχολαστική ακρίβεια από τόν υπεύθυνο μηχανικό και τό λοιπό τε-
χνικό προσωπικό τής έγκαταστάσεως.

2) Προετοιμασία-προθέρμανση και έτοιμότητα του στρόβιλου πρós φόρτιση.

‘Η **προθέρμανση** του στρόβιλου είναι έργασία σημαντική και άπαραίτητη, γιατί
μ’ αυτή επιτυγχάνεται ή όμοιόμορφη θέρμανση των διαφόρων μερών του και άπο-
φεύγονται οι άνισες διαστολές από τίς όποιες μπορεί νά προκύψουν πολλές και σο-
βαρές άνωμαλίες.

Πρίν από τήν προθέρμανση κάνομε τόν έξαερισμό του στρόβιλου άνοίγοντας
τούς άτμοφράκτες, ώστε νά διοχετεύεται σ’ αυτόν ό θερμός άέρας του λέβητα,
πού παράγεται κατά τό άναμμα τής φωτιάς. ‘Η διοχέτευση του άέρα διακόπτεται
μόλις άρχίσει ή άτμοποίηση στό λέβητα.

Γιά τήν προθέρμανση του στρόβιλου πρέπει νά άνοίξομε όλους τούς κρουούς
των ύγρών του πρós τό ψυγείο και νά λιπάνομε κατάλληλα τά πέδιλα όλισθήσεως.
Βάζομε σέ λειτουργία τήν άντλία κυκλοφορίας, τήν άεραντλία και τήν άντλία λιπάν-
σεως. Δημιουργούμε μέ τήν άεραντλία κενό 15% περίπου και κατόπιν άρχίζομε
τήν προθέρμανση μέ άτμό.

‘Ο άτμός αυτός μπορεί νά είναι άτμός από είδική βαλβίδα, και λέγεται **άτμός
προθερμάνσεως**, άτμός από τό **χειριστήριο άτμοφράκτη** του στρόβιλου ή και ά-
τμός, ό όποιος διαβιβάζεται στα κιβώτια στεγανότητας, και λέγεται κοινά **άτμός
των στυπειοθλιπτών**.

Καθ’ όλη τή διάρκεια τής προθερμάνσεως έλέγχομε και παρακολουθοῦμε τή
θερμοκρασία των διαφόρων μερών του μέ θερμόμετρα και μέ τό χέρι, καθώς και
τήν κανονική διαστολή του στρόβιλου στα πέδιλα όλισθήσεως.

Περιοδικά στρέφομε τό στρόβιλο μέ τόν κρίκο στρέψεως, ώστε τό στροφείο νά

θερμανθεί ομοιόμορφα σέ όλη τή μάζα του. Όταν όλοι οί στρόβιλοι τής έγκαταστάσεώς μας έχουν θερμανθεί σέ ίκανοποιητικό βαθμό, αφαιρούμε τόν κρίκο τής στρέψεως, αυξάνομε τό κενό μέ τούς έκχυτήρες σέ 98% καί έκτελοΰμε λίγες κινήσεις. Κατά τίς κινήσεις αυτές τά υγρά του στρόβιλου πρέπει νά παραμένουν άνοικτά, κλείνονται δέ μόνο, άφού ό στρόβιλος λειτουργήσει γιά λίγο καί άρχίσει νά άναπτύσσει προοδευτικά τήν ισχύ του.

Ό άπαιτούμενος χρόνος γιά προθέρμανση κατά τή μέθοδο αυτή κυμαίνεται από 2 έως 3 ώρες αναλόγως.

Η μέθοδος αυτή προθερμάνσεως έχει πάντως όρισμένους κίνδυνους σοβαρών άνωμαλιών, όπως είναι π.χ. ή στρέβλωση του στροφεΐου κλπ. Γιαυτό όταν είναι δυνατό, ακολουθείται ή μέθοδος τής **προθερμάνσεως μέ σύγχρονη κίνηση του στρόβιλου**.

Κατά τή μέθοδο αυτή κάνομε πρώτα τήν ίδια προεργασία, δηλαδή βάζομε σέ λειτουργία τήν άντλία κυκλοφορίας καί τήν άεραντλία, άνοίγομε τά υγρά του στρόβιλου βάζομε σέ κίνηση τήν άντλία λιπάνσεως, λιπαίνομε τά πέδιλα καί ύψώνομε τό κενό μέχρι 15%.

Κατόπιν βάζομε σέ κίνηση τό στρόβιλο μέ μικρό άριθμό στροφών (περίπου τό $\frac{1}{10}$ του κανονικού άριθμού τών στροφών του), κινώντας τον μέ ιδιαίτερο ήλεκτροκινητήρα ή μέ άτμό. Η κίνηση αυτή διαρκεί από 1/2 έως 1 ώρα κατά τό διάστημα δέ αυτό ό στρόβιλος θερμαίνεται είτε μέ άτμό προθερμάνσεως, όταν περιστρέφεται μέ ήλεκτροκινητήρα, είτε μέ τόν άτμό πού στρέφει τό στροφεΐο, στή δεύτερη περίπτωση.

Κατόπιν άποσυνδέομε τόν ήλεκτροκινητήρα, ύψώνομε τό κενό σέ 98% περίπου καί δοκιμάζομε τό στρόβιλο μέ πλήρη άτμό όποτε πιά είναι έτοιμος νά λειτουργήσει.

Άφού ό στρόβιλος ξεκινήσει καί άρχίσει νά άναπτύσσει προδευτικά τήν ισχύ του, κλείνομε τά υγρά γενικώς.

Κατά τό διάστημα, πού έκτελοΰνται όλες αυτές οί έργασίες πρέπει πρίν από όποιαδήποτε κίνηση νά βεβαιωνόμαστε ότι δέν υπάρχει κανένα εμπόδιο στον άξονα του στρόβιλου.

3) Η άναστροφή του στρόβιλου.

Αυτή άφορά βέβαια τούς ναυτικούς στρόβιλους καί συνίσταται στήν άλλαγή τής φορās περιστροφής τής έλικας από τήν κίνηση **πρόσω** στήν κίνηση **άνάποδα** καί άντιστρόφως.

Η άναστροφή τής κινήσεως εξετάζεται σέ συνδυασμό καί προς τό σύστημα μεταδόσεως τής κινήσεως καί μειώσεως τών στροφών του έλικοφόρου άξονα, (παράγρ. 5.19).

Σέ στρόβιλους μέ μειωτήρες πού έχουν όδοντωτούς τροχούς χρησιμοποιείται ιδιαίτερος μικρός στρόβιλος γιά τήν κίνηση άνάποδα.

Συνήθως άποτελείται από έναν τροχό Curtis, πού τοποθετείται στον άξονα του στρόβιλου Χ.Π. καί έχει κινητές πτερυγώσεις, τοποθετημένες κατ' άντίθετη έννοια από τίς κινητές πτερυγώσεις του στρόβιλου Χ.Π. Έτσι, γιά νά πλεύσει τό πλοίο άνάποδα, κλείνομε τόν κύριο άτμοφράκτη του πρόσω καί άνοίγομε τών άτμοφράκτη

του ανάποδα, όπότε διοχετεύεται άτμός στό στρόβιλο του ανάποδα. Τότε όλόκληρο τό συγκρότημα τών στροβίλων τής έγκαταστάσεως κινείται κατ' αντίστροφη έννοια καί μαζί μ' αυτό καί ό τελικός άξονας καί ή έλικα του πλοίου.

Η ισχύς του ιδιαίτερου αυτού στρόβιλου του ανάποδα είναι συνήθως 40% τής ισχύος του κύριου συγκροτήματος του πρόσω καί δέν υπερβαίνει ποτέ τό 60% αυτής.

Σέ στρόβιλους μέ ύδραυλική μετάδοση ή άτμοστρόβιλος στρέφει πάντοτε κατά μία κατεύθυνση περιστροφής, χρησιμοποιείται όμως ιδιαίτερος έλαιοτροχός γιά τήν κίνησή του ανάποδα. Ό έλαιοτροχός είναι ένσωματωμένος μέσα στό κύριο συγκρότημα άντλίας-έλαιοστρόβιλου τής μεταδόσεως τής κινήσεως. Έτσι κατά τήν κίνηση ανάποδα αποδίδεται ή πλήρης ισχύς του στρόβιλου.

Σέ στρόβιλους μέ ηλεκτρική μετάδοση πάλι ό άτμοστρόβιλος στρέφει κατά μία κατεύθυνση ενώ ή αναπόδιση τής έλικας γίνεται μέ τήν αλλαγή τής φοράς περιστροφής του ηλεκτροκινητήρα, πού κινεί τόν άξονα τής περιστροφής τής έλικας. Καί στό σύστημα αυτό διατίθεται ή πλήρης ισχύς του στρόβιλου καί γιά τήν κίνηση ανάποδα.

Μία ειδική περίπτωση άναστρεφομένων στροβίλων άποτελούν οί τροχοί δράσεως Curtis του έργουσασιού Clarke Chapman πού χρησιμοποιούνται σέ μικρά βοηθητικά μηχανήματα, τά όποια πρέπει νά άναστρέφουν, όπως π.χ. του έργατή τής άγκυρας, τών βαρούλκων κλπ.

Στους τροχούς αυτούς υπάρχουν κατά τήν έννοια τής άκτίνας δύο σειρές πτερυγώσεων, ή κανονική γιά τή δεξιόστροφη κίνηση του μηχανήματος καί άλλη μία γιά τήν άριστερόστροφη, ή όποία έχει πτερύγια μέ αντίθετη φορά καί μικρότερο ύψος.

Μέ ιδιαίτερη διάταξη στεγανότητας οί δύο πτερυγώσεις διαχωρίζονται στεγανά ή μία από τήν άλλη μέ τόν κατάλληλο δέ χειρισμό τών έξωτερικών βαλβίδων του χειριστηρίου διαβιβάζεται άτμός στήν πτερύγωση τής δεξιόστροφης ή άριστερόστροφης κινήσεως καί τό μηχανήμα περιστρέφεται αναλόγως.

4) Μέτρα πού παίρνομε κατά τή λειτουργία του στρόβιλου.

Τά σπουδαιότερα είναι τά εξής:

— Παρακολουθούμε τήν καλή λίπανση καί έλέγχομε τίσ θερμοκρασίες τών τριβών, τά φίλτρα του λαδιού καί αλλάζομε τό λάδι, άν έχει ρυπανθεί. Έλέγχομε τή στάθμη λαδιού στίς δεξαμενές χρήσεως.

— Ρυθμίζομε τήν κανονική παροχή άτμου στους στυπιοθλίπτες, γιά τήν έξασφάλιση τής στεγανότητας. Ιδιαίτερη σημασία έχει ή στεγανότητα στους στυπιοθλίπτες του στρόβιλου Χ.Π. από τούς όποιους μπορεί νά μπει άέρας μέ άποτέλεσμα νά μειωθεί τό κενό του ψυγείου.

— Ρυθμίζομε τό άνοιγμα του άπαραίτητου μόνο άριθμού άκροφυσιών γιά τήν έπίτευξη τής έπιθυμητής ίπποδυνάμews, έφόσον δέν ύπάρχει αυτόματος ρυθμιστής στροφών.

— Φροντίζομε ώστε ή άνάπτυξη τής ισχύος μέχρι καί τή μέγιστη νά γίνεται προοδευτικά καί όχι άπότομα.

— Διατηρούμε τό μέγιστο δυνατό κενό κατά τή λειτουργία, δηλαδή 98 - 99% περίπου.

— Έξετάζομε μέ έπιμέλεια τυχόν άσυνήθιστους θόρυβους κατά τή λειτουργία,

οι όποιοι πρέπει να έντοπίζονται τό ταχύτερο καί να έξακριβώνεται ή αίτία, πού τούς προκαλεί. Στήν ανάγκη άκόμη καί να σταματάμε τό στρόβιλο γιά να άποφύγουμε ζημιές μεγάλες.

— Χρησιμοποιούμε συνέχεια τίς έξατρίσεις τών βοηθητικών μηχανημάτων γιά τήν προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού, γιά να κάνομε οίκονομία στά καύσιμα.

5) Τό σταμάτημα καί ή άπομόνωση του στρόβιλου.

Τό προσωρινό σταμάτημα του στρόβιλου γίνεται μέ τή διακοπή του παρεχόμενου άτμου, κλείνοντας τόν κύριο άτμοφράκτη.

Γιά τό όριστικό σταμάτημα καί τήν άπομόνωση του στρόβιλου πρέπει να άνοίξουμε τούς κρουνοούς τών ύγρών καί τούς κρουνοούς άποστραγγίσεως. Διακόπτομε κατόπιν τή λειτουργία τής άντλίας έλαίου λιπάνσεως καί άπομονώνομε τό δίκτυο λαδιού από τή δεξαμενή. Ύποβιβάζομε τό κενό στά 15% περίπου καί διατηρούμε σέ λειτουργία τήν άεραντία καί τήν άντλία κυκλοφορίας επί μισή ώρα περίπου γιά τήν ψύξη καί άποστέγνωση του ψυγείου. Τοποθετούμε τέλος τόν κρίκο στρέψεως του στρόβιλου.

Ή όλη κίνηση τής άπομονώσεως του στρόβιλου συγχρονίζεται καί μέ τήν κίνηση άπομονώσεως τών λεβήτων, όταν πρόκειται να άπομονωθεί τελείως ή όλη έγκάσταση.

β) Βλάβες καί άνωμαλίες τών άτμοστροβίλων.

Οί σοβαρότερες βλάβες τών στροβίλων παρουσιάζονται άποκλειστικά στό στροφέιο (λόγω κυρίως τών μικρών διακένων, μέ τά όποια λειτουργεί αυτό, καί τών μεγάλων κοπώσεων, τίς όποίες ύφίσταται) καί είναι οι έξής:

— **Βλάβη τής άτράκτου του στροφέιου.** Συνίσταται στή θραύση του άξονα καί όφείλεται σέ κακή ποιότητα ύλικού, ύπερβολικούς κραδασμούς του στροφέιου ή κακή προθέρμανση. Ή τελευταία μπορεί να προκαλέσει τή στρέβλωση του άξονα καί του στροφέιου ή άκόμη καί τή θραύση τους.

— **Βλάβη τών τροχών.** Συνίσταται σέ παραμόρφωση ή θραύση τών τροχών ή τών ένδιαμέσων διαφραγμάτων. Ή αιτία θεωρούνται ή κακή ποιότητα ύλικού, οι ύπερβολικοί κραδασμοί καί ή κακή προθέρμανση.

— **Διάβρωση τών περυγίων.** Όφείλεται σέ χημική ένέργεια τής ύγρασίας, πού περιέχει ό άτμός. Άντιμετωπίζεται μέ τή χρήση ύπερθερμου άτμου ύψηλης ύπερθερμάνσεως καί έκλεκτών ύλικών γιά τήν κατασκευή τών περυγίων, όπως τό μέταλλο Monel καί ό **χωρομονικελιούχος χάλυβας**. Ή μηχανική έξ άλλου διάβρωση τών περυγίων όφείλεται στό βομβαρδισμό του από τά μόρια ύγρασίας του άτμου ή ξένα τυχόν σωματίδια. Τό φαινόμενο παρατηρείται σέ περιπτώσεις **προβολής** νερού από τό λέβητα καί δημιουργείται κυρίως στά περύγιο Χ.Π., όπου ό άτμός λόγω τής μεγάλης στό μεταξύ έκτονώσεώς του έχει αύξημένο ποσοστό ύγρασίας. Αυτό κατά τίς προδιαγραφές δέν πρέπει να ύπερβαίνει τό ποσοστό 12-14% στήν έξαγωγή του άτμου από τό στρόβιλο Χ.Π.

Πρέπει έπομένως να φροντίζομε να μή δημιουργούνται μεγάλες ή έστω καί μικρές προβολές νερού από τό λέβητα γιατί μπορεί να προκληθεί καί μεγαλύτερη καταστροφή στό έσωτερικό του στρόβιλου. Επίσης να έπιθεωρούνται έπιμελώς τά φίλτρα του άτμαγωγού σωλήνα ώστε να είναι βέβαιο ότι δέν περιέχει ξένα σώματα.

— **Ἐλάττωση τῶν διακένων.** Προέρχεται ἀπὸ τὴ φθορά τῶν τριβέων ἐδράσεως ὁπότε ἐλαττώνονται τὰ ἀκτινικά διάκενα ἢ ἀπὸ φθορά τῶν τριβέων ἰσορροπήσεως ὁπότε ἐλαττώνονται τὰ ἀξονικά διάκενα. Μπορεῖ μάλιστα, ὅταν ἡ φθορά τῶν τριβέων ἰσορροπήσεως ὑπερβεῖ τὰ ἐπιτρεπόμενα ὅρια, νὰ προκαλέσει τὴν καταστροφή τῶν πτερυγώσεων, ἐφόσον ἔλθουν σέ ἐπαφή τὰ σταθερά καὶ τὰ κινητὰ μέρη μεταξύ τους. Γιαυτὸ πρέπει νὰ γίνεται ἐπιμελής μέτρηση τῶν διακένων καὶ νὰ ἐκτελοῦνται οἱ ἀναγκαῖες ρυθμίσεις ἢ ἀναμεταλλώσεις τῶν τριβέων.

— **Βλάβη μειωτήρων.** Ἡ σημαντικότερη βλάβη τῶν μειωτήρων εἶναι ἡ θραύση τῶν δοντιῶν τῶν τροχῶν. Αὕτῃ ὀφείλεται τὸ πιθανότερο σέ κακὴ κατεργασία τους ἢ κακὴ ποιότητα ὑλικοῦ ἢ ὑπερβολικὴ καὶ ἀπότομη φόρτιση.

Ἡ διάβρωση τῶν ἐπιφανειῶν τῶν δοντιῶν ἡ ὁποία εἶναι συννηθέστερη καὶ παρουσιάζει τὴ μορφή τῆς **εὐλογιάσεως**, ὀφείλεται σέ ἀνομοιογένεια τοῦ ὑλικοῦ, πού φαίνεται κατὰ τὴ λειτουργία μὲ τὴν ἐπίδραση τοῦ λιπαντικοῦ λαδιοῦ.

Τὸ λάδι αὐτὸ πρέπει νὰ εἶναι καλῆς ποιότητος στροβιλέλαιο χωρὶς ὀξέα, ἀκαθαρσίες καὶ νερὸ τὰ ὁποῖα ἐπαυξάνουν ὀπωσδήποτε τὴν ἀνωμαλία αὐτῇ.

Ὡς ἀνωμαλίες ἐπίσης πού παρουσιάζονται κατὰ τὴ λειτουργία θεωροῦνται:

— **Ἡ Θέρμανση κάποιου τριβέα.** Ὄφείλεται σέ ἀνεπαρκὴ λίπανση, ἢ ξένο σῶμα στὸ λάδι. Ἐπιβάλλεται ἡ τοπικὴ ψύξη τοῦ τριβέα, ἡ ἐπαύξησις τῆς λιπάνσεως κι ἂν ἡ θέρμανση ἐξακολουθεῖ πρέπει νὰ ἐπιθεωρηθεῖ ὁ τριβέας.

— **Φθορά συσκευῶν στεγανότητος.** Ἀντιμετωπίζεται μὲ ἐπισκευὴ τῶν λαβυρίνθων καὶ ἐφαρμογὴ τῶν ἀνθρακοπαρεμβυσμάτων.

— **Πτώση κενοῦ.** Εἶναι μία πιθανὴ καὶ σοβαρὴ ἀνωμαλία μὲ ἄμεση ἐπίδραση στὴν ἀπόδοση τοῦ στρόβιλου, τὰ αἷτια τῆς ὁποίας εἶναι: Κακὴ λειτουργία ἐκχυτήρων, εἴσοδος ἀέρα ἀπὸ τοὺς στυπιοθλίπτες, εἴσοδος ἀέρα στὸ ψυγεῖο, θέρμανση τοῦ ψυγείου, ὑψηλὴ στάθμη συμπυκνώματος.

γ) Μετρήσεις διακένων καὶ ρυθμίσεις ἀτμοστροβίλων.

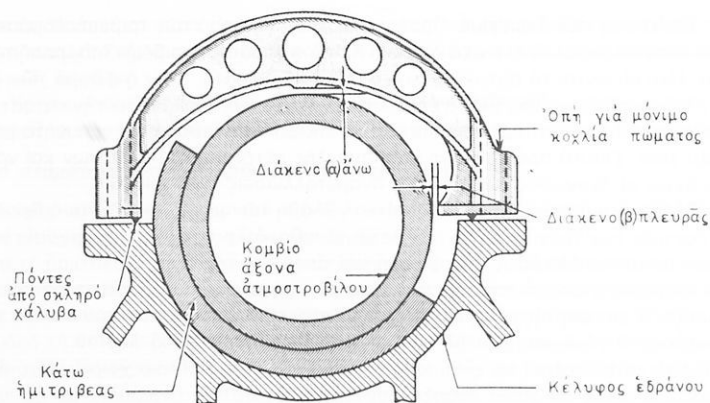
1) Ἡ μέτρηση τῶν διακένων ἀποτελεῖ τὴν κυριότερη ἴσως ἐργασία παρακολουθήσεως καὶ ἐλεγχου ἐνὸς στρόβιλου καὶ πρέπει νὰ γίνεται σέ κανονικὰ διαστήματα, ὅπως προβλέπεται ἀπὸ τοὺς κατασκευαστὲς καὶ τοὺς Τεχνικοὺς Κανονισμοὺς.

Ἐπειδὴ τὰ ἀκτινικά καὶ τὰ ἀξονικά διάκενα εἶναι πολὺ μικρά, ἐπιβάλλεται νὰ ἐλέγχονται καὶ νὰ μετριοῦνται συχνά. Ἔτσι θὰ εἴμαστε βέβαιοι ὅτι κατὰ τὴ λειτουργία τοῦ στρόβιλου δέν θὰ ὑπάρχει κίνδυνος νὰ ἔλθουν σέ ἐπαφή τὰ κινητὰ καὶ τὰ ἀκίνητα μέρη, πράγμα πού θὰ εἶχε ὡς ἀποτέλεσμα τὴν καταστροφή τους.

Γιὰ νὰ εὐκολύνεται ὁ ἐλεγχος τῆς καταστάσεως τῶν διακένων καταγράφονται στὸ μητρῶο τοῦ στρόβιλου (εἰδικὸ βιβλίο καταγραφῆς διαφόρων σημαντικῶν δεδομένων) οἱ ἀρχικὲς μετρήσεις. Μὲ αὐτὲς συγκρίνονται οἱ κατοπινὲς μετρήσεις, ὥστε ἀπὸ τὴ σύγκριση νὰ φαίνεται ἡ ἀντίστοιχη φθορά τοῦ τριβέα καὶ ἐπομένως τὰ ἀντίστοιχα διάκενα. Ὑπάρχουν ὅρια ἀσφάλειας σέ κάθε στρόβιλο, τὰ ὁποῖα δέν πρέπει νὰ ξεπεραστοῦν.

2) Ἡ μέτρηση τῆς θέσεως τοῦ στροφεῖου κατὰ τὴν **κατακόρυφη** ἔννοια γίνεται μὲ εἰδικὴ συσκευή, τὴ **γέφυρα** (σχ. 5.18α), ἡ ὁποία τοποθετεῖται σέ ὀρισμένη θέση τοῦ τριβέα, ἀφοῦ πρῶτα ἀφαιρεθεῖ ὁ πᾶνω ἡμιτριβέας.

Μετρίεται τότε ἡ ἀπόσταση (α) μὲ ἓνα λεπιδομετρητὴ (φίλλερ). Ἐπίσης ἡ ἀπό-



Σχ. 5.18α.

σταση (β) της επιφάνειας του κομβίου του άξονα από τα αντίστοιχα δόντια της γέφυρας.

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις αυτές με τις αρχικές του κατασκευαστή ή της τελευταίας γενικής έπισκευής του στρόβιλου, βρίσκομε την υποχώρηση του στροφείου που όφείλεται στη φθορά του τριβέα. Άν είναι μεγαλύτερη από την έπιτρεπόμενη, τότε αναμεταλλώνομε τόν τριβέα με λευκό μέταλλο.

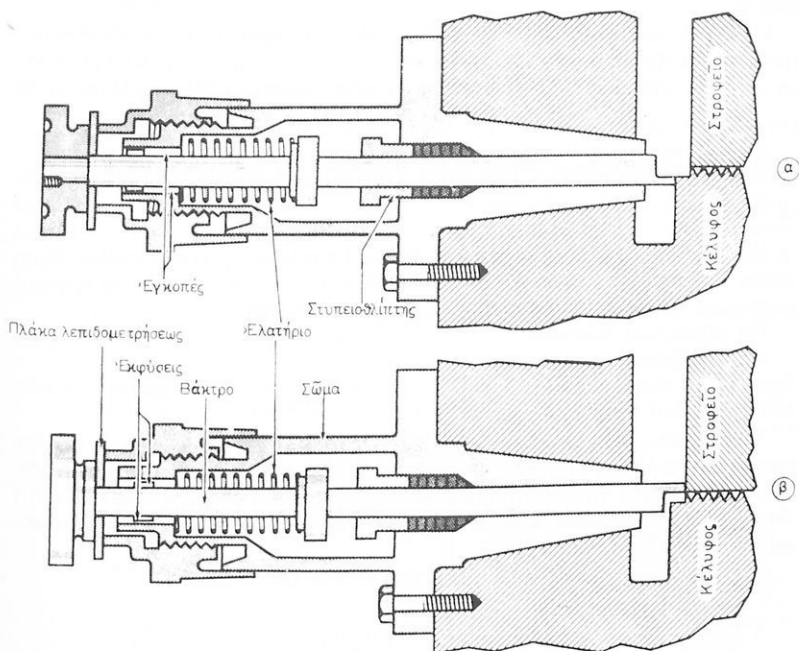
Άνάλογη είναι καί η μέτρηση με τόν **πειρό**.

Σ' αυτή χρησιμοποιείται κατακόρυφος πείρος με έξωτερικά κατεργασμένο περιουχένιο (πατούρα). Ό πείρος με τό άκρο του στηρίζεται στην πάνω επιφάνεια του κομβίου. Τό διάκενο τότε μετριέται μεταξύ του περιουχενίου καί της αντίστοιχης κατεργασμένης επιφάνειας του τριβέα καί δίνει την κατακόρυφη θέση του κομβίου. Η θέση αυτή συγκρίνεται πρός την αρχική μέτρηση κατασκευής ή της τελευταίας γενικής έπισκευής του στρόβιλου. Η μέτρηση με πείρο είναι ευχερέστερη καί γίνεται χωρίς νά αφαιρεθεί ό πάνω ήμιτριβέας. Είναι όμως προχειρότερη από τή μέτρηση με γέφυρα καί δίνει μικρότερη ακρίβεια από αυτή.

3) Η μέτρηση της άξονικής θέσεως του στροφείου γίνεται συνήθως κατά τή μέθοδο, τήν όποία παριστάνει τό σχήμα 5.18β καί άποσκοπεί στόν προσδιορισμό της σχετικής θέσεως κελύφους-στροφείου.

Τά χρησιμοποιούμενα όργανα ονομάζονται **μικρόμετρα άξονικής θέσεως** του στροφείου καί άποτελούνται από τό βάκτρο, τό σώμα, τό μικρομετρικό δείκτη, τήν πλάκα λεπιδομετρήσεως καί τό έλατήριο (σχ. 5.18β).

Τό βάκτρο καταλήγει σέ όδοντωτό άκρο. Έτσι γίνεται δυνατή η βαθυμέτρηση της άκρικής επιφάνειας του στροφείου με άπλη στροφή του βάκτρου σέ δύο θέσεις (α) καί (β). Με κατάλληλο χειρισμό του περικοχλίου τό όποιο φέρει τό μικρομετρικό δείκτη, διαβάζομε τις δύο ένδείξεις καί έχομε τό μέτρο της άξονικής θέσεως του στροφείου. Τή μέτρηση αυτή τήν κάνομε φέρνοντας τό στροφέιο τελείως μπροστά καί τελείως πίσω με κατάλληλο σύστημα έλξεως, τό όποιο προσαρμόζομε στό μπροστινό άκρο του στρόβιλου.



Σχ. 5.18β.

“Αν από τή μέτρηση προκύψουν μικρά άξονικά διάκενα πρέπει νά ρυθμισθεῖ ὁ τριβῆας ἰσορροπήσεως μέ προσθήκες. Οἱ προσθήκες τοποθετοῦνται πίσω ἀπό τὰ στεφάνια πού συγκρατοῦν τὰ πλινθία του. “Αν ὅμως αὐτό δέν ἀρκεῖ ἀναμεταλλώ-νομε τὰ πλινθία.

4) Οἱ μετρήσεις αὐτές πρέπει νά γίνονται καί σέ ψυχρή καί σέ θερμή κατάσταση τοῦ στρόβιλου καί κυρίως νά μήν συγχέονται τὰ ἀποτελέσματα μεταξύ τους.

5) Κατά τήν ἐσωτερική ἐπιθεώρηση τοῦ στρόβιλου, ὁπότε ἀφαιρεῖται τό πάνω ἡμικέλυφος καί ἀνυψώνεται τό στροφεύο, γίνεται καί πλήρης μέτρηση τῶν ἀκτιν-ικῶν διακένων τῶν περυγιῶν μέ μολύβδινες ταινίες (μολύβια), πού τοποθετοῦνται μεταξύ στροφεύου καί τῶν δύο ἡμικελυφῶν. Μετά τήν τοποθέτηση τῶν ταινιῶν ξανατοποθετοῦμε τό πάνω ἡμικέλυφος στή θέση του καί τό σφίγγομε. Ἐτσι οἱ μο-λύβδινες ταινίες συμπιέζονται καί μᾶς δίνουν, ὅταν μετρήσουμε τό πάχος τους μέ παχύμετρο, τὰ ἀκτινικά διάκενα τῶν περυγώσεων.

Συχνά σέ ψυχρά κλίματα αντί μολυβδίνων ταινιών χρησιμοποιούμε στερεή παραφίνη.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών έσωτερικής έπιθεωρήσεως του στρόβιλου μετράμε και τὰ άξονικά διάκενα των πτερυγώσεων με λεπιδομετρητή (φίλλερ), μετακινώντας τὸ στροφέο τελείως όπισθεν με ειδικό σύστημα έλξεως.

5.19 Μετάδοση κινήσεως μεταξύ άξονα στρόβιλου και κινούμενου μηχανήματος.

α) Γενικά.

Άπό τη θερμοδυναμική μελέτη του βαθμού αποδόσεως των στροβίλων θεωρούμε ως δεδομένο ότι, για να έχει καλό βαθμό αποδόσεως ο στρόβιλος, πρέπει η σχέση u/c να διατηρείται όσο γίνεται πιο κοντά στις έξής τιμές:

Για στρόβιλους δράσεως: $u/c = 1/2$

Για στρόβιλους αντίδράσεως: $u/c = 1$

όπου: u — ή περιφερειακή ταχύτητα της πτερυγώσεως και c — ή ταχύτητα έκροής του άτμου από τὸ άκροφύσιο.

Έπειδή όμως για λόγους καλής αποδόσεως ή πίεση του άτμου πρέπει να είναι ύψηλή, έπεται ότι και ή ταχύτητα έκροής του άτμου c από τὸ άκροφύσιο θα είναι άναγκαστικά ύψηλή. Για να διατηρηθεί δέ ή σχέση u/c στη σταθερή τιμή του $1/2$ ή 1 ως άνωτέρω, συμπεραίνουμε ότι και ή περιφερειακή ταχύτητα u πρέπει να είναι πολύ μεγάλη.

Η περιφερειακή όμως ταχύτητα u δίνεται από τόν τύπο:

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

όπου: $\pi = 3,14$, d — ή διάμετρος της πτερυγώσεως και n — ό άριθμός στροφών.

Αυτό μās οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, για να είναι μεγάλη ή u , πρέπει και ή διάμετρος d και ό άριθμός στροφών n να έχουν ύψηλές τιμές.

Όσον άφορά όμως τή διάμετρο υπάρχουν όρισμένοι περιορισμοί από τεχνικούς κατασκευαστικούς λόγους, ώστε να μην μπορεί να αυξηθεί πέρα από όρισμένα όρια. Δέν απομένει έπομένως παρά μόνο ό άριθμός στροφών n ό όποιος πρέπει να διατηρείται ύψηλός, ώστε ή σχέση u/c να παίρνει τίς τιμές του $1/2$ και 1 όπως, άναφέραμε, για να έχει ό στρόβιλος ύψηλή απόδοση.

Συμπεραίνουμε έπομένως ότι ή απόδοση του στρόβιλου συμβαδίζει με τὸ μεγάλο άριθμό στροφών του.

Ό μεγάλος όμως άριθμός στροφών δέν είναι πάντοτε έπιθυμητός για τὸ μηχανημα, τὸ όποιο κινεί ό στρόβιλος, όπως ήλεκτρογεννήτρια, άεροσυμπιεστής κλπ. Ίδιαίτερη δέ σημασία έχει αυτό για τὰ πλοία, όπου ό βαθμός αποδόσεως της έλικας συμβαδίζει αντίθέτως με τὸ χαμηλό άριθμό στροφών της.

Άπό αυτό προκύπτει και ή ανάγκη έξευρέσεως τρόπων για τή μείωση ή έλάττωση των στροφών κατά τή μετάδοση της κινήσεως από τόν άξονα του στρόβιλου προς τὸ μηχανημα, πού κινείται από αυτόν.

Τά συστήματα μείσεως των στροφών πού χρησιμοποιούνται είναι τρία:

— Μέ **όδοντωτούς τροχούς**.

— Μέ *υδραυλική μετάδοση*.

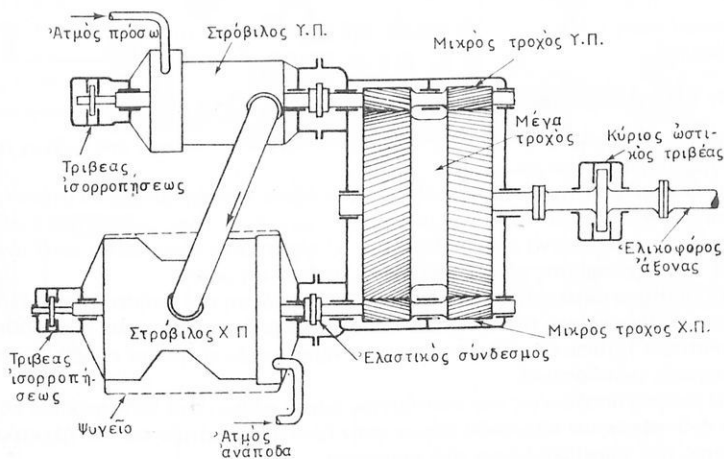
— Μέ *ηλεκτρική μετάδοση*.

Αυτά θά περιγράψουμε μέ συντομία άμέσως παρακάτω.

β) *Η μετάδοση μέσω μειωτήρων μέ δοντωτούς τροχούς.*

Στό σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται δοντωτοί τροχοί μέ μία ή περισσότερες πτώσεις τών στροφών. Άρχικά προσαρμόζεται στόν άξονα του στρόβιλου δοντωτός τροχός μέ μικρή διάμετρο, ό οποίος έμπλέκεται μέ δοντωτό τροχό μέ μεγάλη διάμετρο. Άπό τόν άξονα του δοντωτού τροχού μέ τή μεγάλη διάμετρο άκολουθεί δεύτερη ή καί τρίτη μείωση ώστε νά έπιτυγχάνεται συνολική σχέση μετάδοσης στροφών έως 1 : 12 ή 1 : 15 μεταξύ άξονα στρόβιλου καί άξονα μηχανήματος ή έλικας (σχ. 5.19).

Τό συγκρότημα τών δοντωτών τροχών τοποθετείται σέ ιδιαίτερο κιβώτιο, τό όποιο καλείται *κιβώτιο μειωτήρων*.



Σχ. 5.19.

Οί τροχοί καί οί τριβείς τους κατασκευάζονται από χάλυβα άριστης ποιότητας πού έπιφανειακά έχει ένανθρακωθεί ώστε στά σημεία έπαφής τών δοντιών νά έχουν αύξημένη σκληρότητα. Κατά τή λειτουργία τους λιπαίνονται μέ λάδι τεχνητής κυκλοφορίας (άναγκαστικής).

Τά δόντια τών τροχών κόβονται μέ μηχανήματα (γρναζοκόπτες) μεγάλης ακρίβειας, τά όποια λειτουργούν μέσα σέ θάλαμους, όπου ή θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.

Τά δόντια τών τροχών κόβονται υπό γωνία, δηλαδή έλικοειδή, οί δέ τροχοί τοποθετούνται μέσα στό κιβώτιο κατά τρόπο, ώστε οί άξονικές ώσεις λόγω τών έλικοειδών δοντιών νά έξουδετερώνονται άμοιβαία.

Η μετάδοση της κινήσεως μέσω όδοντωτών τροχών παρουσιάζει απόδοση 97%, επομένως απώλεια ισχύος 3% περίπου, χρησιμοποιείται δέ πάρα πολύ σήμερα.

γ) Η υδραυλική μετάδοση.

Τό σύστημα αυτό ονομάζεται καί σύστημα Föttinger (Φαίτινγκερ) από τό όνομα του Γερμανού καθηγητή, πού τό επινόησε. Αποτελείται από μία περιστροφική άντλία λαδιού ή όποια προσαρμόζεται στον άξονα του στρόβιλου. Απέναντί της ακριβώς τοποθετείται ένας υδραυλικός κινητήρας ή τροχός, ό όποιος προσαρμόζεται στον άξονα του μηχανήματος ή της έλικας.

Αντλία καί κινητήρας τοποθετούνται σε κοινό κιβώτιο, κάτω από τό όποιο υπάρχει έλαιολεκάνη.

Κατά την κίνηση του άτμοστρόβιλου ή άντλία άναρροφά λάδι από την έλαιολεκάνη καί τό καταθλίβει στά πτερύγια του έλαιοτροχού, ό όποιος περιστρέφεται καί προκαλεί την περιστροφή του άξονα του μηχανήματος ή της έλικας μέ αριθμό στροφών πού ρυθμίζεται ανάλογα.

Η απόδοση του συστήματος φθάνει στά 93% ή δέ χρήση του είναι μάλλον περιορισμένη.

δ) Η ηλεκτρική μετάδοση.

Τό σύστημα της ηλεκτρικής μεταδόσεως αποτελείται βασικά από ζεύγος ήλεκτρογεννήτριας-ήλεκτροκινητήρα.

Η ήλεκτρογεννήτρια προσαρμόζεται στον άξονα του πολύστροφου άτμοστρόβιλου καί παράγει ηλεκτρικό ρεύμα, τό όποιο κινεί έναν ήλεκτροκινητήρα βραδύστροφο μέ ρυθμιζόμενο αριθμό στροφών. Ο ήλεκτροκινητήρας αυτός κινεί τόν άξονα του μηχανήματος μέ τόν επιθυμητό αριθμό στροφών.

Τό σύστημα αυτό χρησιμοποιείται κατά τη μετάδοση της κινήσεως πρός έλικες πλοίων, καθώς καί για την κίνηση σιδηροδρόμων από άτμοστρόβιλο, όνομάσθηκε δέ σύστημα Turbine Electric. (Η όνομασία σημαίνει την κίνηση μέ στρόβιλο μέσω ηλεκτρικής μεταδόσεως).

Ο βαθμός απόδόσεως του συστήματος αυτού φθάνει στά 90% περίπου λόγω των άναποφεύκτων άπωλειών ισχύος στην ήλεκτρογεννήτρια καί τόν ήλεκτροκινητήρα, πού παρεμβάλλονται στη μετάδοση.

5.20 Σύγχρονοι τύποι καί έγκαταστάσεις άτμοστρόβιλων.

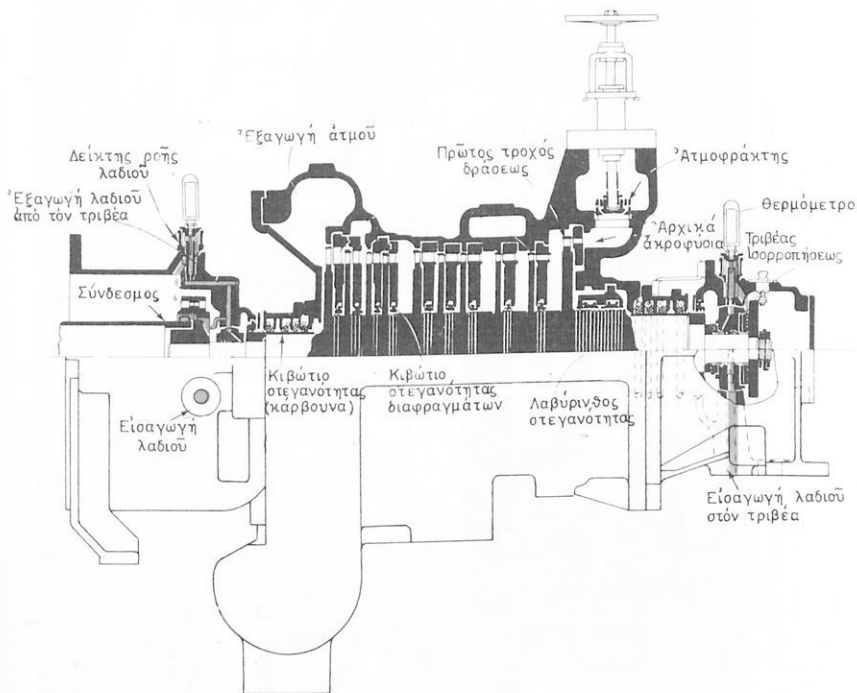
Παρακάτω θά περιγραφούν σε γενικές γραμμές όρισμένοι σύγχρονοι τύποι στροβίλων κατασκευασμένοι από τά μεγαλύτερα έργοστάσια στον κόσμο. Παράγονται σε τυποποιημένες μορφές καί χρησιμοποιούνται σε έγκαταστάσεις ξηράς καί πλοίων. Όταν χρησιμοποιούνται στά πλοία εφοδιάζονται μέ μικρό στρόβιλο Curtis, ό όποιος τοποθετείται στον άξονα του στρόβιλου Χ.Π. μέ πτερύγωση αντίθετης φοράς από τήν πτερύγωση του κύριου στρόβιλου για την άναστροφή της κινήσεως του άξονα.

Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές στροβίλων είναι τά έργοστάσια General Electric, Westinghouse στην Αμερική, John Brown στην Αγγλία, A.E.G., Zoelly, Stahl Laval, Sulzer κλπ. στην άλλη Εύρώπη, Mitshubishi στην Ιαπωνία καί πολλοί άλλοι.

α) Συγκρότημα στροβίλων ΥΠ-ΧΠ (Rateau) της De Laval Steam Turbine Co.

Τό σχήμα 5.20α παριστάνει μέ όλες τίς λεπτομέρειές του καί έπεξηγήσεις άτμο-στροβίλο Υ.Π. μέ διαβάθμιση τής πίεσεως του άτμου.

Τό σχήμα 5.20β παριστάνει στροβίλο Χ.Π.τής ίδιας κατηγορίας. Γιά τή χρησιμοποίησή του σέ πλοία περιλαμβάνει τό στροβίλο του άνάποδα, τύπου Curtis - Rateau στό πίσω άκρο του.

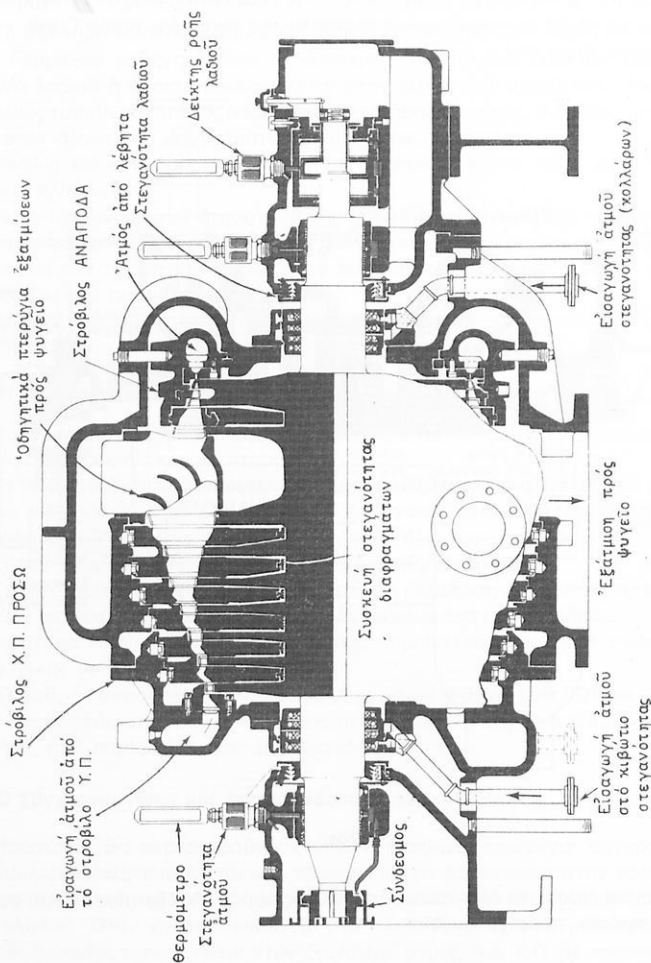


Σχ. 5.20α.

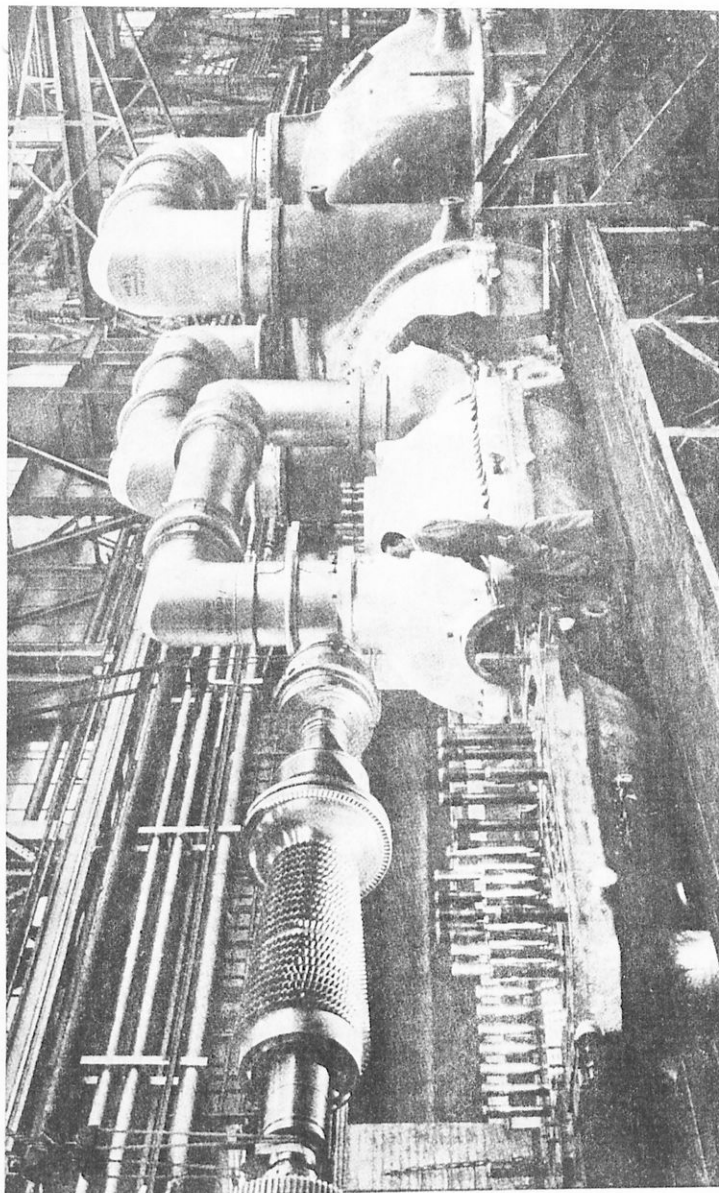
Διακρίνονται έπίσης τά όδηγητικά πτερύγια έκτροπής τής έξατμίσεως του στροβίλου Χ.Π. πρόσω, πρόσ τό ψυγείο.

β) Έγκατάσταση ήλεκτροπαραγωγής Brown-Boveri.

Στό σχήμα 5.20γ φαίνεται σέ φωτογραφία μία τέτοια έγκατάσταση 150 MW 3000 σ. α. λ. κατά τό δέσιμό της στό έργοστάσιο τή στιγμή τής τοποθετήσεως του στροφείου Υ.Π., τό όποιο άποτελείται άπό τροχό Curtis καί τύμπανο άντιδράσεως Parson's.



Σχ. 5.20β.

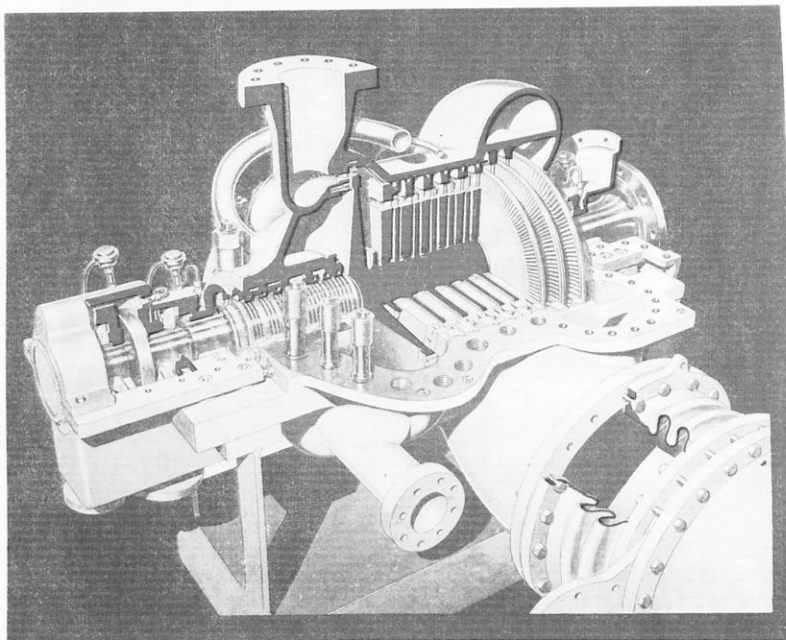


Σχ. 5.20γ.

γ) Στρόβιλος κατασκευής *Stahl-Laval*.

Κατασκευάζεται για πολύ μεγάλες ιπποδυνάμεις από 10.000 - 40.000 SHP, για εγκαταστάσεις ξηράς και μεγάλα δεξαμενόπλοια από το όμιλό του εργοστάσιο στο Finspong της Σουηδίας.*

Στό σχήμα 5.20δ εικονίζεται σε προοπτική τομή ο στρόβιλος Υ.Π. δράσεως και στο σχήμα 5.20ε ο στρόβιλος της Χ.Π. ομοίως, με το στρόβιλο του ανάποδα.



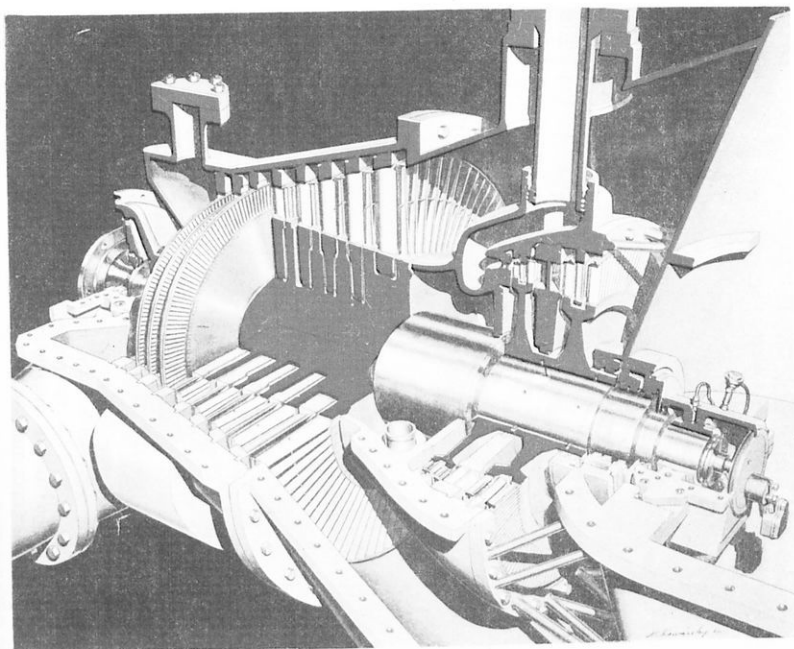
Σχ. 5.20δ.

Στους τύπους αυτών των στροβίλων χρησιμοποιείται ατμός πίεσεως από 66 - 105 kp/cm^2 και θερμοκρασία υπέρθερμου 513°-541°C.

δ) Στρόβιλοι με αναθέρμανση τύπου *M.S.T.-14* της *General Electric*.

Αυτοί αποτελούν την πιο σύγχρονη μορφή στροβίλων πλοίων για πολύ υψηλές ιπποδυνάμεις, λειτουργούν με ατμό υπέρθερμο πίεσεως 1450 p.s.ig και θερμοκρασίας 950°F και παρουσιάζουν πολύ χαμηλή κατανάλωση μέχρι και 0,4 lb/ SH-P/h.

Στό σχήμα 5.20στ φαίνεται το συγκρότημα στρόβιλου Υ.Π. και ένδιάμεσου στρόβιλου αναθερμάνσεως. Ο ατμός βγαίνοντας από το στρόβιλο Υ.Π. πηγαίνει στον αναθερμαντήρα του λέβητα όπου ξαναθερμαίνεται και επιστρέφει στο στρό-



Σχ. 5.20ε.

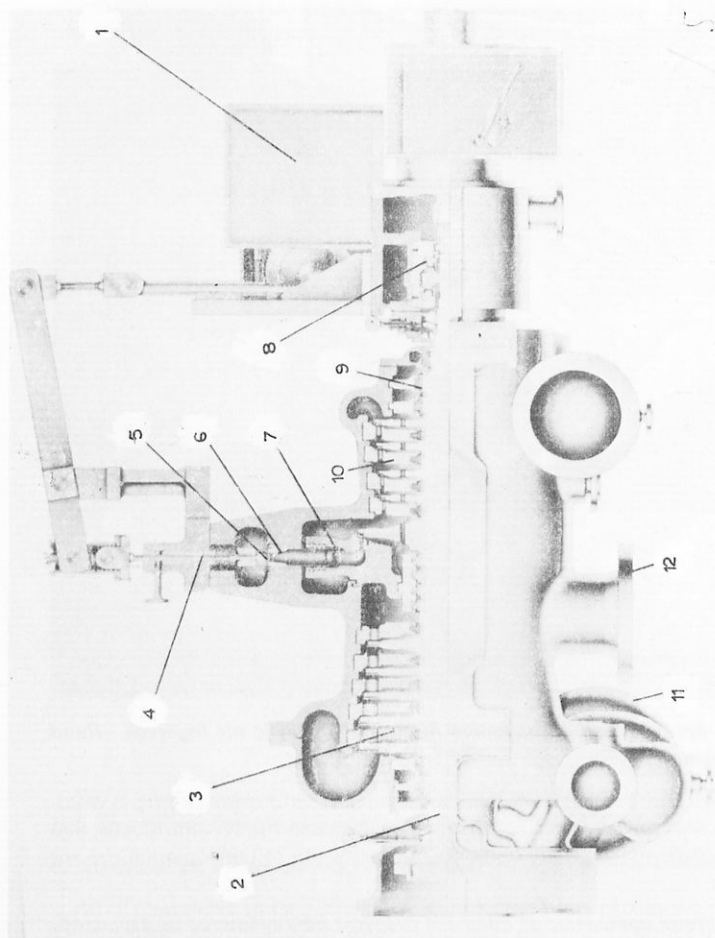
βίλο αναθερμάνσεως· στή συνέχεια πηγαίνει στο στρόβιλο Χ.Π. Αυτός εικονίζεται στο σχήμα 5.20ζ μαζί με τό στρόβιλο του άνάποδα πού είναι στον ίδιο άξονα.

ε) Σύγχρονη έγκατάσταση έργοστασίου ηλεκτροπαραγωγής της Ingersoll - Rand στή Ν. Υόρκη.

Αυτή εικονίζεται στο σχήμα 5.20η, όπου διακρίνεται ό άτμολέβητας, ό άτμο-στρόβιλος, ή ηλεκτρογεννήτρια καί τά λοιπά μηχανήματα τής έγκαταστάσεως πού αναφέρονται στο υπόμνημα του σχήματος με έπεξήγηση του προορισμού του καθενός.

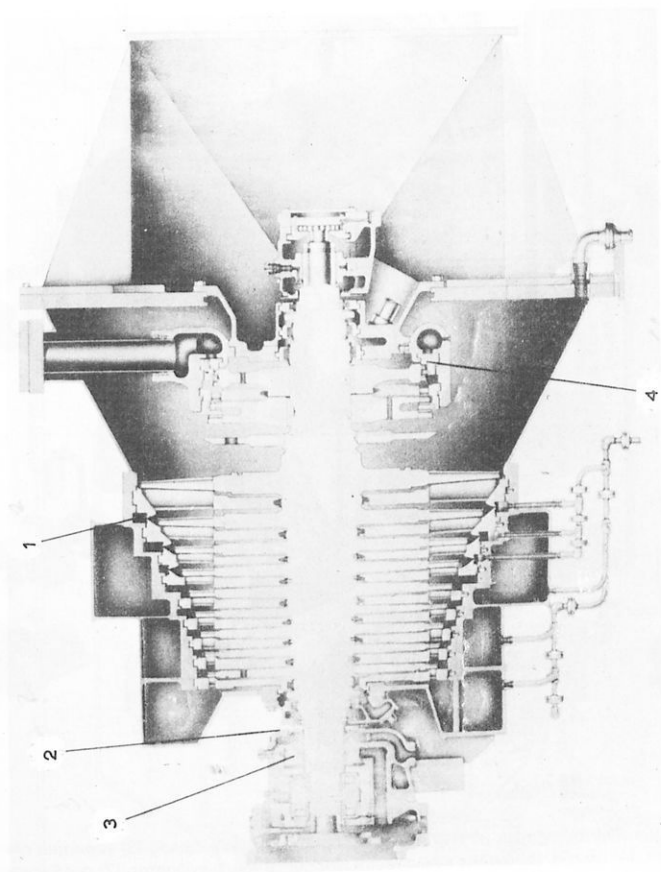
στ) Έγκατάσταση προώσεως με πυρηνική ένέργεια σέ συνδυασμό με άτμοστρόβιλο.

Αυτή εικονίζεται στο σχήμα 5.20θ καί άφορά τό Άμερικανικό πυρηνοκίνητο πλοίο Savannah. Άποτελείται από τούς λέβητες άτμού, τόν πυρηνικό αντίδραστήρα, τή δεξαμένη πίεσεως, τς άντλίες ψυκτικού νερού, τούς άτμοστρόβιλους με τό ψυγείο τους, τήν τροφοδοτική άντλία καί τή στροβιλογεννήτρια.



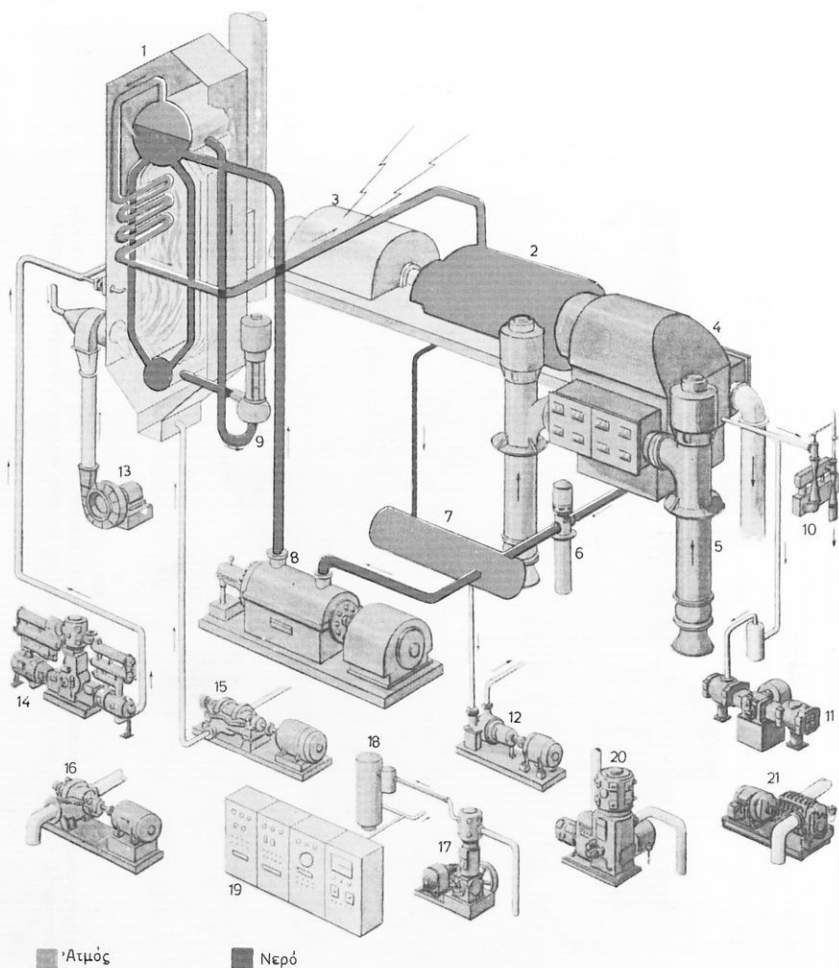
Σχ. 5.20στ.

(1) Ηλεκτροϋδραυλικό χειριστήριο ατμοφράκτη, (2) άξονας στρόβιλου, (3) διαφράγματα, (4) βάκτρο βαλβίδας προφυσίων, (5) δίσκος βαλβίδων προφυσίων, (6) έδρα βαλβίδων προφυσίων, (7) δίοδος προς προφύσια α' βαθμίδας στρόβιλου Υ.Π., (8) τριβέας ίσοστροφής, (9) συσκευή στεγανότητας, (10) διαφράγματα, (11) έξαγωγή από στρόβιλο αναθερμάνσεως προς στρόβιλο Χ.Π., (12) είσπαγωγή στο στρόβιλο αναθερμάνσεως.



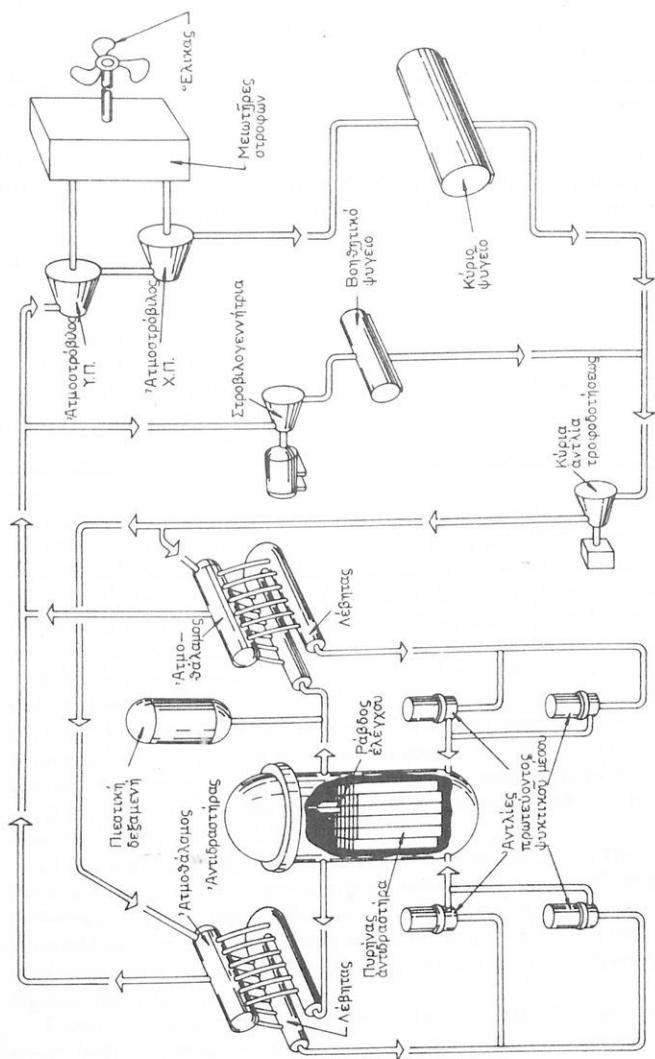
Σχ. 5.20.

(1) Σύστημα αφαρέσεως υγρασίας από τις τελευταίες περιγνώσεις προς άποφυγή της μηχανικής διαβρώσεως, (2) έκτροπας λαδίου, (3) σφαιροτριβείας, (4) τόξο έγχύσεως στρόβιλου ανάποδα.



Σχ. 5.20η.

(1) Άτμογεννήτρια ύψιστης πίεσης με τεχνητή κυκλοφορία, (2) άτμοστρόβιλος, (3) γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, (4) ψυγεία, (5) αντλίες κυκλοφορίας, (6) αντλία συμπυκνώματος, (7) προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού, (8) αντλία τροφοδοτικού νερού, (9) αντλία τεχνητής κυκλοφορίας νερού λέβητα, (10) έκχυτρες άέρα που άναρροφούν τόν άέρα και τά μή συμπυκνωμένα άέρια από τό ψυγείο, (11) αντλία κενού χρησιμοποιούμενη έναλλακτικά αντί των έκχυτρων, (12) αντλία συμπυκνώματος προθερμαντήρα, (13) άνεμιστήρας καυσιγόνου άέρα, (14) άεροσυμπιεστής πεπιεσμένου άέρα γιά τούς έκκαπνιστήρες, (15) αντλία έκπλύσεως τέφρας, (16) αντλία βοηθητικών χρήσεων, (17) άεροσυμπιεστής άέρα τών όργάνων αυτόματου έλεγχου τής έγκαταστάσεως, (18) ψυγείο και άεροφίαλη άέρα αυτόματου έλεγχου, (19) πίνακας όργάνων παρακολουθήσεως και έλεγχου (κονσόλα) τής αυτόματοποιημένης λειτουργίας τής έγκαταστάσεως, (20) άεροσυμπιεστής άερα βοηθητικών χρήσεων, (21) άεροσυμπιεστής άέρα λειτουργίας τών μεταφορών καυσίμου.



Σχ. 5.20θ.

Σ' αυτή χρησιμοποιείται ούράνιο τεχνητώς έμπλουτισμένο, ώστε να εξασφαλίζει εύκολα άτομα πού υπόκεινται σέ σχάση. Τό ούράνιο περιέχεται στά στοιχεΐα καυσίμου μέσα στον πυρήνα του αντίδραστήρα. "Όταν οί ράβδοι έλεγχου αποσύρονται, αρχίζει ή άλυσιδωτή αντίδραση μέσα στό καύσιμο.

"Όταν γίνει ή σχάση του ούρανίου, τό νερό πού περιβάλλει τόν πυρήνα θερμαΐνεται ταχύτατα σέ πολύ μεγάλη θερμοκρασία. Τό νερό πηγαΐνει εκεί μέ τίς άντλίες ψυκτικού νερού. Έν τούτοις τό νερό δέν άτμοποιείται έξ αίτίας τής μεγάλης πίεσεως πού άσκεΐ σ' αυτό ή δεξαμενή πίεσεως. Τό θερμό νερό κατόπιν κυκλοφορεί στους λέβητες, όπως φαΐνεται στό σχήμα, όπου άποδίδει μέρος τής θερμότητάς του γιά τή δημιουργία άτμοϋ. 'Ο άτμός πού παράγεται έτσι ένεργεί κατόπιν στήν έγκατάσταση άτμοστροβίλων Υ.Π. - Χ.Π. καί στή στροβιλογεννήτρια μέ τόν τρόπο πού ξέρομε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

6.1 Εισαγωγικές γνώσεις.

Οι αεριοστρόβιλοι ανήκουν στην κατηγορία των ΜΕΚ και χαρακτηρίζονται ως περιστροφικές μηχανές όπως και οι ατμοστρόβιλοι.

Ός καύσιμο χρησιμοποιούν κατά κανόνα ελαφρύ πετρέλαιο, που λαμβάνεται από την κλασματική απόσταξη του άργου πετρελαίου σε 200° - 250°C ή μερικές φορές και βαρύτερο.

Ός προς τη μορφή και τον τρόπο λειτουργίας τους μοιάζουν γενικά με τους ατμοστρόβιλους, από τους οποίους βασικά διαφέρουν ως προς την εργαζόμενη ουσία.

Όπως γνωρίζουμε, στους ατμοστρόβιλους ως εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται το **νερό - άτμος**. Στους αεριοστρόβιλους όμως χρησιμοποιείται στο λεγόμενο **άνοικτο κύκλωμα λειτουργίας** ο αέρας με τα καυσάερια που παράγονται από την καύση του καυσίμου. Στο **κλειστό κύκλωμα**, αντίστοιχα χρησιμοποιείται μόνο ο αέρας ή άλλο κατάλληλο αέριο, όπως είναι τα λεγόμενα άδραν ή αέρια «άργα», «κρυπτό», «ξένο», ή «ήλιο».

Και στις δύο περιπτώσεις οι αεριοστρόβιλοι εφοδιάζονται απαραίτητα με έναν **αερ οσυμπιεστή**, ο οποίος συμπιέζει τον αέρα, είτε πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως εργαζόμενη ουσία και ως καυσιγόνος για την παραγωγή των καυσαερίων του άνοικτου κυκλώματος, είτε πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μόνο ως εργαζόμενη ουσία των αεριοστροβίλων του κλειστού κυκλώματος λειτουργίας.

Ο αεροσυμπιεστής είναι ουσιώδης και απαραίτητο μηχανήμα των αεριοστροβίλων, όπως θα δούμε στα επόμενα.

Οι αεριοστρόβιλοι άρχισαν να κατασκευάζονται μόνο κατά τα τελευταία 40 περίπου χρόνια, γιατί παλιότερα δέν ήταν δυνατό να παραχθούν κράματα μετάλλων άνθεκτικά στις πολύ ύψηλές θερμοκρασίες, στις οποίες λειτουργούν τα έσωτερικά μέρη του αεριοστρόβιλου. Σήμερα οι αεριοστρόβιλοι συνεχώς βελτιώνονται, με άποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στις εγκαταστάσεις ξηράς, πλοίων, ιδίως δέ στα αεροπλάνα.

Ο αεριοστρόβιλος προβλέπεται ότι θα τελειοποιηθεί ως προς τό βαθμό άποδόσεως, όποτε θα επικρατήσει στα περισσότερα πεδία εφαρμογών της Τεχνικής και θα έκτοπίσει αισθητά και τους ατμοστρόβιλους και τις έμβολοφόρες ΜΕΚ, γιατί δέν χρειάζεται λέβητας, φυγείο και όλα τα άλλα βοηθητικά μηχανήματα των ατμοστροβίλων και γιατί είναι πολύ απλούστερη μηχανή από τις έμβολοφόρες ΜΕΚ.

Επίσης κοστίζει φθηνότερα και απαιτεί πολύ λιγότερες φροντίδες για τη συντήρησή και τη λειτουργία του.

Οι αεριοστρόβιλοι κατασκευάζονται από τα μεγαλύτερα εργοστάσια μηχανών όπως: General Electric, Pratt and Whitney και η Allis Chalmers στην Αμερική, Rolls-Royce και Ruston στην Αγγλία, Escher-Wyss στη Γερμανία, Sulzer και Brown-Boveri στην Ελβετία, Fiat στην Ιταλία, Stahl-Laval στην Σουηδία, Mitsubishi στην Ιαπωνία κλπ.

α) Κατάταξη αεριοστροβίλων. Διαφορές αεριοστροβίλων-άτμοστροβίλων

1. Κατάταξη.

Οι αεριοστρόβιλοι διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον θερμικό κύκλο, τον οποίο ακολουθούν κατά τη λειτουργία τους, όπως και οι έμβολοφόρες ΜΕΚ:

1) αεριοστρόβιλοι με καύση υπό «σταθερό όγκο» και

2) αεριοστρόβιλοι με καύση υπό «σταθερή πίεση».

Από αυτούς οι αεριοστρόβιλοι σταθερού όγκου έχουν ελάχιστη πρακτική εφαρμογή, ενώ κατά κανόνα χρησιμοποιούνται οι αεριοστρόβιλοι σταθερής πίεσης, όπως θα δούμε.

Ανάλογα με τον τρόπο, που πραγματοποιείται η λειτουργία τους, κατατάσσονται σε:

α) Αεριοστρόβιλους **άνοικτου** κυκλώματος.

β) Αεριοστρόβιλους **κλειστού** κυκλώματος.

γ) Αεριοστρόβιλους **μικτού** κυκλώματος.

Οι αεριοστρόβιλοι της πρώτης κατηγορίας βρίσκονται σε γενική χρήση αντίθετα με τους αεριοστρόβιλους της δεύτερης και της τρίτης κατηγορίας, οι οποίοι είναι συνδυασμός των δύο άλλων, που δεν έχει βρει μεγάλη εφαρμογή μέχρι σήμερα.

Διακρίνονται επίσης σε **κύριους**, όταν εξυπηρετούν τον κύριο σκοπό των εγκαταστάσεων, δηλαδή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, πρόωση σιδηροδρόμων, πλοίων, αεροσκαφών κλπ., και **βοηθητικούς**, όταν εξυπηρετούν βοηθητικές χρήσεις, όπως οι στροβιλοφυσητήρες των Μ.Ε.Κ. ή η κίνηση βοηθητικών μηχανημάτων της κύριας εγκατάστασης.

Τέλος υπάρχουν αεριοστρόβιλοι εγκαταστάσεων **ξηρής, ναυτικοί** και **αεροσκαφών**.

2) Σύγκριση αεριοστροβίλων — άτμοστροβίλων.

Οι δύο αυτοί τύποι μηχανών παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, αλλά και σημαντικές διαφορές σχετικά με την εγκατάσταση, την κατασκευή και οικονομική εκμετάλλευσή τους. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των αεριοστροβίλων είναι ότι δεν χρειάζονται τροφοδοτικό νερό. Έτσι η εγκατάσταση είναι απλαγμένη από λέβητες, ψυγεία, σύστημα τροφοδοτήσεως, εξαερισμό του τροφοδοτικού νερού, χημική επεξεργασία του κλπ.

Άλλο πλεονέκτημα εξίσου σημαντικό είναι οι χαμηλές πιέσεις λειτουργίας, που στον αεριοστρόβιλο άνοικτου κυκλώματος διατηρούνται μεταξύ 5-15 kp/cm^2 εξα-

σφαλίζοντας καλούς βαθμούς αποδόσεως. Στους ατμοστρόβιλους αντιθέτως, για τη βελτίωση της αποδόσεως της εγκαταστάσεως, είναι ανάγκη να καταφεύγουμε στις υψηλές και ύψιστες πιέσεις του ατμού.

Ο αεριοστρόβιλος είναι μηχανή απλής κατασκευής, μέ μικρότερο όγκο και βάρος, εύκολοχειρίστη, ξεκινά γρήγορα και γρήγορα επίσης φθάνει από την άφορτη κατάσταση στην κατάσταση πλήρους φορτίου λειτουργίας.

Λειτουργεί με έλαττωμένο προσωπικό που δεν χρειάζεται να έχει απαραίτητα υψηλή εκπαίδευση.

Είναι λιγότερο δαπανηρός για τη συντήρηση και είναι απλός στους χειρισμούς.

Εξάλλου παρουσιάζει και όρισμένα μειονεκτήματα, όπως ότι είναι δαπανηρός ως προς τα καύσιμα. Χρειάζεται ελαφρά καύσιμα ή ακόμη και αερίωδη που είναι πολύ άκριβά.

Η ειδική κατανάλωσή του είναι αισθητά μεγάλη (350 έως 300 γραμμάρια τόν ιππο σέ κάθε ώρα) σέ σύγκριση μέ τόν ατμοστρόβιλο (270 έως και 230 γραμμάρια τόν ιππον σέ κάθε ώρα) 'Απ' αυτό προκύπτει ότι έχει μικρότερη συνολική απόδοση από τόν ατμοστρόβιλο.

Γιά τήν κατασκευή του χρειάζονται εξαιρετικής ποιότητας κράματα μετάλλων λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, στίς όποιες λειτουργοῦν τά διάφορα μέρη του, εξαιτίας των οποίων φθείρεται πύο γρήγορα, και ἔχει μικρότερη διάρκεια ζωής.

β) Κύκλωμα λειτουργίας αεριοστροβίλων.

Πρίν περιγράψομε κάθε μία κατηγορία αεριοστροβίλων, πρέπει να πούμε τί είναι τό κύκλωμα λειτουργίας.

Κύκλωμα λειτουργίας στους αεριοστρόβιλους, όπως και στίς άλλες θερμικές μηχανές, ονομάζεται ή διαδρομή, τήν όποία ακολουθεϊ ή εργαζόμενη ουσία.

Στους αεριοστρόβιλους **άνοικτοῦ κυκλώματος** ή εργαζόμενη ουσία είναι αέρας, ό όποίος αναρροφάται από τήν ατμόσφαιρα και συμπιεζόμενος από τό συμπίεστή αποκτᾶ μεγάλη πίεση και ταυτόχρονα και μεγάλη θερμοκρασία. 'Από τόν αέρα και από τήν καύση τοῦ πετρελαίου παράγονται τά καυσαέρια, τά όποια αποδίδουν τό ἔργο τους στό στρόβιλο και κατόπιν βγαίνουν πρὸς τήν ατμόσφαιρα.

Στους αεριοστρόβιλους **κλειστοῦ κυκλώματος** ὡς εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιεῖται αέρας (ή άλλο κατάλληλο αέριο από τά λεγόμενα άδρανή, ὅπως τό άργό, τό κρυπτό, τό ξένο κλπ.), πού κυκλοφορεϊ μέσα στό συγκρότημα τοῦ αεριοστροβίλου, χωρίς να ἔρχεται σέ ἐπικοινωνία μέ τήν ατμόσφαιραν, δηλαδή σέ κλειστό κύκλωμα αδιάκοπης διαδρομής. 'Αρχικά ή εργαζόμενη ουσία θερμαίνεται μέσα σέ λέβητα ή θερμαντήρα, όπου αποκτᾶ υψηλή θερμοκρασία, κατόπιν κυκλοφορεϊ μέσα στό στρόβιλο, όπου ή ἐνέργειά του μετατρέπεται σέ μηχανικό ἔργο, και τέλος μέ χαμηλή πίεση και θερμοκρασία ἐπιστρέφει πρὸς τό συμπίεστή, άφού προηγουμένως ψυχθεϊ μέχρι τή θερμοκρασία αναρροφήσεως τοῦ συμπίεστή.

Σύμφωνα μέ αυτά μπορούμε να πούμε ότι οι μέν αεριοστρόβιλοι άνοικτοῦ κυκλώματος άντιστοιχοῦν πρὸς τίς ΜΕΚ, οι δέ αεριοστρόβιλοι κλειστοῦ κυκλώματος πρὸς τίς άτμομηχανές (παλινδρομικές ή στρόβιλους).

Τέλος οι αεριοστρόβιλοι **μικτοῦ**, ή ὅπως άλλως λέγεται **ήμικλειστοῦ κυκλώματος**, αποτελοῦν συνδυασμό των δύο άλλων κατηγοριών τοῦ άνοικτοῦ και τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

γ) 'Αεριοστρόβιλος σταθερού ὄγκου.

Τό σχῆμα 6.1α παριστάνει ἕναν ἀεριοστρόβιλο «σταθεροῦ ὄγκου» στήν ἀπλούστερή του μορφή καί διάταξη. Ἀποτελεῖται:

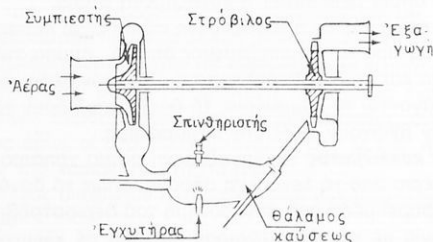
α) Ἀπό **ἁεροσυμπιεστή** ἐξαρτημένο ἀπό τόν ἄξονα τοῦ στρόβιλου. Ὁ ἀεροσυμπιεστής συμπίεζει καί καταθλίβει τόν ἀέρα στό θάλαμο καύσεως.

β) Ἀπό τό **θάλαμο καύσεως**, ὁ ὁποῖος ἐφοδιάζεται μέ **βαλβίδα εἰσαγωγῆς** τοῦ ἀέρα, **ἐγχυτήρα** τοῦ καυσίμου, **σπινθηριστή** καί **βαλβίδα ἐξαγωγῆς** τῶν καυσαερίων.

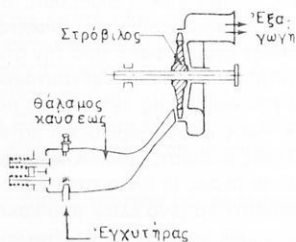
γ) Ἀπό τό **στρόβιλο**, μέσα στόν ὁποῖο τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἀποδίδουν τό ἔργο τους.

Ὁ στρόβιλος αὐτός ἔχει συνήθως περισσότερους ἀπό ἕνα θαλάμους καύσεως, οἱ ὁποῖοι φέρουν βαλβίδες εἰσαγωγῆς καί ἐξαγωγῆς.

Στούς θαλάμους ὁ συμπιεστής καταθλίβει τόν ἀέρα κατά τή σειρά πού ἀνοίγουν οἱ βαλβίδες εἰσαγωγῆς μέ τή βοήθεια κατάλληλου συστήματος διανομῆς. Ἀφοῦ γεμίσει κάθε θάλαμος μέ συμπιεσμένο ἀέρα, κλείνεται ἡ βαλβίδα εἰσαγωγῆς του καί ἐγχέεται ἡ ἀναγκαῖα ποσότητα καυσίμου ἀπό τόν ἐγχυτήρα. Τό καύσιμο ἀναφλέγεται μέ τή βοήθεια σπινθήρα, πού παράγει κατάλληλος σπινθηριστής. Ἔτσι μέσα στό θάλαμο καύσεως ἡ πίεση ἀνεβαίνει ἀπότομα, καί ἀμέσως μόλις ἀνοίξει ἡ βαλβίδα ἐξαγωγῆς, βγαίνει ἀπό αὐτόν δέσμη καυσαερίων. Τά καυσαέρια αὐτά χτυποῦν στά περὺγια τοῦ στροφείου μέ μεγάλη ταχύτητα, κί' ἔτσι προκαλοῦν τήν περιστροφή του. Μόλις μέσα στό θάλαμο καύσεως ἡ πίεση κατεβεῖ πάλι περίπου στήν ἀτμοσφαιρική, ἡ βαλβίδα ἐξαγωγῆς κλείνεται μέ τή βοήθεια τοῦ ἴδιου μηχανισμού διανομῆς.



Σχ. 6.1α.



Σχ. 6.1β.

Μ' αὐτόν τόν τρόπο τὰ καυσαέρια χτυποῦν διαδοχικά στά περὺγια τοῦ στρόβιλου μέ διακοπτόμενες δέσμες μέσω προφυσίων πού εἶναι τοποθετημένα περιφερειακῶς.

Ἡ ὅλη διάταξη τοῦ ἀεριοστρόβιλου αὐτοῦ μπορεῖ νά παρομοιωθεῖ πρὸς ἕναν ἐμβολοφόρο κινητήρα ἐφοδιασμένο μέ στρόβιλο πού λειτουργεῖ μέ καυσαέρια. Τό συγκρότημα συμπιεστή καί θαλάμου καύσεως ἀντιστοιχεῖ πρὸς τόν ἐμβολοφόρο κινητήρα, ὁ δέ ἀεριοστρόβιλος πρὸς τό στρόβιλο καυσαερίων.

Ὁ ἀεριοστρόβιλος σταθεροῦ ὄγκου μπορεῖ ἐπίσης νά λειτουργῇ καί χωρὶς συμπιεστή (σχ. 6.1β).

Σ' αυτήν την περίπτωση μίγμα αέρος καί καυσίμου μπαίνει στο θάλαμο καύσεως μέσω αυτόματων βαλβίδων καί αναφλέγεται από ένα σπινθηριστή. 'Η καύση προσεγγίζει την υπό σταθερό ὄγκο ἀλλαγὴ καί κατ' αὐτὴ μεγαλώνει ἡ πίεση, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν ἐξοδο τῶν καυσαερίων ἀπὸ τὸ ἀκροφύσιο πρὸς τὰ πτερύγια τοῦ στρόβιλου. 'Η ὁρμὴ τῶν καυσαερίων προκαλεῖ μέσα στοῦ ἀκροφύσιου ἀναρρόφηση, ἡ ὁποία μὲ τὴ σειρά της δημιουργεῖ στοῦ θάλαμο καύσεως ὑποπίεση. Χάρη σ' αὐτὴ καί ὅταν ἡ πίεση κατεβεῖ στὴν ἀτμοσφαιρική, πραγματοποιεῖται ἡ εἰσαγωγή νέας ποσότητος μίγματος.

Στὸ στρόβιλο «σταθεροῦ ὄγκου» θεωρητικὰ ἐπιτυγχάνεται ἡ μέγιστη θερμοκρασία τοῦ κύκλου μέσα στοῦ θάλαμο καύσεως. 'Η θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ μέγιστη θερμοκρασία τοῦ στρόβιλου σταθερῆς πίεσεως καί συνεπῶς ἡ ἀπόδοση τοῦ κύκλου, ἀπ' ὅσα ξέρομε, εἶναι ἐπίσης μεγαλύτερη.

Στὴν πράξη ὅμως τὸ σύστημα τοῦ στρόβιλου σταθεροῦ ὄγκου παρουσιάζει πολὺς ἀδυναμίες, ἰδίως μηχανικῆς φύσεως, πού ὀφείλονται στὶς βαλβίδες. 'Επίσης παρουσιάζει ἐλαττώματα πού σχετίζονται μὲ τὴν ἀεροδυναμικὴ ροὴ τῶν ἀερίων κατὰ τὴν πορεία τους πρὸς τὰ πτερύγια τοῦ στρόβιλου.

Γιὰ τοὺς λόγους αὐτοὺς ὁ τύπος αὐτὸς στρόβιλου δὲν βρῆκε παρὰ ἐλάχιστες μόνο ἐφαρμογές μὲ πειραματικὸ ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον χαρακτήρα, καί γι' αὐτὸ δὲν θὰ μᾶς ἀπασχολήσει περισσότερο.

'Η περιγραφή τοῦ ὑπῆρξε ἀναγκαία, γιὰ νὰ ἔχομε μία ὁλοκληρωμένη ἔννοια τῆς προσπάθειας πού καταβλήθηκε καί ἐξακολουθεῖ νὰ καταβάλλεται πρὸς τὴν κατεύθυνση τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἀerioστρόβιλων στὴ βιομηχανία καί γενικά, ὅπου ἀπαιτεῖται ἡ παραγωγή μηχανικοῦ ἔργου ἀπὸ τὴ θερμότητα.

Σήμερα ὅλοι σχεδόν οἱ ἀerioστρόβιλοι πού χρησιμοποιοῦνται εἶναι στρόβιλοι «σταθερῆς πίεσεως», τοὺς ὁποίους περιγράψουμε παρακάτω.

δ) 'Αerioστρόβιλος σταθερῆς πίεσεως.

1) Στοιχειώδης λειτουργία τοῦ ἀerioστρόβιλου σταθερῆς πίεσεως.

Ἕνας ἀerioστρόβιλος αὐτῆς τῆς κατηγορίας παριστάνεται στοῦ σχῆμα 6.1 γ στὴν ἀπλή του μορφῇ.

Βασικὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν **ἀεροσυμπιεστή**, τὸ **θάλαμο καύσεως** καί τὸ **στρόβιλο**.

Ὁ αέρας εἰσέρχεται στὸν ἀεροσυμπιεστή καί ἀπ' αὐτόν ὠθεῖται μὲ τὴν πίεση συμπίεσεως στοῦ θάλαμο καύσεως, ὅπου τὸ καύσιμο ἐγχέεται συνεχῶς ἀπὸ εἰδικὴ ἀντλία. 'Η καύση, ἡ ὁποία ἀρχικῶς κατὰ τὴν ἐκκίνηση δημιουργεῖται μὲ ἡλεκτρισμό, συνεχίζεται ὑπὸ σταθερὴ πίεση καί προκαλεῖ μεγάλη ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας καί αὔξηση τοῦ ὄγκου τῶν ἀερίων.

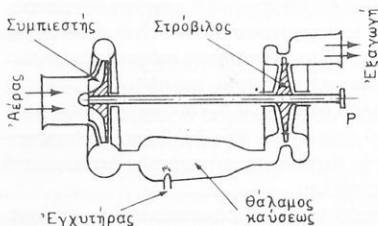
Τὸ ἔργο, πού παράγουν τὰ αἲρια κατὰ τὴ ἐκτόνωσή τους μέσα στὰ πτερύγια τοῦ στροφείου, κατὰ ἓνα μέρος ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸ συμπιεστή, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπο ἀποδίδεται ὡς ὠφέλιμο ἔργο στὸν ἄξονα Ρ.

Τὰ θερμὰ καυσαερία ἐκτονώνονται μέχρι τὴν ἀτμοσφαιρική πίεση καί κατόπιν βγαίνουν στὴν ἀτμόσφαιρα.

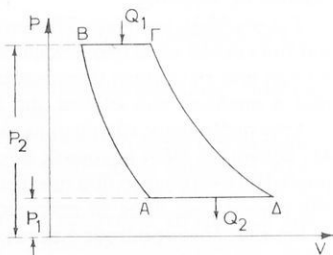
Τὸ χαρακτηριστικὸ αὐτοῦ τοῦ ἀerioστρόβιλου εἶναι ὅτι ἡ καύση εἶναι **συνεχῆς** καί πραγματοποιεῖται μὲ πίεση **σταθερή**.

Ο αεροστρόβιλος συμπληρώνεται κατάλληλα με διάφορα όργανα για να επιτευχθεί:

- Διαβάθμιση της συμπίεσεως για την πραγματοποίηση ένδιάμεσης ψύξεως.
- Διαβάθμιση της έκτονώσεως για να επαναληφθεί ή καύση.
- Μερική ανάκτηση της θερμότητας, που περιέχεται στα καυσαέρια της εξαγωγής, τα οποία οδηγούνται σ' έναν εναλλακτήρα θερμότητας ή αναθερμαντήρα και την μεταδίδουν στον αέρα που βγαίνει από το συμπιεστή.



Σχ. 6.1γ.



Σχ. 6.1δ.

2) Θερμικός κύκλος του αεροστρόβιλου σταθερής πίεσεως.

Ο θεωρητικός κύκλος, σύμφωνα με τον οποίο λειτουργεί ο αεροστρόβιλος συνεχούς καύσεως, που περιγράψαμε προηγουμένως, είναι ο κύκλος σταθερής πίεσεως ή κύκλος του Brayton (σχ. 6.1δ).

Ο αέρας μπαίνει στο συμπιεστή με ατμοσφαιρική πίεση p_1 και συμπιέζεται αδιαβατικά κατά την αδιαβατική καμπύλη ΑΒ από το σημείο Α στο Β.

Η καύση μέσα στο θάλαμο καύσεως γίνεται υπό σταθερή πίεση p_2 από το σημείο Β στο Γ κατά την ευθεία ΒΓ με τη χορήγηση ποσότητας θερμότητας Q_1 , η οποία προκαλεί αύξηση του όγκου της εργαζόμενης ουσίας.

Η έκτόνωση γίνεται μέσα στο στρόβιλο κατά την αδιαβατική καμπύλη ΓΔ από το σημείο Γ στο Δ.

Στο σημείο Δ τα αέρια της καύσεως βγαίνουν στην ατμόσφαιρα ή ψύχονται κατάλληλα υπό σταθερή πίεση κατά τη γραμμή ΔΑ και επανέρχονται στην αρχική κατάσταση στο σημείο Α. Η υπό σταθερή πίεση αλλαγή ΔΑ συντελείται προφανώς με αφαίρεση άλλου ποσού θερμότητας Q_2 , μικρότερου πάντως από το Q_1 .

Όπως ξέρομε από τη θερμοδυναμική, το έμβασμόν ΑΒΓΔΑ παριστάνει το θεωρητικό ωφέλιμο έργο, το οποίο αποδίδεται από τον άξονα του στρόβιλου. Στην πραγματικότητα το ωφέλιμο έργο δεν είναι άλλο παρά η διαφορά μεταξύ του έργου, που παράγει ο στρόβιλος, και του έργου που απορροφά ο αεροσυμπιεστής.

Για μία όρισμένη σχέση ή βαθμό συμπίεσεως το όλικό έργο είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της καύσεως ΒΓ που γίνεται υπό σταθερή πίεση. Από το μήκος αυτό άλλωστε που λέγεται και διάρκεια καύσεως εξαρτάται και το μέγεθος του διαγράμματος.

Η απόδοση του θεωρητικού αυτού κύκλου είναι, όπως ξέρομε από τη θερμοδυναμική, ίση προς:

$$\eta_{\theta} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Αυτή εξαρτάται από το **βαθμό συμπίεσης και συμβαδίζει μαζί του**, δηλαδή **όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπίεσης, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο βαθμός αποδόσεως του κύκλου**.

6.2 Τύποι Άεριοστροβίλων. Περιγραφή. Λειτουργία.

α) Άεριοστρόβιλος άνοικτου κυκλώματος.

Αυτός σε γενικές γραμμές αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

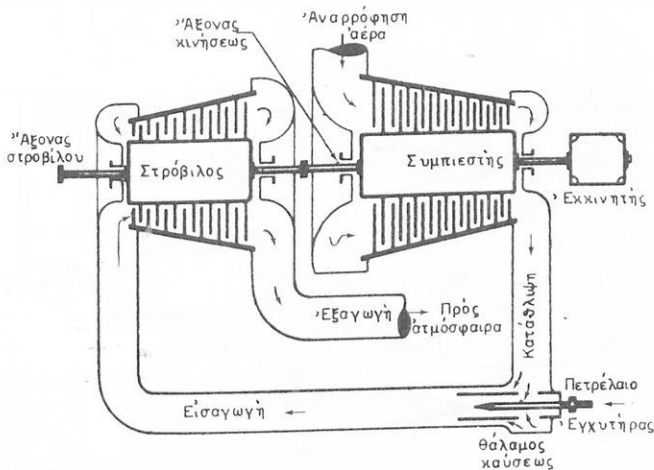
Τόν περιστροφικό **συμπιεστή**.

Τό **θάλαμο καύσεως** ή **έστια**.

Τόν κυρίως **στρόβιλο**.

Έκτός από τα κύρια αυτά μέρη μπορεί να υπάρχει στην εγκατάσταση και **άναθερμαντήρας** για να προθερμαίνεται ο αέρας, πρίν μπει στο θάλαμο καύσεως. Ό αέρας στην περίπτωση αυτή προθερμαίνεται από τη θερμότητα, πού έχουν ακόμη τα καυσαέρια, όταν βγαίνουν από τό στρόβιλο.

Τό σχήμα 6.2α παριστάνει τή διάταξη ενός αεριοστρόβιλου άνοικτου κυκλώματος, άπλου, δηλαδή χωρίς άναθερμαντήρα.



Σχ. 6.2α.

Η λειτουργία του γίνεται ως εξής: Η μηχανή παίρνει μπρός (ξεκινά) με ένα **έκκινητή**, π.χ. με έναν ηλεκτρικό κινητήρα (μίζα). Μόλις ξεκινήσει, ο συμπιεστής αναρροφά αέρα και τόν συμπιέζει σε 5 - 10 kp/cm^2 , ανάλογα με τήν εγκατάσταση. Με τήν πίεση αυτή ό αέρας μπαίνει μέσα στο θάλαμο καύσεως, όπου άναμιγνύεται με

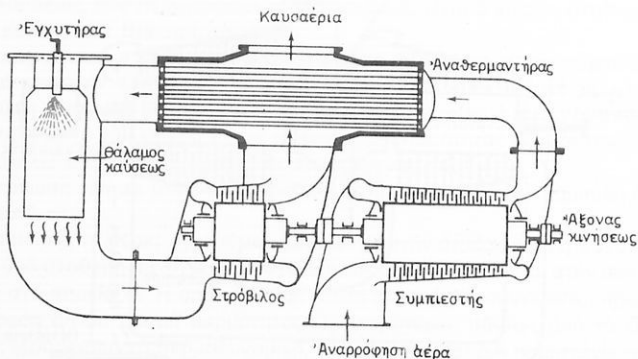
τό πετρέλαιο, τό όποίο ψεκάζεται μέσα στόν ίδιο χώρο από τόν **έγχυτήρα**. Στό θάλαμο καύσεως γίνεται ή καύση του πετρελαίου, από τήν όποία παράγονται τά καυσάερια. Αύτά έχουν τήν ίδια πίεση αλλά μεγαλύτερη θερμοκρασία από τόν άέρα που έρχεται από τό συμπιεστή. Τά καυσάερια αύτά από τό θάλαμο καύσεως όδηγούνται μέ ένα σωλήνα είςαγωγής στό στρόβιλο. Διέρχονται από τά περύγια του στρόβιλου καί τόν περιστρέφουν αποδίδοντας έτσι έργο, όπως ακριβώς ό άτμός αποδίδει έργο στόν άτμοστρόβιλο.

Στόν άξονα του στρόβιλου μπορεί νά συνδεθεϊ γεννήτρια ήλεκτρικού ρεύματος ή έλικα πλοίου κλπ. καί νά παραλάβομε έτσι μηχανικό έργο που εύκολα μετατρέπεται σέ έργο ή ενέργεια άλλης μορφής. Ό περιστρεφόμενος άξονας του στρόβιλου περιστρέφει προφανώς καί τό συμπιεστή, ό όποιος άπορροφά ένα σημαντικό μέρος του έργου του στρόβιλου.

Τά καυσάερια τελικά, αφού πραγματοποιήσουν τό έργο τους βγαίνουν μέ χαμηλή πίεση, περίπου ίση μέ τήν άτμοσφαιρική, προς τήν άτμόσφαιρα από τήν καπνοδόχο.

Αν τά καυσάερια αύτά χρησιμοποιηθούν γιά νά προθερμανθεϊ ό άέρας, πρίν μπει στό θάλαμο καύσεως, τότε θά έχομε μία έγκατάσταση μέ **«έπαναφορέα»** ή **«άνακομιστή θερμότητας»** ή **«άναθερμαντήρα»**, όπως αύτή που παριστάνεται διαγραμματικά στό σχήμα 6.2β, όπου φαίνεται ή λειτουργία του άναθερμαντήρα.

Παρατηρούμε ότι ό άναθερμαντήρας άποτελείται από ένα κέλυφος, δύο πώματα καί αλούς, όπως τά γνωστά μας ψυγεία. Μέσα από τούς αλούς περνά ό συμπιεσμένος άτμοσφαιρικός άέρας, ενώ έξω από αυτούς κυκλοφορούν τά καυσάερια.



Σχ. 6.2β.

Ό άεριοστρόβιλος άνοικτού κυκλώματος είναι ό μόνος σχεδόν που έχει έπικρατήσει, γιατί παρουσιάζει τό σοβαρό πλεονέκτημα ότι είναι πιό άπλός καί από τίς άλλες θερμικές μηχανές καί από τούς άεριοστρόβιλους του κλειστού καί μικτού κυκλώματος, που θά εξετάσουμε παρακάτω.

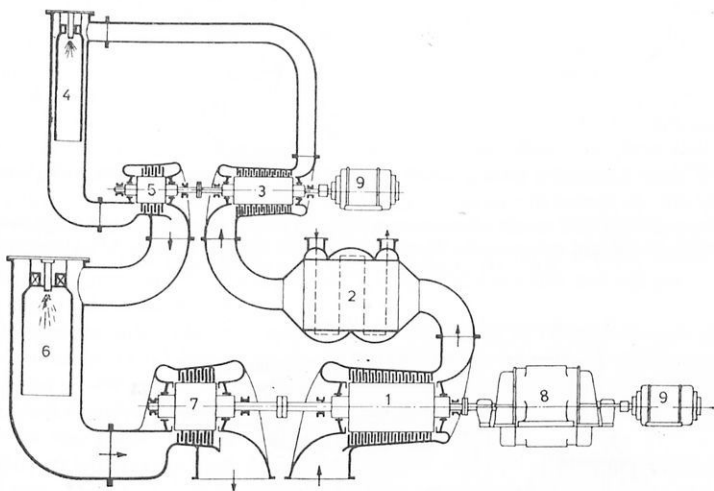
Έκτός από τόν προηγούμενο συνηθισμένο τύπο υπάρχουν καί άεριοστρόβιλοι

άνοικτοῦ κυκλώματος δύο βαθμίδων, πού εἶναι πιό πολύπλοκοι, ἔχουν ὅμως ὑψηλότερο βαθμό ἀποδόσεως.

Σ' αὐτούς κατὰ κανόνα ὑπάρχουν δύο ἄξονες, ἀπό τούς ὁποίους μόνο ὁ ἓνας εἶναι κινητήριος, δίνει δηλαδή τό ὠφέλιμο ἔργο τῆς ἐγκαταστάσεως.

Συνήθως τά δύο συγκροτήματα ἔχουν **συμπίεση σέ δύο βαθμίδες μέ ἐνδιάμεση ψύξη καί ἐκτόνωση σέ δύο βαθμίδες** ἐπίσης, μεταξύ τῶν ὁποίων τοποθετεῖται **πρόσθετος ἢ ἐνδιάμεσος θάλαμος καύσεως**. Ἐπίσης μπορεῖ νά ἔχει καί ἀναθερμαντήρα.

Στό σχῆμα 6.2γ παριστάνεται ἓνας στρόβιλος αὐτῆς τῆς κατηγορίας χωρίς ἀναθερμαντήρα. Στόν ἓνα ἄξονά του ὁ στρόβιλος τῆς πρώτης βαθμίδας (τῆς ὑψηλῆς πιέσεως) κινεῖ μόνο τό συμπίεστή τῆς δεύτερης βαθμίδας (τῆς ὑψηλῆς πιέσεως), ἐνῶ στόν ἄλλο ἄξονα ὁ στρόβιλος τῆς δεύτερης βαθμίδας (τῆς χαμηλῆς πιέσεως) κινεῖ τόν συμπίεστή τῆς πρώτης βαθμίδας (τῆς χαμηλῆς πιέσεως) καί δίνει καί τό ὠφέλιμο ἔργο, γιατί κινεῖ τή γεννήτρια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 6.2γ.

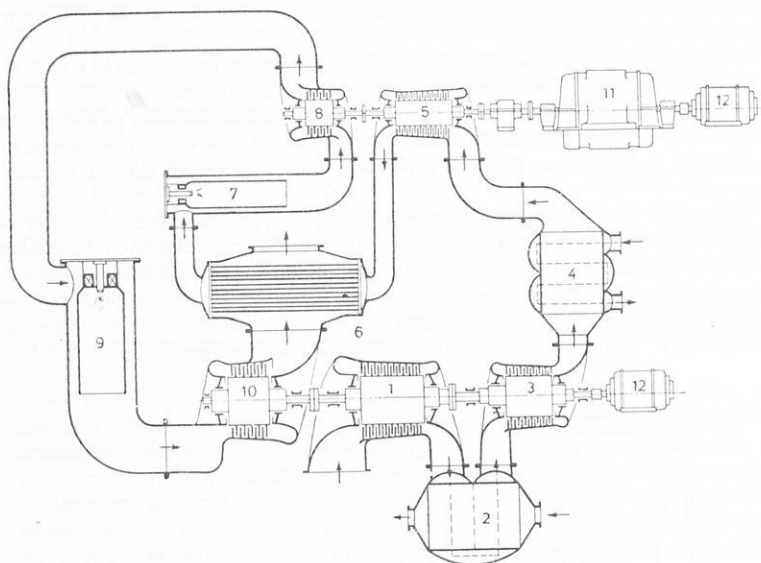
- (1) Συμπίεστής Χ.Π., (2) ψυκτήρας ἀέρα, (3) συμπίεστής Υ.Π., (4) θάλαμος καύσεως Υ.Π., (5) στρόβιλος Υ.Π., (6) θάλαμος καύσεως Χ.Π., (7) στρόβιλος Χ.Π., (8) γεννήτρια Ε.Ρ., (9) Ἐκκινητῆς.

Στό σχῆμα διακρίνομε ἐπίσης τούς δύο ἡλεκτρικούς ἐκκινητήρες (μίζες) τῆς ἐγκαταστάσεως.

Στήν περίπτωση πού ὑπάρχει καί ἀναθερμαντήρας (σχ. 6.2δ) αὐτός τοποθετεῖται στήν ἐξοδο τῶν καυσαερίων πρὸς τήν ἀτμόσφαιρα.

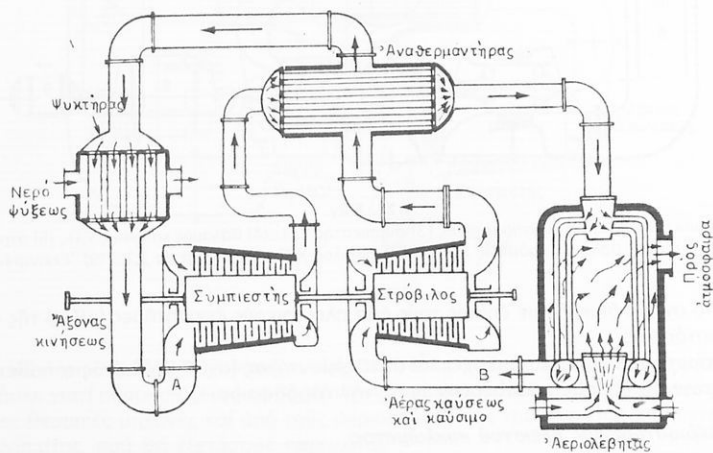
β) Ἀεριοστρόβιλος κλειστοῦ κυκλώματος.

Τό σχῆμα 6.2ε παριστάνει ἓναν ἀεριοστρόβιλο αὐτῆς τῆς κατηγορίας, τά μέρη



Σχ. 6.26.

(1) Συμπιεστής Χ.Π., (2) φυγείο, (3) συμπιεστής Μ.Π., (4) φυγείο, (5) συμπιεστής Υ.Π., (6) αναθερμαντήρας, (7) θάλαμος καύσεως Υ.Π., (8) στρόβιλος Υ.Π., (9) θάλαμος καύσεως Χ.Π., (10) στρόβιλος Χ.Π., (11) ηλεκτρογεννήτρια Ε.Ρ., (12) έκκινητής.



Σχ. 6.2ε.

του οποίου είναι **αεροσυμπιεστής, αναθερμαντήρας, προθερμαντήρας του αέρα καύσεως, αεριολέβητας, στρόβιλος**. Στο σχήμα επίσης εικονίζεται η λειτουργία του πού γίνεται ως εξής: "Ας υποθέσουμε ότι ο αεριοστρόβιλος λειτουργεί με αέρα και ας αρχίσουμε την ανάλυση της λειτουργίας του από τη θέση Α.

Ο συμπιεστής παίρνει μπρός με τη βοήθεια **έκκινητή (μίζας)**, αναρροφά αέρα και τον συμπιέζει. Ο συμπιεσμένος αέρας διέρχεται από τους αυλούς του **αναθερμαντήρα** και κατόπιν πηγαίνει προς τον **αεριολέβητα**. Μέσα στον αεριολέβητα ο αέρας θερμαίνεται από τα καυσαέρια, τα οποία από την καπνοδόχο βγαίνουν στην ατμόσφαιρα.

Ο θερμός αέρας βγαίνοντας από τους αυλούς του αεριολέβητα έχει την ίδια πίεση, πού είχε όταν βγήκε από τον αεροσυμπιεστή, αλλά πολύ μεγαλύτερη θερμοκρασία, γιατί η θέρμανσή του μέσα στον αεριολέβητα γίνεται υπό σταθερή πίεση. Κατόπιν ο αέρας από το σωλήνα Β οδηγείται προς το **στρόβιλο**, όπου και αποδίδει το έργο του.

Από το στρόβιλο ο αέρας φεύγει με χαμηλότερη πίεση και θερμοκρασία και περνά γύρω από τους αυλούς του αναθερμαντήρα. Εκεί με το υπόλοιπο της θερμότητας, πού του απόμεινε, προθερμαίνει τον αέρα, ο οποίος πηγαίνει από τον αεροσυμπιεστή προς τον αεριολέβητα.

Μετά τον αναθερμαντήρα ο αέρας συνεχίζει τη διαδρομή του και περνά μέσα από τους αυλούς του ψυκτήρα και ψύχεται με νερό είτε με αέρα, πού κυκλοφορεί γύρω από τους αυλούς του **ψυκτήρα**. Η ψύξη αυτή είναι **αναγκαία, ώστε ο αέρας να μπει μέσα στο συμπιεστή με την κανονική θερμοκρασία αναρροφήσεως**. Μετά τον ψυκτήρα ο αέρας είναι σχεδόν ψυχρός. Έτσι φθάνει στο σημείο Α, από το οποίο επαναλαμβάνεται πάλι χωρίς διακοπή το ίδιο κύκλωμα από την αρχήν.

Στήν έξοδο των καυσαερίων του αεριολέβητα τοποθετείται μερικές φορές και προθερμαντήρας για την προθέρμανση του καυσιγόνου αέρα του λέβητα με τη θερμότητα των καυσαερίων.

Ο αεριοστρόβιλος κλειστού κυκλώματος παρουσιάζει το σοβαρό πλεονέκτημα ότι το δίκτυο του κυκλώματος και τα πτερύγια διατηρούνται καθαρά, γιατί έρχονται σε έπαφή με καθαρό αέριο. Αντίθετα στο άνοικτο κύκλωμα ρυπαίνονται εύκολα, γιατί έρχονται σε έπαφή με τα προϊόντα της καύσεως, δηλαδή με τα καυσαέρια, πού παράγονται από την καύση του πετρελαίου.

Παρά το πλεονέκτημά του όμως αυτό η χρήση του είναι μάλλον περιορισμένη, γιατί παρουσιάζει το σοβαρό μειονέκτημα ότι είναι πολύπλοκος.

γ) Αεριοστρόβιλος μικτού κυκλώματος.

Αυτός (σχ. 6.2στ) αποτελεί συνδυασμό των δύο προηγούμενων κυκλωμάτων, δηλαδή του άνοικτου και του κλειστού.

Παρατηρούμε στο σχήμα ότι ο **συμπιεστής** χαμηλής πίεσεως (Χ.Π.) αναρροφά αέρα, τον συμπιέζει και τον στέλνει στο **θάλαμο καύσεως**, μέσα στον οποίο ψεκάζεται το πετρέλαιο. Στο θάλαμο καύσεως, στον οποίο στέλνονται και τα καυσαέρια υψηλής πίεσεως από το **συμπιεστή Υ.Π.**, γίνεται η καύση του πετρελαίου.

Από το θάλαμο καύσεως τα περισσότερα καυσαέρια οδηγούνται προς τον κύριο στρόβιλο, ενώ ένα μέρος πηγαίνει προς το **βοηθητικό στρόβιλο**, ο οποίος χρησιμοποιείται για να περιστρέφει το **συμπιεστή Χ.Π.**

Ἡ κατασκευή ἀεριοστροβίλων κλειστοῦ κυκλώματος εἶναι ἀκόμη πολύ περιορισμένη, γίνονται ὅμως προσπάθειες νά χρησιμοποιηθοῦν σέ συνδυασμό μέ **πυρηνικό ἀντιδραστήρα**, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖται γιὰ τή θέρμανση ἀντὶ τοῦ ἀεριολέβητα.

Ἐνα σοβαρό πλεονέκτημα πάντως τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος εἶναι, ὅπως ἔχομε ἤδη ἀναφέρει, ἡ καθαριότητα στό ἐσωτερικό του ἀφοῦ μέσα σ' αὐτό κυκλοφορεῖ ἀέρας ἢ ἄλλο ἀέριο καί ὄχι καυσάερια, ὅπως γίνεται στό ἀνοικτό κύκλωμα.

6.3 Μέρη καί ἐξαρτήματα ἀεριοστροβίλων. Περιγραφή, κατασκευαστικά στοιχεῖα.

Θά περιγράψουμε στήν παράγραφο αὐτή τὰ κύρια μέρη τῶν ἀεριοστροβίλων καί τὰ ἐξαρτήματα πού εἶναι ἀναγκαῖα γιὰ τή λειτουργία τους.

Πρὶν προχωρήσουμε στήν εἰδική περιγραφή ἃς δοῦμε τή γενική ὄψη τοῦ ἐσωτερικοῦ ἑνός στρόβιλου ὅπως τοῦ σχήματος 6.3α. Στό σχῆμα αὐτό φαίνεται ἕνας στρόβιλος τῶν 20MW μέ 3000 σ.α.λ. στή φάση τῆς συναρμογῆς. Διακρίνομε τό κάτω ἡμικέλυφος τοῦ στρόβιλου, τόν ἀεριοστρόβιλο μπροστά, στή μέση τόν ἀεροσυμπιεστή καί στό βάθος τήν ἠλεκτρογεννήτρια. Ἀνάλογη εἶναι μορφή τοῦ σχήματος 6.3β ὅπου εἰκονίζεται στρόβιλος Escher - Wyss 10000 KW. Διακρίνομε τό ἡμικέλυφος τοῦ στρόβιλου, μπροστά τό συμπιεστή, στή μέση τό στρόβιλο κατόπιν τό κιβώτιο μέ τούς μειωτήρες στροφῶν (γρανάζια) καί τέλος τή γεννήτρια ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Τὰ κύρια μέρη τοῦ ἀεριοστρόβιλου εἶναι ὅπως καί στόν ἀτμοστρόβιλο τό κέλυφος καί τό στροφεῖο.

α) Τό κέλυφος.

Τό κέλυφος ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἡμικελύφη πού συνδέονται μεταξύ τους μέ περιαυχένιο περιμετρικό τέλειαις ἐφαρμογῆς καί ἰσχυροῦς κοχλίες συνδέσεως. Στό ἐσωτερικό του σχηματίζεται ἡ κοιλότητα ὅπου τοποθετεῖται τό στροφεῖο. Μέσα στό κέλυφος παράγεται τό ἔργο τοῦ στρόβιλου. Εἰκονίζεται εὐκρινῶς στίς προηγούμενες φωτογραφίες (σχ. 6.3α καί 6.3β) καί ἡ κατασκευή του εἶναι ὁμοια μέ τό κέλυφος τῶν ἀτμοστροβίλων.

β) Τό στροφεῖο.

Ἀποτελεῖται ἀπό τό συμπιεστή καί τό στρόβιλο.

1) Ὁ συμπιεστής.

Μπορεῖ νά εἶναι **φυγοκεντρικοῦ** ἢ **ἄξονικοῦ τύπου**.

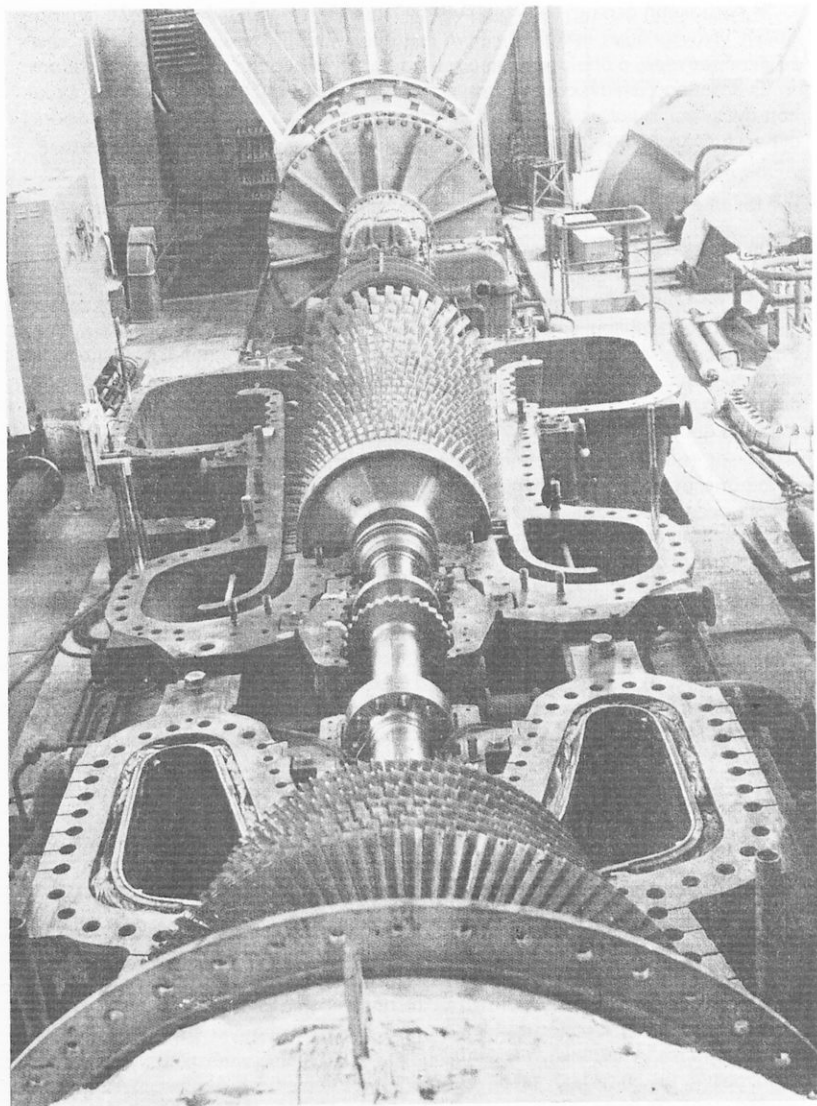
— Ὁ **φυγοκεντρικός** ἀποτελεῖται ἀπό τόν τροχό Β καί τό διαχυτήρα Γ (σχ. 6.3γ).

Ὁ ἀέρας, ὁ ὁποῖος εἰσέρχεται στό Α, ἐπιταχύνεται μέσα στούς ἀγωγούς, πού σχηματίζονται μεταξύ τῶν περυγίων τοῦ τροχοῦ. Κατόπιν μέσα στό διαχυτήρα ἡ κινητική ἐνέργεια τοῦ ἀέρα μετατρέπεται σέ ἐνέργεια πίεσεως.

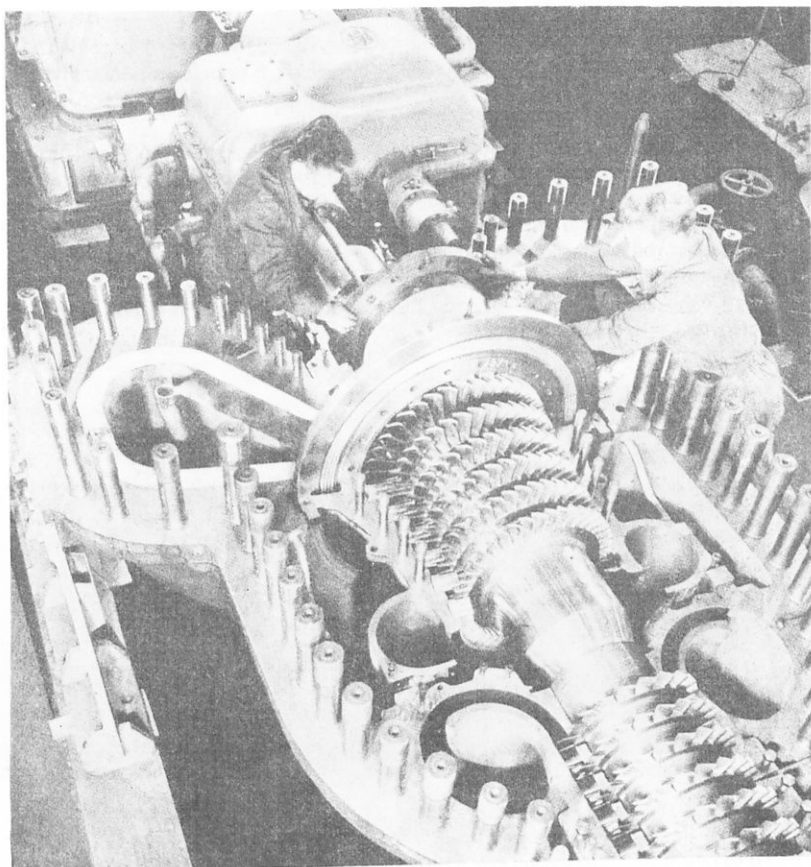
Τό στροφεῖο ἢ ὁ τροχός τοῦ συμπιεστή ἔχει τὰ πτερύγιά του καμπυλωμένα πρὸς τὰ ἔμπρός, ἢ ἀκτινικά ἢ καμπυλωμένα πρὸς τὰ πίσω, σέ σχέση μέ τή φορά περιστροφῆς (σχ. 6.3δ). Περισσότερο χρησιμοποιοῦνται τὰ ἀκτινικά ἢ τὰ καμπυλωμένα πρὸς τὰ πίσω.

Ὁ διαχυτήρας ἀποτελεῖται ἀπό ἀγωγούς πού ἡ διατομή τους μεγαλώνει βαθμιαῖα καί εἶναι τοποθετημένοι στήν περιφέρεια τοῦ στροφεῖου. Αὐτοί συνήθως ὀδηγοῦν σέ κοινό περιφερειακό συλλέκτη, ἀπό τόν ὁποῖο ὁ συμπιεσμένος ἀέρας ὀ-

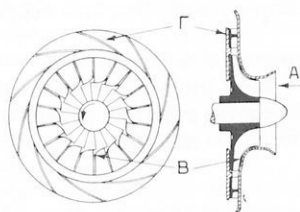




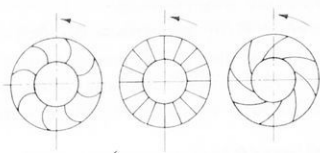
Σχ. 6.3α.



Σχ. 6.3β.



Σχ. 6.3γ.

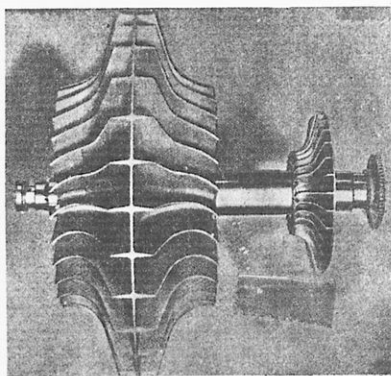


Σχ. 6.3δ.

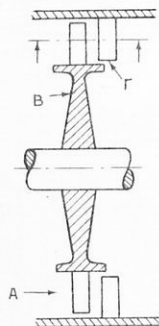
δηγεῖται πρὸς τὸ θάλαμο καύσεως.

Συνηθισμένη εἶναι ἡ κατασκευή τοῦ φυγοκεντρικοῦ συμπιεστή μέ διπλῇ εἴ-
σαγωγή (σχ. 6.3ε). Στούς φυγοκεντρικούς συμπιεστές ἡ πορεία τοῦ ἀέρα γίνεται
ἀπὸ τὸ κέντρο πρὸς τὴν περιφέρεια κατ' ἀκτινική περίπου διαδρομὴ ἢ ροή, ὅπως
ἀλλιῶς ὀνομάζεται.

— **Ὁ ἀξονικός συμπιεστής** μοιάζει μέ τούς γνωστούς μας ἀτμοστρόβιλους ἀξονι-
κῆς ροῆς, μέ τὴ διαφορά ὅτι σέ κείνους ἡ πορεία τοῦ ἀτμοῦ γίνεται ἀπὸ τὴ μικρὴ
διάμετρο τοῦ στροφείου καί τὰ μικρά ὕψη περυγίων πρὸς τὴ μεγάλη διάμετρο καί
τὰ μεγάλα ὕψη, ἐνῶ ἐδῶ συμβαίνει ἀκριβῶς τὸ ἀντίστροφο. Καί στίς δύο περιπτώ-
σεις ἡ πορεία τοῦ ἀέρα εἶναι παράλληλη πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ στροφείου, μέ τὴ δια-
φορά πάλι ὅτι στὸν ἀτμοστρόβιλο ὁ ἀτμός κατὰ τὴ διαδρομὴ του ἀπὸ τὸ ἓνα ἄκρο
πρὸς τὸ ἄλλο ἐκτονώνεται, ἐνῶ στὸν ἀξονικό ἀεροσυμπιεστή ὁ ἀέρας ἀντίθετα
συμπιέζεται.



Σχ. 6.3ε.



Σχ. 6.3στ.

Τὸ σχῆμα 6.3στ παριστάνει ἓνα στοιχεῖο ἀξονικοῦ συμπιεστή. Σ' αὐτὸ διακρίνε-
ται ἡ εἴσοδος καί ἡ κατεύθυνση τοῦ ἀέρα Α, τὸ στροφεῖο Β καί ὁ διαχυτήρας Γ.

Στὸ σχῆμα 6.3ζ ἔχουν χαραχθεῖ κατὰ τὴ γνωστὴ μέθοδο τῶν ἀτμοστρόβιλων οἱ
καμπύλες μεταβολῆς τῆς πίεσεως καί τῆς ταχύτητας κατὰ μῆκος ἐνός συμπιεστή 6
διαβαθμίσεων συμπίεσης.

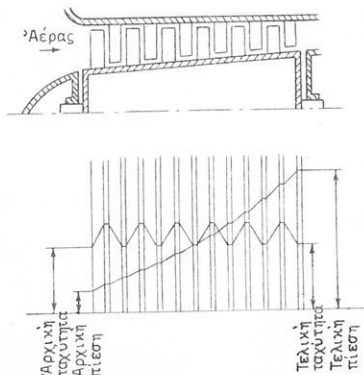
Τὸ σχῆμα 6.3η παριστάνει ἀξονικό συμπιεστή 10 διαβαθμίσεων.

Τὸ πλεονέκτημα τοῦ ἀξονικοῦ συμπιεστή ἔγκειται στό ὅτι ἔχει ὑψηλότερη ἀπό-
δοση ἀπὸ τὸ φυγοκεντρικό καί ἐπὶ πλέον παρουσιάζει μικρότερη μετωπικὴ ἐπιφά-
νεια καί γι' αὐτὸ ἐπικράτησε στίς ἐγκαταστάσεις τῶν ἀεροπλάνων.

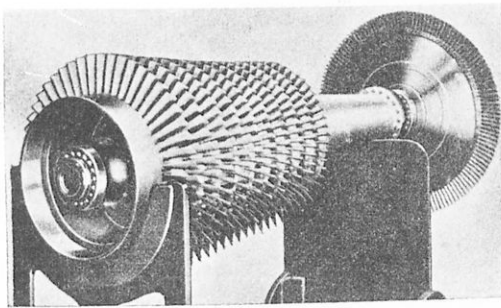
2) Ὁ στρόβιλος.

Ὁ κυρίως στρόβιλος, μέσα στὸν ὁποῖο παράγεται τὸ ἔργο, εἶναι **ἀξονικοῦ** ἢ **ἀκτι-
νικοῦ** τύπου.

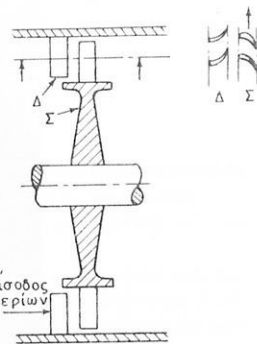
Ὁ **ἀξονικός** στρόβιλος στὴν ἀπλή του μορφή ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα **διανομέα** Δ



Σχ. 6.3ζ.



Σχ. 6.3η.



Σχ. 6.3θ.

καί ἓνα **στροφεῖο** Σ (σχ.6-3θ). Τά θερμά καυσάερια εἰσέρχονται στό διανομέα Δ, μέσα στόν ὁποῖο ἀπσκητοῦν μεγάλη ταχύτητα. Ἡ κινητική ἐνέργεια, πού περιεχοῦν ἀποδίδεται σάν μηχανική ἐνέργεια στό στροφεῖο. Ἀντιστοιχοῦν δηλαδή οἱ ἀξονικοί ἀεριοστρόβιλοι πρὸς τοὺς γνωστούς μας ἀξονικούς ἀτμοστρόβιλους δράσεως. Ἡ πορεία τῶν καυσαερίων μέσα σ' αὐτούς ἀκολουθεῖ κατεύθυνση παράλληλη πρὸς τόν ἀξονα τοῦ στρόβιλου.

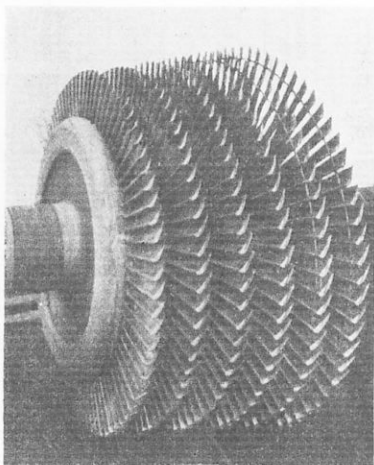
Οἱ ἀξονικοί στρόβιλοι χρησιμοποιοῦνται περισσότερο, ἐνῶ οἱ ἀκτινικοί πού εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς ἀκτινικούς ἀτμοστρόβιλους χρησιμοποιοῦνται κυρίως γιὰ τήν κίνηση βοηθητικῶν μηχανημάτων.

Οἱ στρόβιλοι διακρίνονται ἀκόμη, σέ στρόβιλους δράσεως καί ἀντιδράσεως. Στούς πρώτους ὅλη ἡ δυναμική ἐνέργεια πίεσεως πού διαθέτουν τά ἀέρια, μετατρέπεται σέ κινητική μέσα στό διανομέα καί κατόπιν λόγω δράσεως ἐνεργεῖ ὡς μηχανική ἐνέργεια στό στροφεῖο. Στούς δεύτερους, οἱ ὁποῖοι εἶναι περισσότερο

διαδεδομένοι στην αεροναυτική, ή μετατροπή συντελείται κατά ένα ποσοστό μέσα στο διανομέα, καί κατά τό υπόλοιπο μέσα στο στροφεῖο. Ἡ σχέση μεταξύ τοῦ ἔργου, πού παράγεται λόγω δράσεως ἀπό τήν κινητική ἐνέργεια τῶν ἀερίων, πρὸς τό ἔργο, πού παράγεται στο στροφεῖο λόγω ἀντιδράσεως πού προέρχεται ἀπό τήν ἐκτόνωση τῶν ἀερίων ὀνομάζεται **βαθμός ἀντιδράσεως** (ὅπως καί στούς ἀτμοστρόβιλους).

Εἶναι φανερό ἀπ' αὐτά ὅτι στρόβιλοι καθαρῆς μόνο ἀντιδράσεως δέν ὑπάρχουν, ἀλλά αὐτοί πού ὀνομάζονται ἔτσι εἶναι στρόβιλοι μικτῆς ἐνέργειας τῶν ἀερίων, δηλαδή δράσεως καί ἀντιδράσεως ταυτοχρόνως.

Στό σχῆμα 6.3ι εἰκονίζεται ἕνας στρόβιλος ἀντιδράσεως 6 ἐκτονωτικῶν διαβαθμίσεων.



Σχ. 6.3ι.

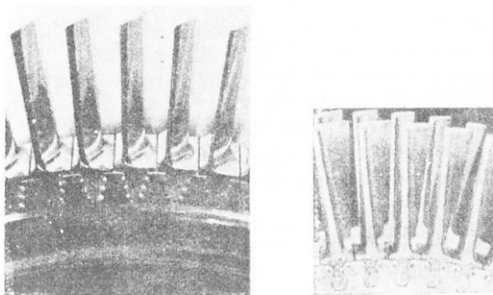
γ) Τά περύγια.

Αὐτά διακρίνονται ὅπως καί στούς ἀτμοστρόβιλους σέ **σταθερά** καί **κινητά** καί σέ **δράσεως** καί **ἀντιδράσεως**. Ὑπόκεινται κατὰ τή λειτουργία σέ ἰσχυρές τάσεις λόγω τῶν ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν καί σέ καμπτικές λόγω τῆς ἐνέργειας τῶν καυσαερίων. Ἰδιαίτερος τά κινητά ὑπόκεινται, καί σέ καμπτικές δυνάμεις λόγω τῆς ἐνέργειας τῶν καυσαερίων ἀλλά καί σέ ἐλκτικές λόγω τῶν φυγοκέντρων δυνάμεων, πού ἀναπτύσσονται κατὰ τήν περιστροφή μέ μεγάλες ταχύτητες. Γί' αὐτό εἶναι ἀπαραίτητο νά ἐλέγχεται ἡ θερμοκρασία, στήν ὁποία λειτουργοῦν, γιατί ἡ ἀντοχή τοῦ ὑλικοῦ ἐλαττώνεται, ὅσο αὐξάνει ἡ θερμοκρασία.

Ὁ ἔλεγχος αὐτός τῆς μέγιστης θερμοκρασίας ἐπιτυγχάνεται μέ **εἰδική** διάταξη τοῦ συστήματος τροφοδοτήσεως, ὥστε γιά τά γνωστά μέχρι σήμερα ὑλικά νά μὴν ὑπερβαίνει τούς 850°C.

Ἐκτός ἀπό τό πρόβλημα τῆς θερμομηχανικῆς ἀντοχῆς τοῦ ὑλικοῦ τῶν περυ-

γίων ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα στους αεριοστρόβιλους είναι και η κατασκευή και προσαρμογή των πτερυγίων σ' αυτούς. Τα πτερύγια κατασκευάζονται από ειδικό νικελιοχρωμιούχο κράμα και η προσαρμογή τους στο στροφείο γίνεται με τις μεθόδους του σχήματος 6.3ια, οι οποίες είναι γνωστές από τους ατμοστρόβιλους. Τελευταία μελετούν και τη μέθοδο προσαρμογής των πτερυγίων με συγκόλληση.



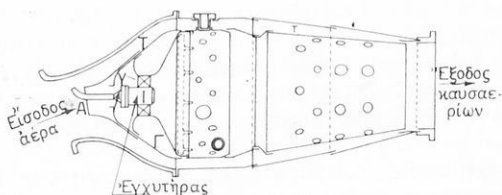
Σχ. 6.3ια.

δ) Θάλαμος καύσεως.

Οι βασικοί τύποι θαλάμων καύσεως είναι ο **σωληνοειδής** και ο **δακτυλιοειδής**. Υπάρχουν ακόμη ο μικτός (σωληνοειδής-δακτυλιοειδής) και ο άγκωνωτός.

Ο **σωληνοειδής** θάλαμος χρησιμοποιείται και με τους δύο συμπιεστές, και τους αξονικούς και τους φυγοκεντρικούς.

Αποτελείται (σχ. 6.3ιβ) από τό φλογοσωλήνα, δηλαδή ένα εξωτερικό κέλυφος μέσα στο οποίο τοποθετείται ένα διάτρητο από ανοξείδωτο χάλυβα χιτώνιο. Κάθε ένας σωληνοειδής θάλαμος καύσεως έχει τό δικό του έγχυτήρα καυσίμου, και όχετό είσαγωγής του αέρα.



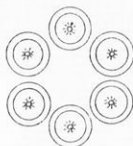
Σχ. 6.3ιβ.

Στους σωληνοειδείς θαλάμους καύσεως είναι απαραίτητη η τοποθέτηση συνδετικών σωλήνων μεταξύ τους, καθώς αυτοί τοποθετούνται σέ μία περιφέρεια γύρω από τό στρόβιλο (σχ. 6.3ιγ). Αυτό γίνεται γιά νά είναι εύκολη ή μετάδοση τής φλόγας από τόν ένα στόν άλλο κατά τήν έκκίνηση, όταν δηλαδή δημιουργηθεϊ μέ τόν αναπτήρα ή πρώτη φλόγα στους κατώτερους θαλάμους καύσεως.

“Όταν πραγματοποιηθεί ή έναυση, οί σπινθηριστές (άναπτήρες) σταματούν αὐτομάτως.

Κατά κανόνα στό πρῶτο μισό τοῦ θάλαμου καύσεως βρίσκεται ὁ **έγχυτήρας**, ὁ ὁποῖος ψεκάζει τό καύσιμο, ὅπως στούς κινητήρες Diesel, κατά τήν κατεύθυνση τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρα ἢ καί ἀντίθετα ἀπ’ αὐτή.

Γιά λόγους μηχανικῆς ἀντοχῆς τῶν περυγίων τοῦ στρόβιλου δέν εἶναι δυνατό νά χρησιμοποιηθοῦν ὅπως στούς κινητήρες Diesel οἱ θερμοκρασίες τῆς καύσεως τῶν 1800°C περίπου. Γι’ αὐτό εἶναι ἀπαραίτητο τά προϊόντα τῆς καύσεως νά ἀραιώνονται μέ περισσότερο ἀέρα. Ὁ ἀέρας πού εἶναι ἀπαραίτητος γι’ αὐτήν τήν ἀραιώση, δέν εἰσάγεται ἀμέσως στό θάλαμο, πού γίνεται ἡ καύση, γιατί ἡ περίσσεια τοῦ ἀέρα θά ἐμπόδιζε τήν πρόοδο τῆς χημικῆς ἀντιδράσεως κατά τήν καύση. Γι’ αὐτό γενικά σχηματίζονται δύο ρεύματα ἀέρα, ἀπό τά ὁποῖα τό ἕνα καλεῖται **πρωτεύον** καί χρησιμεύει γιά τήν καύση, ἐνῶ τό ἄλλο (πού λέγεται **δευτερεύον**), χρησιμεύει γιά τή διάλυση ἢ ἀραίωση τῶν καυσαερίων.



Σχ. 6.31γ.



Σχ. 6.31δ.

Στό **φλογοσωλήνα**, τοῦ θάλαμου γίνονται τά κύρια φαινόμενα καύσεως καί ἀνάμιξης. Ὁ τύπος, πού παριστάνει τό σχῆμα 6.31β εἶναι ὁ πιό διαδεδόμενος. Σ’ αὐτόν ὁ πρωτεύων ἀέρας εἰσέρχεται ἀπό τό ἄνοιγμα Α καί περνᾷ ἕνα μέρος του ἀπό τό διάτρητο κῶν Γ, καί ἕναν ἄλλο γύρω ἀπό τόν ἐγχυτήρα. Ἐκεῖ ὑπάρχει κατάλληλη διάταξη Υ μέ κεκλιμένα περύγια, πού προκαλεῖ ἑλικοειδή στροβιλώδη κίνηση τοῦ ἀέρα γύρω ἀπό τόν ἄξονα τοῦ θάλαμου. Αὐτό εἶναι ἀπαραίτητο, γιά νά ἐπιτευχθεῖ καλή ἀνάμιξη ἀέρα καί καυσίμου καί ὑψηλή ποιότητα καύσεως. Ὁ ἀέρας πού περισσεύει περνᾷ τό διάκενο Τ καί εἰσέρχεται γιά τήν ἀραίωση στό ἐσωτερικό τοῦ θάλαμου ἀπό μερικές τρύπες τοῦ σωλήνα, πού διακρίνονται στό σχῆμα. Τό σχῆμα 6.31δ δείχνει τήν πρόωση ἑνός **δακτυλιοειδοῦς θαλάμου** καύσεως. Ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα θάλαμο πού περιβάλλει τελείως τό στρόβιλο. Τό καύσιμο εἰσάγεται ἀπό τούς περιμετρικά τοποθετημένους καυστήρες, καί ἡ φλόγα μεταδίδεται ἀμέσως μέ τό ἀρχικό ἄναμμα σέ ὅλους τούς καυστήρες τοῦ δακτύλιου.

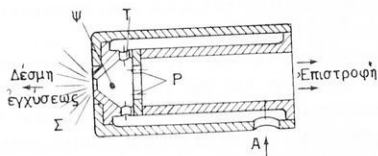
Καί ἐδῶ ὑπάρχει εἴσοδος πρωτεύοντος καί δευτερεύοντος ρεύματος ἀέρα.

Ἡ ἀπόδοση καύσεως στούς θάλαμους καύσεως τῶν ἀεριοστροβιλίων, δηλαδή ἡ σχέση τῶν θερμίδων, οἱ ὁποῖες ἐκλύονται μέσα στ’ αὐτούς, πρὸς τίς θερμίδες, πού περιέχει τό καύσιμο, ἀνέρχεται σέ 95%. Ἐκτός ἀπ’ αὐτήν τήν ἀπώλεια τῶν 5%, μία ἄλλη σημαντική εἶναι ἡ ἀπώλεια πίεσεως, πού ὀφείλεται στίς παθητικές ἀντιστάσεις, τριβές, ἐκτροπές τοῦ ρεύματος, στροβιλοειδή κίνηση αὐτῶν κλπ., πού δημιουργοῦνται στό ἐσωτερικό τῶν θαλάμων καύσεως κατά τή ροή τῶν καυσαερίων. Αὐτές προκαλοῦν πτώση πίεσεως κατά 3 ἕως 6% σέ σχέση πρὸς τήν πίεση τῆς εἰσαγωγῆς στό θάλαμο.

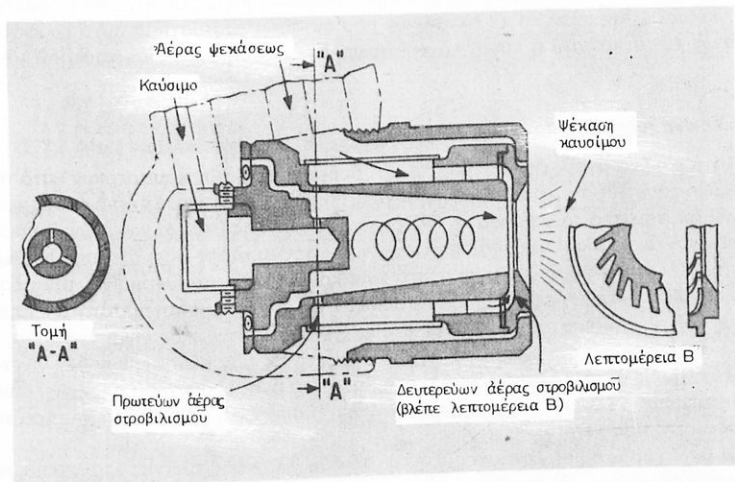
ε) Τό σύστημα τροφοδοτήσεως μέ καύσιμο.

Το πρόβλημα της τροφοδοτήσεως του αεριοστροβίλου με καύσιμο είναι από τα πιο σοβαρά, γιατί κατά την τροφοδότηση πρέπει πάντοτε να εξασφαλίζεται καλή ψέκαση και καλή καύση του καυσίμου με διαφορετικές συνθήκες φορτίου κάθε φορά.

Ο συνηθέστερος απλός **διασκορπιστής** ή **έγχυτήρας**, πού χρησιμοποιείται για την έγχυση του καυσίμου, παριστάνεται στο σχήμα 6.3ιε. Σ' αυτόν τό υγρό καύσιμο έρχεται μέ πίεση στό σημείο Α από την άντλία καί μπαίνει στό χώρο Ψ από τίς περιφερειακές τρύπες Τ, οί όποιες του προκαλοῦν στροβιλώδη κίνηση. Ένα μέρος του καυσίμου ψεκάζεται από τό άκροφύσιο Σ μέσα στό θάλαμο καύσεως, ενώ όσο περισσεύει έπιστρέφει στη δεξαμενή από τίς τρύπες Ρ καί τόν κεντρικό όχετό έπιστροφής του έγχυτήρα. Τό σχήμα 6.3ιστ παριστάνει άλλη μορφή καυστήρα μέ πρωτεύοντα καί δευτερεύοντα άέρα στροβιλισμού του υγρού καυσίμου.



Σχ. 6.31ε.



Σχ. 6.31στ.

Κατά κανόνα η ποσότητα του πετρελαίου, που φθάνει στον έγχυτήρα, είναι σταθερή. Ή τυχόν μεταβολή της ποσότητας, που έγχέεται στο θάλαμο, έπιτυγχάνεται μέ αντίστοιχη μεταβολή της ποσότητας του καυσίμου που έπιστρέφει μέσω

ένος στραγγαλιστήρα. Ὁ στραγγαλιστήρας αὐτός παρεμβάλλεται στὸν ἀγωγὸ τῆς ἐπιστροφῆς πρὸς τὴ δεξαμενὴ.

Γιὰ νὰ ρυθμίσουμε τὴ συμπεριφορὰ τῶν ἀεριοστροβίλων, κατὰ κανόνα ἐπεμβαίνομε στὴν ποσότητα τοῦ καυσίμου πού ἐγχέεται. Γι' αὐτὸ τὰ συστήματα τροφοδοτήσεως περιλαμβάνουν κατάλληλες ρυθμιστικές διατάξεις, οἱ ὁποῖες: α) ρυθμίζουν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ ἀεριοστρόβιλου, β) τὴν περιορίζουν στὰ καθορισμένα ὅρια καὶ γ) περιορίζεται ἡ θερμοκρασία τῶν ἀερίων στοῦ τέλους τῆς καύσεως στὰ ἐπιτρεπόμενα ὅρια.

Ἡ πρώτη ἀπὸ τὶς τρεῖς αὐτές ρυθμίσεις εἶναι ἀναγκαία, ὅταν χρειάζεται σταθερὸς ἀριθμὸς στροφῶν, ὅπως στοὺς ἐναλλακτῆρες.

Ἡ δευτέρη εἶναι ἀναγκαία σέ ὅλους σχεδὸν τοὺς ἀεριοστρόβιλους, ἀφοῦ καὶ μικρὴ ἔστω ἐλάττωση τοῦ φορτίου, μπορεῖ νὰ αὐξήσει ἐπικίνδυνα τὴν ταχύτητα περιστροφῆς.

Ἡ τρίτη τέλος εἶναι ἰδιαίτερα χρήσιμη σέ περιπτώσεις ἐπιταχύνσεων, κατὰ τὴ διάρκεια τῶν ὁποίων μία ἀπότομη ἐνέργεια στὸν ἐπιταχυντὴ θὰ μπορούσε νὰ προκαλέσει ὑπερβολικὲς θερμοκρασίες.

Γιὰ τὴ ρύθμιση καὶ τὸν περιορισμὸ τῆς ταχύτητας χρησιμοποιοῦνται ὄργανα πολὺ εὐαίσθητα στὴν ταχύτητα. Γιὰ τὸν περιορισμὸ τῆς θερμοκρασίας χρησιμοποιοῦνται ἔμμεσοι τρόποι, μέ τοὺς ὁποίους περιορίζεται στὰ κανονικὰ ὅρια μέ ρύθμιση τῆς ἀναλογίας καυσίμου-ἀέρα. Ἡ ἀναλογία αὐτὴ ἐπιτυγχάνεται μέ εἰδικὴ διάταξη, ἡ ὁποία ἐνεργοποιεῖται ἀπὸ τὴν πίεση τοῦ ἀέρα κατὰ τὴν εἴσοδο καὶ τὴν ἐξοδὸ τοῦ ἀπὸ τὸ συμπιεστή.

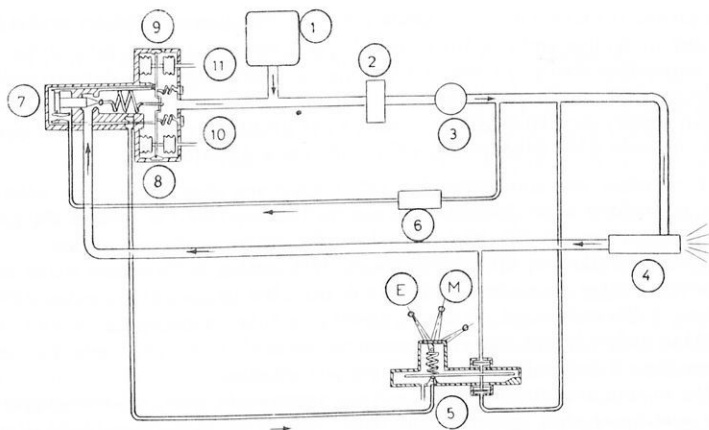
Στὸ σχῆμα 6.3ιζ εἰκονίζεται τὸ σύστημα τροφοδοτήσεως Dowty. Μὲ τὸ σύνολο τῶν εὐαίσθητων αὐτομάτων διατάξεων πού διαθέτει τὸ σύστημα αὐτὸ τροφοδοτήσεως ἐπιτυγχάνεται ἡ κανονικὴ καὶ ἀσφαλὴς λειτουργία τοῦ ἀεριοστρόβιλου.

στ) Ὁ ἀναθερμαντήρας.

Κατὰ κανόνα στοὺς ἀεριοστρόβιλους ἡ θερμοκρασία τῶν καυσαερίων κατὰ τὴν ἐξαγωγή τους ἀπὸ τὸ στρόβιλο εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ ἐκείνη πού ἔχει ὁ ἀέρας κατὰ τὴν ἐξοδὸ του ἀπὸ τὸ συμπιεστή. Γιὰ ἐκμετάλλευση τῆς θερμότητας τῶν καυσαερίων εἶναι ἀναγκαῖο νὰ χρησιμοποιεῖται ἕνας ἐναλλακτῆρας θερμότητας (ἀναθερμαντήρας), ὁ ὁποῖος μέ τὴ θερμότητα τῶν καυσαερίων προθερμαίνει τὸν ἀέρα, πού πηγαίνει πρὸς τοὺς θάλαμους καύσεως. Ἔτσι ἐξοικονομεῖται ποσότητα θερμότητας καὶ τὸ καύσιμο πού ἐγχέεται στοὺς θάλαμους καύσεως εἶναι λιγότερο.

Ἡ ἀνάκτηση αὐτὴ βέβαια μέρους τῆς θερμότητας τῶν καυσαερίων δέν γίνεται τελείως χωρὶς ἀντάλλαγμα, γιατί ἡ παρεμβολὴ τοῦ ἀναθερμαντήρα προκαλεῖ ἀπώλειες πίεσεως σέ βάρος τοῦ ὠφέλιμου ἔργου. Ἡ ἀπόδοση τοῦ ἀναθερμαντήρα κυμαίνεται σέ ποσοστὸ 75% περίπου.

Οἱ ἀναθερμαντῆρες κατασκευάζονται σέ δύο βασικοὺς τύπους: Σταθεροὺς καὶ περιστρεφόμενους. Οἱ σταθεροὶ εἶναι συνηθισμένοι ἐναλλακτῆρες ἐπιφανειακῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητας, ἐνῶ οἱ περιστρεφόμενοι κατασκευάζονται ἀπὸ μίαν περιστρεφόμενη μῆτρα, πού ἀποτελεῖται ἀπὸ λεπτά ἐλάσματα. Ἡ μῆτρα αὐτὴ κατὰ τὴν κίνησή της περνᾷ συνεχῶς ἀπὸ τὰ θερμὰ ἀέρια στὸν ψυχρὸ ἀέρα, κι' ἔτσι τοῦ μεταδίδει τὴ θερμότητα, πού παραλαμβάνει ἀπὸ τὰ καυσαέρια. ➔



Σχ. 6.3ιζ.

Σύστημα τροφοδότησης Dowty.

(1) Δεξαμενή καυσίμου, (2) φίλτρο, (3) αντλία καυσίμου με τό ρυθμιστή όριου ταχύτητας, (4) έγχυτήρας, (5) ρυθμιστής στροφών με τό χειριστήριο μοχλό από τή θέση (Ε), όπου είναι ό ελάχιστος άριθμός στροφών, μέχρι τή θέση (Μ), όπου είναι ό μέγιστος. (Αυτός ανάλογα με τή θέση του χειριστήριου έπενεργεί στή στραγγαλιστική βαλβίδα έπιστροφής), (6) φίλτρο, (7) στραγγαλιστική βαλβίδα έπιστροφής, (8) ρυθμιστής ελάχιστης ποσότητας καυσίμου, (9) ρυθμιστής έπιταχύνσεως, (10) μετάδοση τής πιέσεως του άέρα που μπαίνει στο συμπιεστή προς τά ρυθμιστικά όργανα, (11) μετάδοση τής πιέσεως του άέρα που βγαίνει από τό συμπιεστή προς τά ρυθμιστικά όργανα.

§ Τά ύλικά κατασκευής των άεριοστροβίλων.

Οι μεγάλες θερμοκρασίες και οι ίσχυρές καταπονήσεις, που άναπτύσσονται στους άεριοστροβίλους, καθιστούν τό πρόβλημα των **ύλικών** κατασκευής τους ιδιαίτερα σημαντικό. Οι θερμοκρασίες πρέπει κατά κανόνα νά είναι ύψηλές στους θαλάμους καύσεως και στόν κυρίως στρόβιλο, γιά νά έχομε καλό θερμικό βαθμό άποδόσεως του άεριοστροβίλου. Οι καταπονήσεις όμως του ύλικού είναι ίσχυρές εξαιτίας τής μεγάλης ταχύτητας περιστροφής των στροφείων. Επί πλέον ιδιαίτερα στίς άεροναυτικές κατασκευές είναι αναγκαίο νά έλαττωθεί στο ελάχιστο τό βάρος και ό όγκος του άεριοστροβίλου, πράγμα που έπιτυγχάνεται, όπως ξέρομε, με τή μεγάλη περιστροφική ταχύτητα του στροφείου.

Τό ύλικό τό όποιον περιορίζει κυρίως τήν εξέλιξη του άεριοστροβίλου, είναι τό ύλικό των πτερυγίων. Τά πτερύγια περιβάλλονται από ρεύμα πολύ θερμών άερίων και καταπονούνται από μεγάλες φυγοκεντρικές δυνάμεις σέ έφελκυσμό. Υπό τίς συνθήκες αυτές δέν ένδιαφέρει, ως συνήθως, τό φορτίο θραύσεως του ύλικού, αλλά τά χαρακτηριστικά συνοχής και παραμορφώσεώς του.

Τά μέταλλα δηλαδή, όταν βρίσκονται σέ θερμοκρασία μερικών έκατοντάδων βαθμών και ύπόκεινται σέ καταπόνηση, έστω και μικρότερη από αύτήν του φορτίου θραύσεώς τους, παραμορφώνονται συνεχώς κατά τήν κατεύθυνση τής κατα-

πονήσεως. Τελικά έπέρχεται ή θραύση, ύστερα από χρονική περίοδο, πού έξαρτάται από τή θερμοκρασία καί τήν ένταση τής καταπονήσεως, άφου ξεπερασθεί τό όριο παραμορφώσεως τοϋ ύλικου. Πρίν άρχίσει ή κατασκευή τών άεριοστροβίλων, ύπήρχαν λίγα μόνο κράματα μετάλλων προικισμένα μέ καλά άλλα όχι πάντως έπαρκή χαρακτηριστικά συνοχής. Γι' αυτό έγινε μεγάλη έρευνα στόν τομέα τών υλικών, ή όποία ήδη, απέφερε ίκανοποιητικά άποτελέσματα.

Ένα κράμα, πού χρησιμοποιείται γιά τά πτερύγια, είναι τό λεγόμενο «Nimonic 80», τό όποίο περιέχει: άνθρακα 1%, πυρίτιο 1%, μαγγάνιο 1%, σίδερο 5%, χρώμιο 19-22%, τιτάνιο 1,5-3%, άλουμίνιο 0,5-1,5% καί τό υπόλοιπο νικέλιο.

Επίσης τό Nimonic 80A (20% χρώμιο, 75% νικέλιο, 2,4% τιτάνιο καί σέ μικρές ποσότητες άλλες προσμίξεις) ή τό Nimonic 90 (20% χρώμιο, 55% νικέλιο, 20% κοβάλτιο, 2,4% τιτάνιο καί σέ μικρές ποσότητες άλλες προσμίξεις).

Άλλο κράμα επίσης πού χρησιμοποιείται πολύ είναι τό «Vitalium» πού άποτελείται βασικά από κοβάλτιο, χρώμιο καί μολυβδαίνιο.

Μέ τά κράματα αυτά στίς άεροναυτικές κατασκευές, όπου ή διάρκεια χρήσεως τών κινητήρων είναι σχετικά μικρή, είναι δυνατό νά άντιμετωπισθοϋν μέγιστες θερμοκρασίες 850°C έως 1000°C μέ άντίστοιχη καταπόνηση σέ έφελκυσμό 25kp/mm² περίπου.

Γιά τά σταθερά πτερύγια τοϋ διανομέα, τά όποια υπόκεινται βασικά μόνο στήν επίδραση τής θερμοκρασίας, χρησιμοποιείται τό κράμα «Nimonic 75» άνάλογο πρós τό «Nimonic 80».

Γιά τό δίσκο τοϋ τροχου τοϋ στρόβιλου, ό όποιος βρίσκεται σέ χαμηλότερες θερμοκρασίες καί καταπονείται λιγότερο, χρησιμοποιείται συνήθως τό κράμα «G 18 B» μέ τήν έξής περίπου συνθέση: άνθρακας 0,4%, νικέλιο 13,5%, χρώμιο 13,5%, βολφράμιο 2,5%, μολυβδαίνιο 2%, κοβάλτιο 10%, νιόβιο καί ταnτάλιο 2,8%.

Γιά τούς φλογοσωλήνες τών θαλάμων καύσεως, όπου άπαιτείται μεγάλη άντοχή στή θερμοκρασία καί στή διάβρωση, χρησιμοποιείται τό «Nimonic 80», ένw τό έξωτερικό κέλυφος κατασκευάζεται από κοινά χαλύβδινα έλάσματα.

Στούς συμπιεστές δέν ύπάρχει ή επίδραση τής θερμοκρασίας κι' έτσι μέ τή χρησιμοποίηση έλαφρών κραμάτων είναι δυνατόν νά έλαττωθοϋν οί καταπονήσεις σ' αυτούς. Μόνον όταν έχουν μεγάλη σχέση συμπίεσεως μέ μεγάλη θερμοκρασία, κατασκευάζονται από κράματα ειδικών χαλύβων. Αυτό ειδικά συμβαίνει στούς άξονικούς συμπιεστές.

Πρέπει νά σημειωθεί τόσο γιά τούς στρόβιλους, όσο καί γιά τούς συμπιεστές, ότι, όταν τά πτερύγια τοϋ στροφείου άντικρύζουν κατά τήν περιστροφή του τά πτερύγια τοϋ διανομέα ή τοϋ διαχυτήρα, δημιουργοϋνται wσεις. Οί wσεις αυτές δημιουργοϋν επικίνδυνους κραδασμούς, πούμποροϋν νά προκαλέσουν δυσάρεστα άποτελέσματα, ιδίως όταν γίνει **συντονισμός**. Τό φαινόμενο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στούς συμπιεστές, ένw στούς στρόβιλους σχεδόν άποτρέπεται ολοσχερώς άν κατασκευασθοϋν έτσι, ώστε ό αριθμός τών περυνγιών τοϋ στροφείου καί ό αριθμός τών περυνγιών τοϋ διανομέα νά είναι αριθμοί «πρώτοι μεταξύ τους».

Οί κραδασμοί τών πτερυγιών άπαιτοϋν, τό ύλικό πού χρησιμοποιείται γιά τήν κατασκευή τοϋ συμπιεστοϋ νά έχει ίκανοποιητική άντοχή σέ έναλλασσόμενη δυναμική κατάπόνηση.

η) Βοηθητικά εξαρτήματα τών αεριοστροβίλων.

Αυτά είναι ὁ **έκκινητής** (μίζα), ὁ **ἀναπτήρας** καί ἡ **ἀντλία λιπάνσεως**.

1) Ὁ **έκκινητής**: Πρέπει νά μπορεῖ νά περιστρέφει τό συμπιεστή μέ τόση ταχύτητα, ὅση χρειάζεται γιά μία ἱκανοποιητική σχέση συμπίεσεως. Ἡ ταχύτητα περιστροφῆς, τήν ὁποίαν προκαλεῖ, εἶναι περίπου 20 ἕως 30% τῆς μέγιστης ταχύτητας περιστροφῆς τοῦ αεριοστροβίλου σέ λειτουργία. Ἡ ἰσχύς πού χρειάζεται συνήθως νά ἔχει ὁ ἐκκινητής κυμαίνεται γύρω στούς 10 ἵππους.

Ὁ πῶς κατάλληλος τύπος ἐκκινητῆ θεωρεῖται ὁ ηλεκτρικός, ὁ ὁποῖος συνήθως τοποθετεῖται στό μπροστινὸ ἄκρο τοῦ αεριοστροβίλου. Σέ μερικές περιπτώσεις μπορεῖ νά χρησιμοποιεῖται ἀντὶ γιά ἠλεκτρικὸ ἐκκινητὴ μικρὸς βενζινοκινητήρας, πού συνδέεται μέ τόν ἄξονα τοῦ αεριοστροβίλου μόνο γιά τήν ἐκκίνηση.

2) Ὁ **ἀναπτήρας**: Εἶναι ὄργανο τοποθετημένο στό ἐσωτερικὸ τοῦ θάλαμου καύσεως καί χρησιμεύει γιά νά προκαλεῖ τήν ἀνάφλεξη τοῦ καυσίμου κατὰ τὴ φάση τῆς ἐκκινήσεως. Γιά τήν ἔναυση τοῦ καυσίμου θά ἦταν ἀρκετὸς ἓνας συνηθισμένος σπινθηριστὴς κοντὰ στὸν κυρίως ἐγχυτήρα. Στὴν πράξη ὅμως ἡ λύση αὐτή, ἂν καί πολὺ ἀπλή, δέν εἶναι δυνατή, γιατί ὁ σπινθηριστὴς θά βρισκόταν πάντοτε ἐκτεθειμένος στὴν ἐπίδραση τῆς φλόγας καί ἡ διάρκεια ζωῆς του θά ἦταν πολὺ μικρή. Αὐτὸ ἀντιμετωπίζεται μέ ἓνα βοηθητικὸ ἐγχυτήρα, ὁ ὁποῖος τοποθετεῖται δίπλα στὸν κύριον ἐγχυτήρα, ἔξω ἀπὸ τὸ φλογοσωλήνα καί τὸν ὁποῖον χειριζόμαστε ἠλεκτρομαγνητικά, καί μέ ἓνα σπινθηριστή. Ὅταν ὁ αεριοστροβίλος ἀποκτήσῃ κατάλληλη ταχύτητα μέ τὴ βοήθεια τοῦ ἐκκινητῆ, τίθεται σέ ἐνέργεια ὁ βοηθητικὸς ἐγχυτήρας. Τὸ καύσιμο, τὸ ὁποῖον ἐγχέει αὐτός, ἀναφλέγεται ἀπὸ τὸ σπινθηριστὴ καί περιβάλλει τὴ ζώνη ἐγχύσεως τοῦ κύριου ἐγχυτήρα. Αὐτὸς δέχεται ἤδη καύσιμο ἀπὸ τὴν ἀντλία καυσίμου, τὸ ὁποῖον ἀναφλέγεται.

Ἐπειδὴ ὁ σπινθήρας ἐνὸς συνηθισμένου σπινθηριστῆ μπορεῖ νά παρασυρθεῖ ἀπὸ τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρα πού τὸν περιβάλλει, ἰδιαίτερα στούς στροβιλοαντιδραστήρες κατὰ τὸ ἀνάμμα σέ στιγμὴ πτήσεως, ὑπάρχει ἡ τάση νά χρησιμοποιεῖται ὁ σπινθηριστὴς μέ ἐπιφανειακὴ ἐκφόρτιση, ὁ ὁποῖος δέν παρουσιάζει αὐτὴ τὴν ἀδυναμία. Αὐτὸς ἔχει χωριστὰ ἠλεκτρόδια μονωμένα μέ πορσελάνη.

Τὸ ἠλεκτρικὸ κύκλωμα ἀνάμματος ἀποτελεῖται ἀπὸ γεννήτρια ἐναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλῆς τάσεως, ἡ ὁποία τροφοδοτεῖ τὸ πρῶτεῦον τύλιγμα ἐνὸς μετασχηματιστῆ. Ἀπὸ τὸ δευτερεῦον ἐξέρχεται τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως, ἡ ὁποία χρειάζεται γιά τήν ἀνάφλεξη.

Στούς δακτυλιοειδεῖς θαλάμους καύσεως ἀρκεῖ ἡ ἀνάφλεξη σέ ἓνα μόνο σημεῖο τους, γιατί ἡ φλόγα μεταδίδεται ἀμέσως σέ ὅλους τοὺς ἐγχυτήρες καί ἐπομένως ἀρκεῖ ἓνας μόνο **ἀναπτήρας**.

Ὅταν οἱ θάλαμοι εἶναι **σωληνοειδεῖς** καί ἐπομένως χωριστοί, ἐπιτυγχάνεται τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα ὅπως καί στούς δακτυλιοειδεῖς θαλάμους μέ περιφερειακὴ σύνδεση τῶν θαλάμων (ὅπως ἔχουμε πεῖ) μέ τὴ βοήθεια μικρῶν σωληνωτῶν ἀγωγῶν. Ἔτσι ἡ φλόγα μεταδίδεται ἀπὸ τὸν ἓνα θάλαμον στούς ἄλλους, ὥστε καί στὴν περίπτωση αὐτὴ νά ἀρκεῖ πάλι ἓνας μόνο ἀναπτήρας. Στὴν πράξη ὅμως, καί γιά λόγους μόνο ἀσφάλειας, ἀντὶ νά τοποθετηθεῖ ἓνας μόνο ἀναπτήρας τοποθετοῦνται δύο, δηλαδή ἓνας σέ καθένα ἀπὸ δύο θαλάμους πού βρίσκονται ἀντιδιαμετρικά τοποθετημένοι. Οἱ ἀγωγοὶ συνδέσεως ἐκτός ἀπὸ τὸν κύριον σκοπὸ τους, δηλαδή τὴ μετάδοση τῆς φλόγας, ἔχουν καί δευτερεύοντα σκοπὸ, τὴν ἐξίσωση τῆς πιέσεως μεταξύ ὄλων τῶν θαλάμων.

3) **Η άντλία λιπάνσεως:** Έχει σκοπό την παροχή του αναγκαίου λιπαντικού λαδιού για τη λίπανση. Έπειδή στους αεριοστρόβιλους δεν υπάρχουν πολλά τριβόμενα μέρη και οι τριβείς είναι λίγοι, η ποσότητα του λαδιού που κυκλοφορεί είναι μικρή και η ειδική κατανάλωση λαδιού κυμαίνεται σε 1 έως 3 g /PS.h. (γραμμάρια ανά ωριαίο ίππο περίπου).

6.4 Οι χρήσεις αεριοστροβίλων ως θερμικών κινητηρίων μηχανών. Έφαρμογές.

α) Έφαρμογή των αεριοστροβίλων σε εγκαταστάσεις ξηράς.

Σε εγκαταστάσεις ξηράς ο αεριοστρόβιλος χρησιμοποιήθηκε ή έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα στις εξής περιπτώσεις:

- α) Για την κίνηση των στροβιλοσυμπιεστών υπερπληρώσεως των μηχανών Diesel (μέ τη δύναμη των ιδίων των καυσαερίων των Diesel).
- β) Για την κίνηση γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.
- γ) Για την κίνηση σιδηροδρόμων.
- δ) Για την κίνηση αυτοκινήτων.

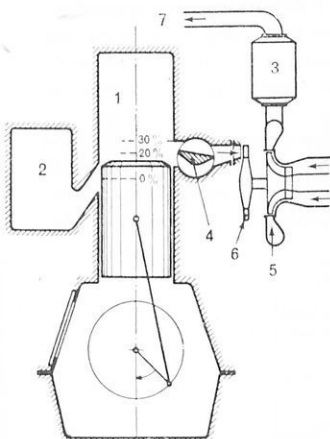
Οι διάφοροι τύποι, οι οποίοι σχεδιάστηκαν για τις περιπτώσεις αυτές, διακρίνονται γενικά σε **βραδύστροφους αεριοστρόβιλους μεγάλης ισχύος** και **ταχύστροφους μικρής ισχύος**.

Οι βραδύστροφοι συναγωνίζονται προς τους βραδύστροφους κινητήρες Diesel και προς τους ατμοστρόβιλους, κυρίως σε μόνιμες εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής. Στις εγκαταστάσεις αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία τό βάρος και οι διαστάσεις της μηχανής, ενώ αντίθετα επιδιώκεται, η οικονομία κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση. Γι' αυτό ο θερμοδυναμικός κύκλος του αεριοστρόβιλου γίνεται περισσότερο πολύπλοκος με τη χρησιμοποίηση των ενδιάμεσων ψυκτήρων στη συμπίεση ή με τις επαναλαμβανόμενες καύσεις, οι οποίες γίνονται μεταξύ διαδοχικών εκτονώσεων ή με τους αναθερμαντήρες του αέρα. Οι βοηθητικές αυτές λειτουργίες του κυκλώματος βοηθούν στη βελτίωση της θερμικής απόδοσης του κύκλου και συντελούν στην προοδευτική και συνεχώς αυξανόμενη χρησιμοποίηση του νέου αυτού τύπου θερμικού κινητήρα.

Τό σχήμα 6.4α παριστάνει τη διάταξη ενός στροβιλοφουσητήρα υπερπληρώσεως μιας δίχρονης μηχανής Diesel. Τό σχήμα 6.4β δείχνει ανάλογο συγκρότημα σε προοπτική τομή. Διακρίνονται η σύνδεση στρόβιλου και συμπιεστή σε κοινό άξονα. Τά βέλη δείχνουν την πορεία των καυσαερίων, που κινούν τό στρόβιλο, και την πορεία του αέρα, ο οποίος συμπιεσμένος από τό συμπιεστή πηγαίνει προς τους κυλίνδρους.

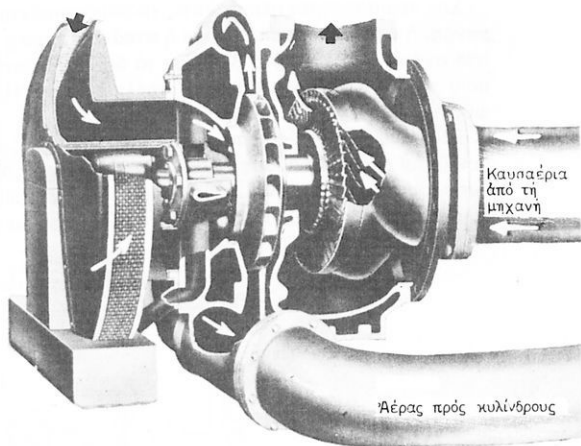
Στό σχήμα 6.4γ εικονίζεται εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής τυπικής μορφής. Πρόκειται για αεριοστρόβιλο ανοικτού κυκλώματος. Αυτός χρησιμοποιείται, όταν η κατανάλωση καυσίμου, ή οποία είναι συνήθως μεγάλη, δεν έχει ιδιαίτερη σημασία. Περιπτώσεις όπως αυτή εμφανίζονται, όταν η τιμή του καυσίμου είναι πολύ μικρή ή όταν ο αεριοστρόβιλος λειτουργεί λίγες μόνο ώρες κάθε μέρα, για να καλύπτει τις αιχμές, δηλαδή τις έκτακτες μεγάλες ανάγκες του δικτύου. Η εγκατάσταση αυτή είναι σχεδιασμένη για ισχύ γεννήτριας 4000 kW.

Σήμερα κατασκευάζονται μεγαλύτερες μονάδες (μέχρι και 40000 kW) και η Δ.Ε.Η. έχει ήδη εγκαταστήσει 4 μονάδες των 12500-14000 kW για την κάλυψη τυχόν αυξημένων αναγκών.

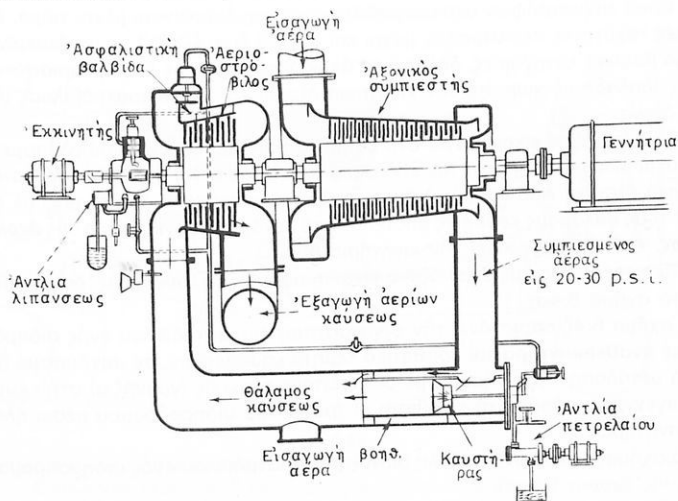


$\Sigma\chi$. 6.4a.

(1) Ὁ κύλινδρος, (2) ἡ συλλέκτης ἀέρα σαρώσεως (εἰσαγωγῆς), (3) ὁ ψυκτῆρας ἀέρα, (4) ἡ περιστροφικὴ βαλβίδα στὸν ὀχετὸ ἐξαγωγῆς τῶν καυσαερίων, (5) ὁ φυσητῆρας (συμπιεστήρας ἀέρα), (6) ὁ ἀεριοστρόβιλος πού κινεῖται ἀπὸ τὰ καυσαέρια τῆς Diesel, (7) ἡ κατὰ-θλίψη ἀέρα πρὸς τὴν συλλέκτη ἀερώσεως.



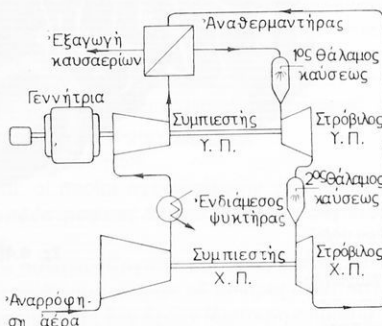
Σχ. 6.4β.



Σχ. 6.4γ.

Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ή **ένδιάμεση ψύξη**, ή **ανάθερμανση**, ή **σταδιακή συμπίεση** και ή **σταδιακή καύση** και **έκτόνωση**, όπως φαίνονται στο σχήμα 6.4δ. Σ' αυτό βλέπουμε τὰ δύο συγκροτήματα Χ.Π. και Υ.Π., από τὰ ὁποία τὸ δεύτερο μόνο παράγει ὠφέλιμο ἔργο. Ἡ ἀπόδοση τῆς ἐγκαταστάσεως φθάνει συνολικά στὸ 30% περίπου.

Οἱ ταχύστροφοι ἀεριοστροβίλοι μικρῆς ἰσχύος χρησιμοποιοῦνταν, ἢ χρησιμοποιοῦνται ἀκόμη δοκιμαστικά, γιὰ τὴν κίνηση σιδηροδρόμων, ἐλκυστήρων κλπ. Ἡ χρησιμοποίησή τους εἶναι βέβαια ἀκόμη περιορισμένη ἐξ αἰτίας τῆς εἰδικῆς καταναλώσεώς τους, ἡ ὁποία κυμαίνεται σέ 500 περίπου γραμμάρια γιὰ κάθε ὠριαῖο ἵππο.



Σχ. 6.4δ.

Οἱ τύποι ταχύστροφων ἀεριοστροβίλων πού σχεδιάσθηκαν μέχρι τώρα, ἔχουν μεγάλες ταχύτητες περιστροφῆς μέχρι καὶ 30000 ἕως 40000 r.p.m. Διακρίνονται σέ δύο βασικές κατηγορίες, δηλαδή σέ ἀεριοστροβίλους μέ δύο ἢ περισσότερους ἄξονες (δηλαδή μέ χωριστό τόν κινητήριο ἄξονα) καὶ σέ ἀεριοστροβίλους μέ ἕνα μόνο ἄξονα.

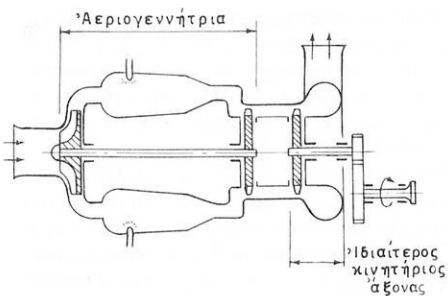
Οἱ δύο διατάξεις εἰκονίζονται στά σχήματα 6.4ε καὶ 6.4στ, ὅπου βλέπουμε ὅτι ὁ ἀεριοστροβίλος μέ χωριστό τόν κινητήριο ἄξονα (σχ.6.4ε) ἔχει δύο ἀνεξάρτητους μηχανικά ἄξονες. Ἀπό αὐτούς ὁ ἕνας κινεῖ τὸ συμπιεστή, ὁ ὁποῖος μαζί μέ αὐτόν καὶ μέ τούς θάλαμους καύσεως ἀποτελοῦν τὸ λεγόμενο συγκρότημα τῆς **ἀεριογεννήτριας**, ἐνῶ ὁ ἄλλος κινεῖ τόν κινητήριο ἄξονα.

Ὁ ἀεριοστροβίλος μέ ἕναν ἄξονα εἶναι προφανῶς ἀπλούστερος, ὅπως φαίνεται καὶ στό σχήμα 6.4στ.

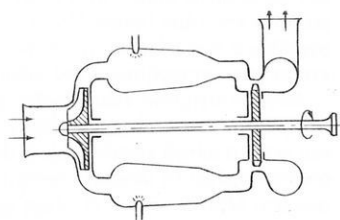
Τὸ σχήμα 6.4ζ παριστάνει τὴν ἐγκατάσταση ἀεριοστροβίλου ἑνός σιδηρόδρομου, μέ ἀναθερμαντήρα καὶ βοηθητικό λέβητα καυσαερίων, σέ συνδυασμό μέ μηχανική μετάδοση τῆς κινήσεως μέ ὀδοντωτοὺς τροχοὺς (γρανάζια) στήν κύρια ἡλεκτρογεννήτρια· ἀπὸ αὐτὴ κινοῦνται οἱ τροχοὶ τοῦ σιδηρόδρομου μέσω ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

Στὸ σχήμα 6.4η φαίνεται ἄλλη διάταξη ἀεριοστροβίλου ἑνός σιδηρόδρομου κατασκευῆς Brown Boveri.

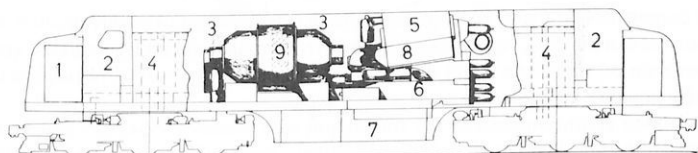
Ἡ κίνηση αὐτοκινήτων μέ ἀεριοστροβίλους βρίσκεται στό πειραματικὸ στάδιο στὰ μεγάλα ἐργοστάσια τῆς Ἀμερικῆς καὶ τῆς Εὐρώπης. Ἡ προσπάθεια συγκεν-



Σχ. 6.4ε.

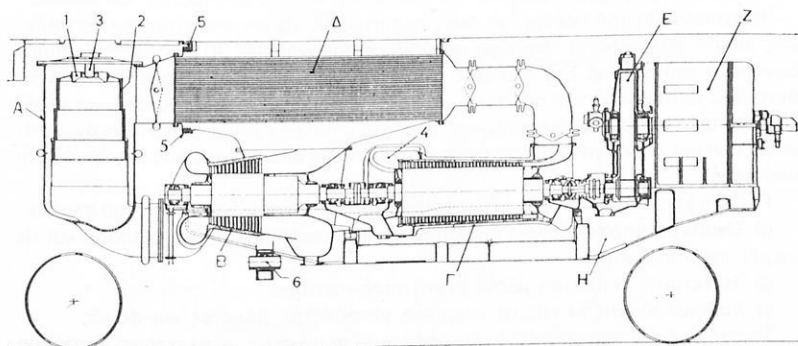


Σχ. 6.4στ.



Σχ. 6.4ζ.

(1) Ύδατοδεξαμενή, (2) θάλαμος χειριστή, (3) κύρια γεννήτρια, (4) θάλαμος έλεγχου, (5) λέβητας καυσασερίων, (6) αεριοστρόβιλος, (7) δεξαμενή καυσίμου, (8) ανάθερμαντήρας, (9) όδοντωτοί τροχοί μεταδόσεως κινήσεως.



Σχ. 6.4η.

Α θάλαμος καύσεως, Β αεριοστρόβιλος, Γ αξονικός συμπιεστής, Δ ανάθερμαντήρας άέρα, Ε μειωτήρας ταχύτητας, Ζ κύρια ηλεκτρογεννήτρια, Η βοηθητικό άμάζωμα.

(1) Διανομέας, (2) έσωτερικό τοίχωμα, (3) καυστήρας με κεντρική έγχυση, (4) είσραγωγή άέρα στο συμπιεστή, (5) ένωση διαστολών, (6) άνακρέμαση του βοηθητικού άμαξώματος στο άμάζωμα του σιδηρόδρομου.

τρώνεται κυρίως στη διαμόρφωση κατάλληλου άναθερμαντήρα για τις διαστάσεις του αυτοκινήτου, γιατί χωρίς αυτόν ή κατανάλωση καυσίμου θα είναι μεγάλη και δεν θα υπάρχει πιθανότητα ο αεριοστρόβιλος να συναγωνισθεί το βενζινοκινητήρα ή τον κινητήρα Diesel. Άνεξάρτητα όμως από αυτά ή χρησιμοποίηση του αεριοστρόβιλου στα αυτοκίνητα, όταν πραγματοποιηθεί, θα προσφέρει και τό πλεονέκτημα της καταργήσεως του κιβωτίου ταχυτήτων.

Μία έπιτυχημένη έφαρμογή των αεριοστρόβιλων έμφανίζεται στη λειτουργία του λέβητα Velox, τον όποιο περιγράψαμε στην παράγραφο 3.6(δ)2. Τά καυσάερια του λέβητα αυτού κινούν έναν αεριοστρόβιλο και αυτός ένα στροβιλοσυμπιεστή, ό όποιος παρέχει τή μεγάλη ποσότητα άερα, πού άπαιτείται για τήν «καύση υπό πίεση» στο λέβητα αυτόν. Ό άέρας εισάγεται στην έστία μέ πίεση 2,5 έως 3 kp/cm² περίπου.

β) Έφαρμογή των αεριοστρόβιλων στα πλοία.

Οί αεριοστρόβιλοι, πού χρησιμοποιούνται για τήν κίνηση μεγάλων πλοίων, είναι βραδύστροφοι μεγάλης ισχύος, ενώ οί ταχύστροφοι μικρών ίπποδυνάμεων χρησιμοποιούνται σε ταχύπλοα μικρά σκάφη είδικού προορισμού ή και στα μεγάλα σκάφη σαν μηχανές ήλεκτροπαραγωγής του πλοίου.

Αυτοί πού χρησιμοποιούνται για τήν κίνηση των πλοίων διαφέρουν στίς γενικές γραμμές από τούς αντίστοιχους αεριοστρόβιλους ξηράς, μόνον κατά τό ότι τό ώφέλιμο έργο, πού άποδίδουν στον κινητήριο άξονα, μεταδίδεται μέ έναν από τούς γνωστούς μας τρόπους στην έλικα του πλοίου.

Ό χρησιμοποίηση αεριοστρόβιλων στίς έγκαταστάσεις πλοίων παρέχει οίκονομία βάρους και κόστους, απλότητα και στερεότητα, έλλειψη κραδασμών, μικρό χρόνο έκκινήσεως. Παρουσιάζει όμως και ένα σοβαρό μειονέκτημα, δηλαδή μικρή άπόδοση, ιδίως στα μικρά φορτία, και δυσχέρεια για τήν άναπόδιση του πλοίου.

Ό άναπόδιση του πλοίου, σε όσες περιπτώσεις χρησιμοποιείται αεριοστρόβιλος, μπορεί να γίνεται μέ ιδιαίτερο στρόβιλο ίπποδυνάμεως 30 έως 50% τής ίπποδυνάμεως του πρόσω. Στο στρόβιλο αυτόν τά πτερύγια είναι τοποθετημένα αντίθετα από τά πτερύγια του πρόσω. Σ' αυτήν τήν περίπτωση πάντως, όταν τό πλοίο κινείται προς τά πρόσω, έμφανίζονται μεγάλες άπώλειες λόγω παθητικών αντίστασεων (άνεμισμός του στρόβιλου άνάποδα), έπειδή ό αεριοστρόβιλος δεν έργάζεται υπό κενό.

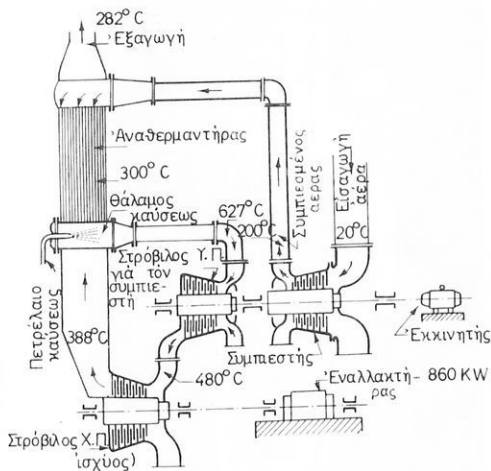
Γι' αυτό χρησιμοποιήθηκαν οί άκόλουθοι τρόποι για τήν άναπόδιση του πλοίου:

α) Ιδιαίτερη μηχανή Diesel ή ιδιαίτερος άτμοστρόβιλος για τό άνάποδα και τις μικρές ίπποδυνάμεις.

β) Ηλεκτρική μετάδοση μέσω γεννήτριας-κινητήρα.

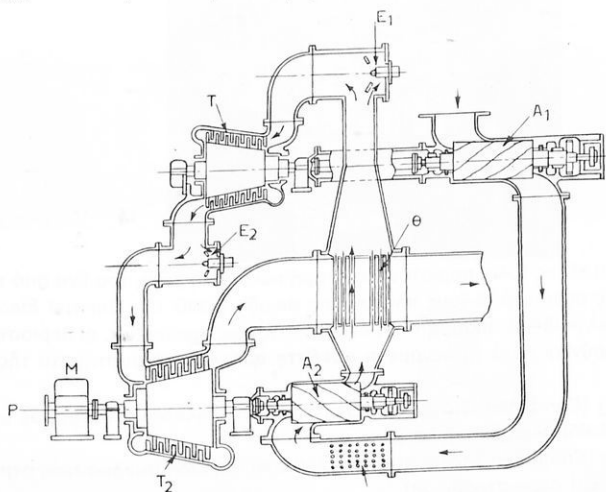
γ) Χρησιμοποίησις έλικας μέ πτερύγια μεταβλητού βήματος και φοράς.

Τό σχήμα 6.4θ παριστάνει μία έγκατάσταση προώσεως μέ ήλεκτρική μετάδοση του άγγλικού οίκου Thomson-Houston. Ό έγκατάσταση συνοδεύεται από τρεις άκόμη πετρελαιομηχανές Sulzer. Στο σχήμα αυτό μπορούμε να μελετήσουμε τις θερμοκρασίες άερα και άερίων κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας του κυκλώματος. Ό όλη έγκατάσταση του αεριοστρόβιλου έχει ώφέλιμη ισχύ προώσεως 1200 HP μέ ταχύτητα περιστροφής του στρόβιλου 2800 σ.α.λ. και συνολική άπόδοση 2% περίπου.



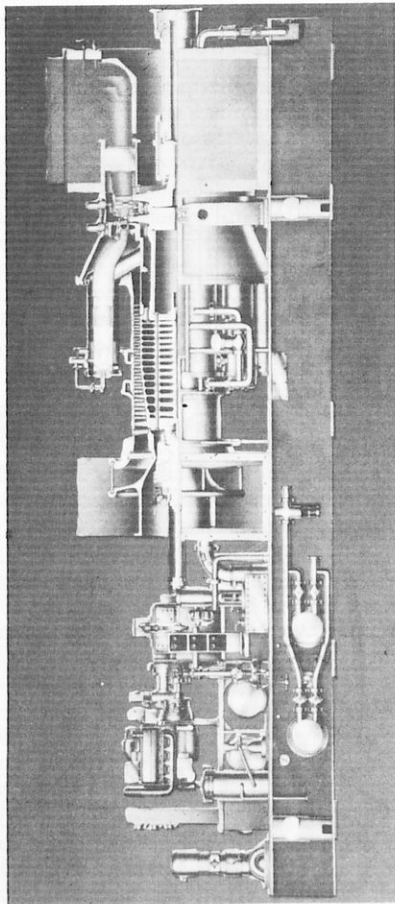
Σχ. 6.40.

Τό σχήμα 6.4ι παριστάνει μία άλλη εγκατάσταση σέ πλοίο από τόν οἶκο Elliot.



Σχ. 6.4ι.

A_1 αεροσυμπιεστής Χ.Π. μέ κοχλιοειδείς λοβούς, A_2 αεροσυμπιεστής Υ.Π. μέ κοχλιοειδείς λοβούς, I ἐνδιάμεσο ψυγείο, Θ ἀναθερμαντήρας, E_1 θάλαμος καύσεως Υ.Π., E_2 θάλαμος καύσεως Χ.Π., T_1 ἀerioστρόβιλος Υ.Π., T_2 ἀerioστρόβιλος Χ.Π., M σύστημα μεταδόσεως τῆς κινήσεως, P ἄξονας ἑλίκας.



Σχ. 6.4α.

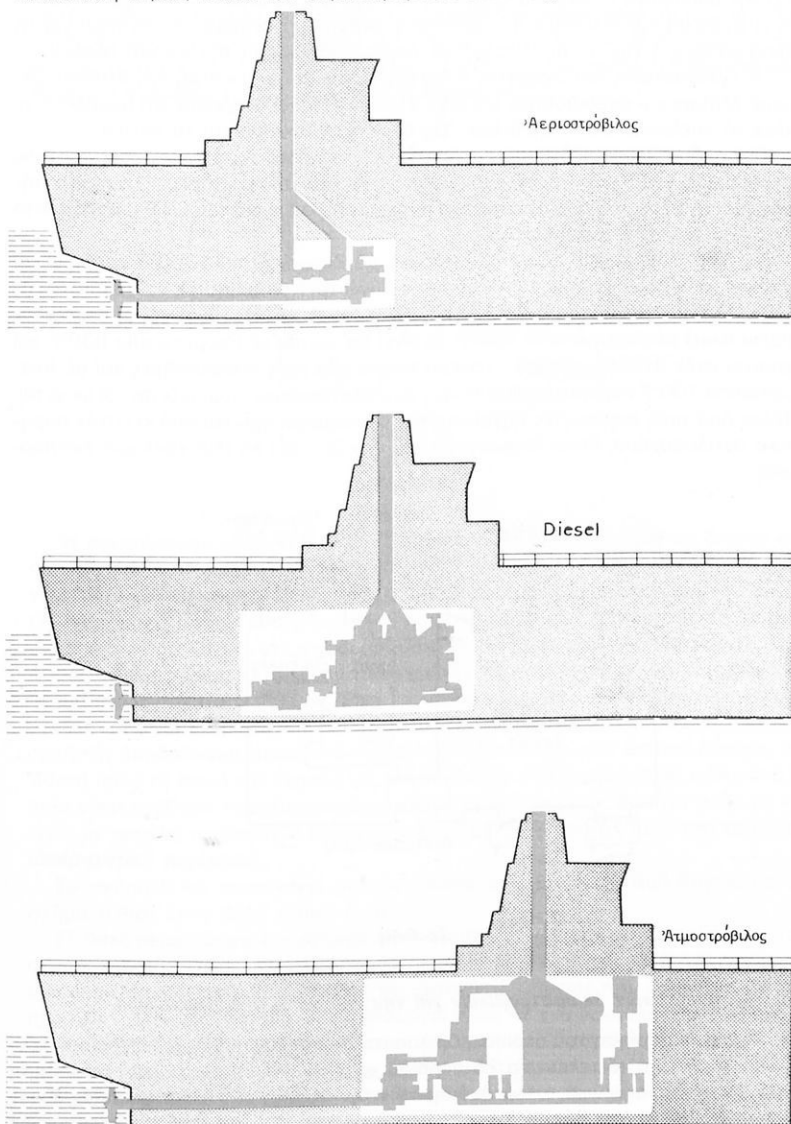
Τό σχήμα τέλος 6.4α παριστάνει σέ τομή πάνω στή βάση του ένα από τούς πύο συγχρόνους άεριοστρόβιλους πλοίων τής σειράς 5000 τής General Electric.

Γιά νά βελτιωθεί ή άποδόση τής έγκαταστάσεως προώσεως, οί άεριοστρόβιλοι χρησιμοποιοῦνται κατά τή λεγόμενη **σύνθετη πρόωση**, τά συστήματα τής όποιας εἶναι:

- Codag (Combined Diesel and Gas Turbine) (δηλαδή συνδυασμός μηχανής Diesel καί άεριοστρόβιλου).
- Cosag (Combined Steam and Gas Turbine) (δηλαδή συνδυασμός άτμοστρόβιλου καί άεριοστρόβιλου).

Τελευταία κατασκευάζονται γρήγορα πολεμικά πλοία μικροῦ καί μέσου μεγέθους, τά όποια γιά τήν κανονική πορεία τους χρησιμοποιοῦν οίκονομικές μηχανές, όπως π.χ. άτμοστρόβιλους ή μηχανές Diesel, ενώ κατά τόν πλοῦ μέ τή μέγιστη ταχύτητα πού συνήθως δέν διαρκεί πολύ, τίθεται σέ λειτουργία πρόσθετη έγκατάσταση άεριοστρόβιλου.

Τό σχήμα 6.4ιβ τέλος δείχνει μία συγκριτική παράσταση της Pratt και Whitney σχετικά με τον όγκο που καταλαμβάνει, στο ίδιο πλοίο με την ίδια ιπποδύναμη, εγκατάσταση ατμού, Diesel και αεριοστρόβιλου αντίστοιχα.



Σχ. 6.4ιβ.

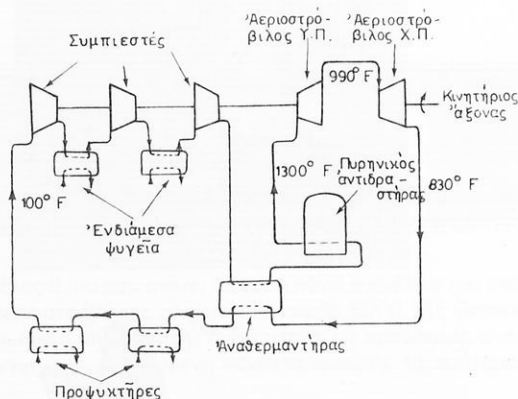
γ) Χρήση τῆς ἀτομικῆς ἐνέργειας γιὰ τὴν κίνηση πλοίων μὲ ἀεριοστρόβιλο.

Στὴν παράγραφο 3.6ὲς) μιλήσαμε γιὰ τὴν χρησιμοποίηση τῆς ἀτομικῆς ἐνέργειας γιὰ τὴν παραγωγή μηχανικοῦ ἔργου σὲ συνδυασμὸ μὲ ἀτμοστρόβιλους. Προσπάθεια ἀνάλογη καταβλήθηκε (καὶ βρίσκεται ἀκόμη στὸ πειραματικὸ στάδιο) γιὰ τὴν χρησιμοποίησίν της σὲ συνδυασμὸ μὲ ἀεριοστρόβιλο γιὰ τὴν κίνηση πλοίων.

Ἡ ἐγκατάσταση τοῦ σχήματος 6.4ιγ ἐγίνε ἀπὸ τὰ ἀμερικάνικα ἐργοστάσια General Motors καὶ σχεδιάσθηκε γιὰ ἰσχύ 20000 HP. Παρατηροῦμε ὅτι προβλέπεται κλειστὸ κύκλωμα ἀεριοστρόβιλου. Ὡς ἀέριο χρησιμοποιεῖται τὸ «ἥλιο».

Στὸ σχῆμα βλέπομε ὅτι χρησιμοποιοῦνται ἐκτός ἀπὸ τοὺς συμπιεστές καὶ τοὺς στρόβιλους, ἀναθερμαντήρες, ἐνδιάμεσα ψυγεῖα καὶ προψυκτῆρες. Ὁ ἀντιδραστήρας ἔχει τὴ θέση τοῦ ἀεριολέβητα καὶ παρέχει τὴν ἐνέργειά του ὡς θερμότητα στὸ ἥλιο τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Τὸ ἥλιο βγαίνει ἀπὸ τὸν ἀντιδραστήρα μὲ θερμοκρασία 1300°F περίπου καὶ μπαίνει στὸν ἀεριοστρόβιλο Υ.Π., ὁ ὁποῖος κινεῖ τρεῖς συμπιεστές Υ.Π. στὸν ἴδιον ἄξονα. Κατόπιν πηγαίνει πρὸς τὸ στρόβιλο Χ.Π. (ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ ὁ στρόβιλος προώσεως) μὲ θερμοκρασία 990°F, βγαίνει ἀπ' αὐτόν μὲ θερμοκρασία 830°F καὶ μπαίνει στὸν ἀναθερμαντήρα. Ὑστερα περνᾷ ἀπὸ τοὺς προψυκτῆρες καὶ μὲ θερμοκρασία 100°F περίπου μπαίνει στοὺς συμπιεστές, ὅπου συμπιέζεται καὶ ψύχεται. Τέλος ἀπὸ τοὺς συμπιεστές πηγαίνει στὸν ἀναθερμαντήρα καὶ ἀπὸ κεῖ στὸν πυρηνικὸ ἀντιδραστήρα, ὅπου θερμαίνεται καὶ ἀρχίζει πάλι τὸ ἴδιο κύκλωμα λειτουργίας.



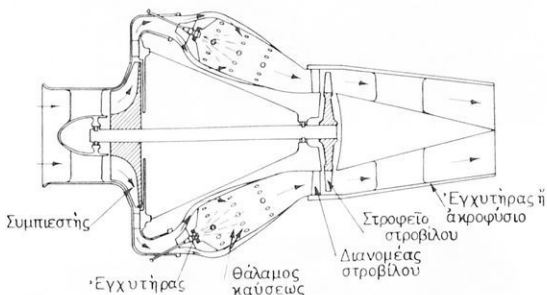
Σχ. 6.4ιγ.

δ) Ἐφαρμογὴ τῶν ἀεριοστρόβιλων γιὰ τὴν κίνηση τῶν ἀεροσκαφῶν.

Ἡ χρησιμοποίηση τοῦ ἀεριοστρόβιλου στὰ ἀεροσκάφη ὑπῆρξε, ὡστόσο, καὶ ἐντυπωσιακὴ κατὰ τὰ τελευταῖα 25 περίπου χρόνια. Ἐδῶσε νέα μορφή καὶ ὠθηση στὴν ἀεροπορία γενικά, ἀλλὰ ἀκόμη καὶ στὴν ἐξέλιξη τῶν **αὐτοπροωθυμένων βλημάτων**. Ἔτσι ὁ ἀεριοστρόβιλος ἀνοικτοῦ κυκλώματος στὴν πιὸ ἀπλή του μορφή

χρησιμοποιήθηκε με μεγάλη επιτυχία, σήμερα δέ έχει επικρατήσει σχεδόν τελείως αφού έκτόπισε τούς παλιούς βενζινοκινητήρες των ελικοκινήτων αεροπλάνων.

Ο αεριοστρόβιλος ανοικτού κυκλώματος, πού έχει στην περίπτωση αυτή τό μικρότερο βάρος, παίρνει τήν μορφή του **στροβιλοαντιδραστήρα** (turbo-jet), ο οποίος, όπως διακρίνεται στο σχήμα 6.4ιδ φέρει επάνω σ' έναν άξονα τοποθετημένα όλα τά στοιχεία τής εγκαταστάσεως, δηλαδή τό **συμπιεστή**, τό **θάλαμο καύσεως**, τό **στρόβιλο** καί τόν **έγχυτήρα** ή **άκροφύσιο**.

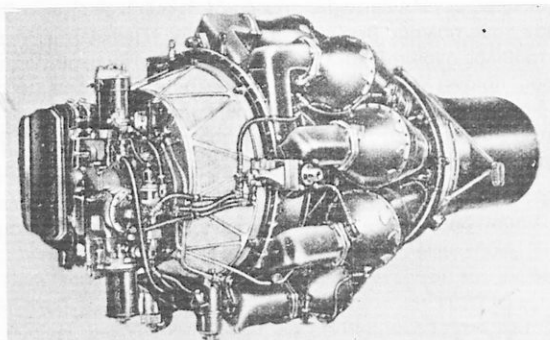


Σχ. 6.4ιδ.

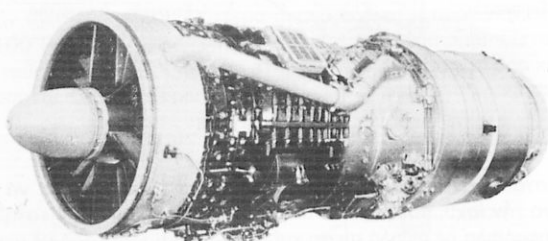
Η εγκατάσταση είναι έτσι υπολογισμένη, ώστε τά καυσάερια νά δίνουν στο στρόβιλο μόνο τήν ισχύ, πού απαιτείται γιά τήν κίνηση του συμπιεστή. Έτσι βγαίνουν από τό στρόβιλο με ύψηλή πίεση καί θερμοκρασία, δηλαδή με μεγάλη θερμική ενέργεια, ή όποία μετατρέπεται σέ κινητική μέσα στο άκροφύσιο ή έγχυτήρα (όπως περίπου γίνεται μέσα στα άκροφύσια των άτμοστροβίλων). Μέσα στο άκροφύσιο αυτό τά άέρια έκτονώνονται μέχρι τήν άτμοσφαιρική πίεση καί άποκτούν πολύ μεγάλη ταχύτητα έξόδου. Έτσι τό καθαρό έργο τής εγκαταστάσεως είναι ή μεγάλη κινητική ενέργεια τής δέσμης των καυσαερίων. Αυτή σύμφωνα προς τήν άρχή τής αντίδράσεως άσκει στο στροβιλοαντιδραστήρα μιάν ώστική δύναμη, αντίθετη προς τή φορά τής έκροής της καί άπ' αυτόν στο άεροσκάφος, πάνω στο όποιο είναι σταθερά προσαρμοσμένος. Έτσι τό άεροσκάφος κινείται προς τά έμπρός με μεγάλη ταχύτητα, ή όποία μπορεί νά ύπερβεί καί τήν ταχύτητα του ήχου (**ύπερηχητική ταχύτητα**).

Τό σχήμα 6.4ιε παριστάνει στροβιλοαντιδραστήρα τύπου Roll-Royce, καί τό σχήμα 6.4ιστ έναν άλλο τύπου Avon.

Σέ όσες περιπτώσεις επιδιώκομε τήν αύξηση τής προωθητικής άποδόσεως του στροβιλοαντιδραστήρα θυσιάζοντας τήν κατασκευαστική του άπλότητα, χρησιμοποιούμε είδική διάταξη έπαυξήσεως τής ώστικής δυνάμεως του. Πρόκειται γιά τήν προσθήκη ενός άνεμιστήρα, πού λειτουργεί μέσα σέ ένα δακτυλιοειδή σωλήνα, ό όποιος περιβάλλει τό στροβιλοαντιδραστήρα καί ό όποιος στέλνει άέρα ψυχρό πού κυκλοφορεί γύρω άπό τόν κινητήρα. Τό όλο σύστημα άποτελείται από δύο στροφέϊα πού στρέφονται αντίθετως. Τά στροφέϊα κινούνται από δύο στρόβιλους, πού τοποθετούνται άμέσως μετά τόν κύριο στρόβιλο. Έτσι στή μάζα των καυσαερίων



Σχ. 6.4ιε.



Σχ. 6.4ιστ.

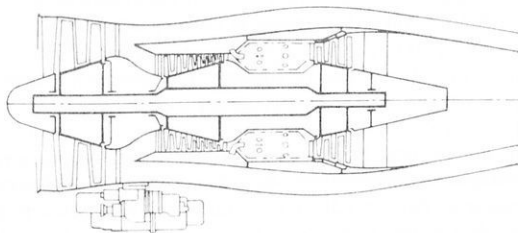
προστίθεται καί η μάζα του αέρα που προέρχεται από τον άνεμιστήρα, η οποία προσφέρει καί τη δική της δύναμη ώσεως. Είναι γεγονός ότι η ένιαία ταχύτητα της δέσμης καυσαερίων-αέρα ελαττώνεται, αλλά η συνολική μάζα τους αυξάνει σε μεγαλύτερη αναλογία ώστε η τελική ώθηση να είναι καί αυτή μεγαλύτερη.

Ο τύπος αυτός στροβιλοαντιδραστήρα καλείται **στροβιλοαντιδραστήρας διπλής ροής** ή κατά την αμερικανική όρολογία «Turbo-Fan», που σημαίνει **στροβιλοανεμιστήρας**. Το σχήμα 6.4ιζ παριστάνει τη συνολική έγκατάστασή του.

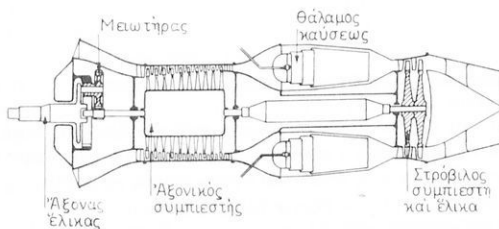
Οι στροβιλοανεμιστήρες χρησιμοποιούνται σε αεροπλάνα με μεγάλες ταχύτητες, αλλά υποηχητικές. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για τα αεροσκάφη της πολιτικής αεροπορίας, γιατί παρουσιάζουν όρισμένα πλεονεκτήματα σημαντικά για τα αεροσκάφη αυτά, όπως λιγότερο θόρυβο, μικρότερη ειδική κατανάλωση κατά την πτήση διάρκειας, καί μεγαλύτερη δύναμη ώσεως σχετικά με τό ειδικό βάρος του κινητήρα.

Επίσης σε όρισμένα αεροσκάφη χρησιμοποιείται μερικές φορές ο αεριοσρόβιλος ως κινητήρια μηχανή της έλικας. Το σύστημα ονομάζεται συνδυασμός σρόβιλου καί έλικας (Turbo-Prop) καί χρησιμοποιείται σε αεροσκάφη μέσης ταχύτητας. Η γενική του μορφή εικονίζεται τό σχήμα 6.4ιη. Στο σύστημα αυτό τά καυσαέρια

παρέχουν όλη σχεδόν τήν ενέργειά τους στό στρόβιλο, ό όποϊος μέ τήν ώφέλιμη ίσχύ του περιστρέφει τήν έλικα προώσεως του άεροσκάφους.



Σχ. 6.4ιζ.



Σχ. 6.4ιη.

6.5 Συντήρηση, Έπιθεώρηση, Έλεγχος άεροστροβίλων.

— Η συντήρηση τών άεροστροβίλων δίνεται σέ γενικές γραμμές όπως καί ή συντήρηση τών άτμοστροβίλων.

Βασική προϋπόθεση γιά τήν καλή συντήρηση εΐναι ή καθαριότητα.

Ίδιαίτερα καθαρά πρέπει νά εΐναι όλα τά μέρη πού σχετίζονται μέ τό καύσιμο, τόν άέρα, τά ψυκτικά καί λιπαντικά μέσα καί έπίσης τά περιστρεφόμενα μέρη καί οι θάλαμοι καύσεως.

— Ό κάθε κατασκευαστής παρέχει ένα πρόγραμμα περιοδικών έργασιών καί έπιθεωρήσεων πού βασίζεται στις ώρες λειτουργίας πού συμπληρώνει κάθε φορά ό άεροστρόβιλος. Τό πρόγραμμα αυτό πρέπει νά ακολουθείται μέ **αύστηρή προσήλωση**, γιατί κάθε άεροστρόβιλος παρουσιάζει τίς ιδιομορφίες καί τά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κατασκευής του.

“Όταν ό στρόβιλος δέν χρησιμοποιείται εκτελούνται σέ γενικές γραμμές τά έξής:

Καθημερινώς: Στρέφομε τό στρόβιλο χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα τήν άντλία λιπάνσεως.

Έβδομαδιαίως: Λίπανση άρθρώσεων, διακοπτών, χειριστηρίων.

Κάθε τρίμηνο: Έπιθεώρηση κοχλιών συνδέσεως κελύφους καί πτερυγώσεων από τίς ειδικές θυρίδες. Έπιθεώρηση τριβών, μέτρηση διακένων.

Κάθε έξάμηνο: Έπιθεώρηση λαβυρίνθων και συσκευών στεγανότητας και ό-
δοντώσεων μειωτήρων.

Κάθε χρόνο: Έπιθεώρηση πεδίων στηρίξεως, έλεγχος τών ρυθμιστών και αύ-
τομάτων διακοπών με τό στρόβιλο σε λειτουργία.

Κάθε διετία: Άνύψωση του πάνω ήμικελύφους και έπιθεώρηση του στρόβιλου
και άεροσυμπιεστή έσωτερικά. Άνύψωση κελύφους και έπιθεώρηση μειωτήρων
στροφών. Άπ' ευθείας μέτρηση τών διακένων τής πτερυγώσεως.

Είναι φανερό ότι όταν έκτελοϋμε τές έργασίες μιās χρονικής περιόδου, έκτελοϋ-
με ταυτόχρονα και όλες όσες προβλέπονται για τές προηγούμενες χρονικές ύπο-
διαιρέσεις.

Έπαναλαμβάνομε και πάλι ότι οι έπιθεωρήσεις αυτές αναφέρονται **ένδεικτικά
μόνο**, ενώ πρωταρχικά ακολουθούνται έπιμελώς **οί όδηγίες του κατασκευαστή**.

— Οι μετρήσεις στον άεριοστρόβιλο είναι όμοιες με αυτές που γίνονται στον ά-
τμοστρόβιλο [παράγρ. 5.18(γ)], έκτελούνται κατά τόν ίδιο τρόπο και άφορούν τή
μέτρηση τής θέσεως του στροφέιου κατά τήν άκτίνα με γέφυρα ή πείρο, τής άξονι-
κής με τό μικρόμετρο και τών άκτινικών και άξονικών διακένων τών πτερυγώσεων.

6.6 Άπώλειες, άπόδοση τών άεριοστροβίλων. Έφαρμογές.

Οι άπώλειες στους άεριοστρόβιλους παρουσιάζουν όμοιότητα με αυτές τών ά-
τμοστροβίλων με τή διαφορά ότι στους άεριοστρόβιλους ύπάρχουν και αυτές που
άφορούν τό σύστημα καύσεως που είναι ένσωματωμένο σ' αυτούς και τόν άερο-
συμπιεστή που κινείται από τόν άξονα του στρόβιλου.

Ίδιαίτερα για τόν άεροσυμπιεστή πρέπει νά τονίσομε ότι από τό συνολικό έργο
που άποδίδει ο στρόβιλος, ό άεροσυμπιεστής άπορροφά τό λεγόμενο άρνητικό έρ-
γο, που είναι περίπου 60-64% του συνολικού έργου του στρόβιλου.

Οι άπώλειες διαιρούνται σε δύο κατηγορίες:

— **Άπώλειες θεωρητικής λειτουργίας** που καθορίζονται από τό Β' Θερμοδυναμι-
κό Νόμο. Αυτός καθορίζει ότι αυτές έξαρτώνται από τή διαφορά θερμοκρασίας
είσόδου και έξόδου τών αερίων στο στρόβιλο. Αυτές ύπάρχουν πάντοτε έστω και
άν ο στρόβιλος δέν παρουσιάζει ατέλειες κατά τήν πραγματική λειτουργία του.

Όπως ήδη αναφέραμε (παράγρ. 6.3), ύπάρχει σοβαρός περιορισμός έπειδή ή
άντοχή τών υλικών κατασκευής τών άεριοστροβίλων στίς ύψηλές θερμοκρασίες
είναι περιορισμένη. Λόγω του περιορισμού αυτού δέν είναι δυνατό νά θερμανθεί
πολύ ό άέρας στο θάλαμο καύσεως, ώστε ή θερμότητα (ή όποια κατόπιν θά μετα-
τραπεί σε μηχανικό έργο) νά παρέχεται με ύψηλή θερμοκρασία, πράγμα άπαραίτη-
το για τήν ύψηλή άπόδοση του θερμικού κύκλου του κινητήρα.

Έτσι σήμερα στίς βιομηχανικές έγκαταστάσεις βραδυστροφών συνήθως άεριο-
στροβίλων ή θερμοκρασία δέν ύπερβαίνει τούς 700°C για τό βαρύ πετρέλαιο ή
τούς 850°C για τό πετρέλαιο Diesel. Σέ έγκαταστάσεις ταχυστροφών άεριοστρο-
βίλων, οι όποιοι λειτουργούν συνήθως για μικρά χρονικά διαστήματα και ύποβάλ-
λονται σε συχνές και έπιμελημένες έπιθεωρήσεις κλπ., όπως π.χ. οι άέριοστρόβιλοι
μικρών ταχυπλάνων σκαφών και όλων τών άεροπλάνων, οι θερμοκρασίες φθάνουν
μέχρι και 1000°C τό άνώτερο όριο.

— **Ύψώσεις πραγματικής λειτουργίας**, οι οποίες οφείλονται σέ:

- Άτελή καύση.
- Άκτινοβολία.
- Στραγγαλισμό τών αερίων.
- Τριβή καί κρούση τών αερίων στά πτερύγια.
- Άνεμισμό.
- Ύπαρξη τών διακένων.
- Ύπαρξη τών συσκευών στεγανότητας.
- Μηχανικά αίτια, όπως τριβή καί κίνηση τών μηχανημάτων πού εξαρτώνται άπό τό στρόβιλο.

Οι άψώσεις αυτές ύπολογίζονται μέ πολύπλοκες κατά τό πλείστον θεωρητικές καί έμπειρικές μεθόδους καί τύπους.

Άπό τίς άψώσεις αυτές προκύπτουν καί οι διάφοροι βαθμοί άποδόσεως του άεριοστρόβιλου κατ' άντιστοιχία πρós τούς βαθμούς άποδόσεως του άτμοστρόβιλου:

η_{θ} = ό θεωρητικός ή θερμικός βαθμός άποδόσεως.

η_{κ} = ό βαθμός άποδόσεως του θάλαμου καύσεως.

η_{ϵ} = ό έσωτερικός βαθμός άποδόσεως.

η_{μ} = ό μηχανικός βαθμός άποδόσεως.

$\eta_{ολ}$ = ό όλικός βαθμός άποδόσεως, πού λέγεται καί πραγματικός βαθμός άποδόσεως η_{π} .

είναι δέ:

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

Ό συνολικός βαθμός άποδόσεως κυμαίνεται στίς παρακάτω τιμές γιά άεριοστρόβιλους άνοικτού κυκλώματος:

- Μέ βαρύ πετρέλαιο 20 έως 22%.
- Μέ άναθερμαντήρα 25 έως 27%.
- Μέ πετρέλαιο Ντῆζελ χωρίς άναθερμαντήρα 22 έως 24%.
- Μέ πετρέλαιο Ντῆζελ καί άναθερμαντήρα 26 έως 30%.
- Σέ ταχύπλοα μικρά σκάφη καί άεροπλάνα 30 έως 35%.

Μέ πολυπλοκότερες έγκαταστάσεις άεριοστροβίλων, πού έχουν περισσότερες άπό μία βαθμίδες συμπίεσεως καύσεως καί έκτονώσεως ή καί μέ συνδυασμό άεριοστρόβιλου καί άτμοστρόβιλου έπιτυγχάνονται μεγαλύτερες άκόμα άποδόσεις, αλλά τότε ό άεριοστρόβιλος χάνει τό μεγαλύτερο του πλεονέκτημα, τήν άπλότητα. Άκριβώς γι' αυτό έκτός άπό τήν άεροπορία ό άεριοστρόβιλος χρησιμοποιείται σήμερα εκεί, όπου μάς ένδιαφέρει περισσότερο ή άπλότητα τῆς έγκαταστάσεως καί ή μικρή δαπάνη άγοράς, καί λιγότερο ή δαπάνη σέ καύσιμο ή ή δαπάνη συντηρήσεώς του.

Ό συνολικός ή καί πραγματικός βαθμός άποδόσεως συνδέεται μέ τήν είδική κατανάλωση καυσίμου b_e σέ γραμμάρια άνά ώριαίο ίππο μέ τόν τύπο:

$$\eta_{\pi} = \frac{632 \times 1000}{b_e \cdot H}$$

όπου: H ή θερμαντική ίκανότητα του καυσίμου.

Έφαρμογή.

“Αν γνωρίζουμε ότι η ειδική κατανάλωση ενός αεριοστρόβιλου είναι $b_e = 250$ γραμμάρια στόν ώραίο η ππο καί ότι καίει πετρέλαιο θερμαντικής ικανότητος $H = 10200 \text{ kcal/kr}$, βρίσκομε τή συνολική ή πραγματική απόδοσή του ως:

$$\eta_{\pi} = \frac{632 \times 1000}{250 \times 10200}$$

$$\eta_{\pi} = 24,8\% \text{ περίπου}$$

6.7 Ίσχύς τών αεριοστρόβιλων. Έφαρμογές.

‘Η **Ίσχύς** τοῦ αεριοστρόβιλου ἐξαρτᾶται ἀπό δύο παράγοντες: 1) τίς **συνθήκες λειτουργίας** του (θερμοκρασία καύσεως, συμπίεση κλπ.) καί 2) τήν ποσότητα τοῦ ἀέρα πού κυκλοφορεῖ, δηλαδή τήν **παροχή** τοῦ ἀέρα. Ἀνάλογη πρὸς αὐτή, ὅπως ξέρομε, εἶναι ἡ ποσότητα τοῦ καυσίμου, πού μπορούμε νά καύσομε στό θάλαμο καύσεως, χωρίς νά ξεπεράσομε ὀρισμένες θερμοκρασίες, δηλαδή ἡ ἐνέργεια, πού χορηγοῦμε στήν ἐγκατάσταση, καί συνεπῶς καί ἡ ὠφέλιμη ἐνέργεια, πού μᾶς ἀποδίδει αὐτή. Ἡ παροχή τοῦ ἀέρα ἐξ ἄλλου καθορίζει τό μέγεθος τῆς ἐγκαταστάσεως, δηλαδή τοῦ συμπιεστή, τοῦ στρόβιλου καί τοῦ θάλαμου καύσεως.

Ἡ ἰσχύς τοῦ αεριοστρόβιλου χαρακτηρίζεται σέ ἐσωτερική N_e καί πραγματική N_{π} .

Ἡ **ἐσωτερική** εἶναι αὐτή πού ἀναπτύσσει ὁ στρόβιλος καί ἀντιστοιχεῖ πρὸς τήν ἐνδεικτική (Ι.Η.Π.) τών παλινδρομικῶν μηχανῶν, μέ τή διαφορά ὅτι δέν εἶναι δυνατό νά μετρηθεῖ γιατί δέν ὑπάρχει κατάλληλο ὄργανο, ὅπως ὁ δυναμοδείκτης τών παλινδρομικῶν μηχανῶν. Ὑπολογίζεται μόνο θεωρητικά.

Ἡ **πραγματική** παριστάνει τήν ἰσχύ σέ ἵππους πού ἀποδίδει ὁ ἄξονας καί ἀντιστοιχεῖ πρὸς τήν πραγματική ἱπποδύναμη ἄξονα (BHP) ἢ (SHP) τών παλινδρομικῶν μηχανῶν καί τών ἀτμοστρόβιλων. Ἴσοῦται δηλαδή αὐτή μέ τήν ἐσωτερική, ἀν ἀπό αὐτή ἀφαιρεθοῦν οἱ μηχανικές γενικά ἀπώλειες. Ἀπό αὐτή, ἀν εἶναι γνωστός ὁ μηχανικός βαθμός ἀποδόσεως η_{μ} τοῦ στρόβιλου, βρίσκομε τήν ἐσωτερική μέ τόν τύπο:

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

Ὅπως ξέρομε ἀπό τούς ἀτμοστρόβιλους ἡ πραγματική ἰσχύς μετρίεται μέ μηχανική ἢ ὑδραυλική ἢ ηλεκτρική **πέδη** ἢ μέ **στρεψίμετρο**, μέ τά ὁποῖα ὑπολογίζεται ἡ ροπή στρέψεως τοῦ ἄξονα M_{σ} σέ krm καί ἀπ’ αὐτή ἡ πραγματική ἱπποδύναμη μέ τόν τύπο:

$$N_{\pi} = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_{\sigma}}{4500}$$

ὅπου: $\pi = 3,14$ καί $n = \text{ὁ ἀριθμός στροφῶν τό λεπτό (σ.α.λ.) τοῦ ἄξονα.}$

Έφαρμογή.

Σέ αεριοστρόβιλο βρήκαμε μέ τό στρεψίμετρο ὅτι ἡ ροπή στρέψεως εἶναι ἴση πρὸς $M_{\sigma} = 1250 \text{ kpm}$. Ὁ ἀριθμός στροφῶν τοῦ τό λεπτό εἶναι $n = 4000 \text{ σ.α.λ.}$ καί ὁ μηχανικός βαθμός ἀποδόσεως τοῦ $\eta_{\mu} = 0,96$. Νά βρεθοῦν ἡ πραγματική καί ἡ ἐσωτερική τοῦ ἵπποδύναμη.

Θά ἔχομε ὅτι
$$N_{\pi} = \frac{2\pi \cdot n \cdot M_{\sigma}}{4500}$$

δηλαδή
$$N_{\pi} = \frac{2 \times 3,14 \times 4000 \times 1250}{4500}$$

ἢ
$$N_{\pi} = 6980 \text{ PS}$$
 πραγματικοί ἵπποι περίπου καί

$$N_{\epsilon} = \frac{N_{\pi}}{\eta_{\mu}} \quad \text{ἢ} \quad N_{\epsilon} = \frac{6980}{0,96}$$

ἢ
$$N_{\epsilon} = 7270 \text{ PS}$$
 (ἐσωτερικοί ἵπποι).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Βασικές γνώσεις της Θερμοδυναμικής

Σελίδα

1.1 Εισαγωγή - Όρισμός κινητήριας μηχανής	1
α) Κατηγορία κινητηρίων μηχανών	1
β) Έργομηχανή	2
γ) Έργαζόμενη μάζα ή ούσια στις θερμικές κινητήριας μηχανές	2
1.2 Άλλες καταστάσεις των αερίων και ατμών. Η σημασία των αλλαγών αυτών στη λειτουργία των κινητηρίων θερμικών μηχανών	2
α) Τα δύο θερμοδυναμικά αξιώματα ή νόμοι	4
β) Γραφική παράσταση της καταστάσεως ενός αερίου, των αλλαγών καταστάσεως και του κύκλου λειτουργίας στο διάγραμμα πίεσης - όγκου ($p - V$). Μέτρηση του έργου με το έμβαδόν	6
1.3 Βασικές άλλες καταστάσεις αερίων και ατμών. Μελέτη των αλλαγών, γραφική παράσταση	8
α) Ίσογική αλλαγή (αλλαγή καταστάσεως με σταθερό όγκο αερίου)	8
β) Ίσοθλιβή αλλαγή (αλλαγή καταστάσεως με σταθερή πίεση αερίου)	10
γ) Ίσοθερμοκρασιακή αλλαγή (αλλαγή καταστάσεως με σταθερή θερμοκρασία αερίου)	11
δ) Αδιαθερμή ή αδιαβατική αλλαγή (αλλαγή καταστάσεως χωρίς ανταλλαγή θερμότητας)	12
ε) Πολυτροπική αλλαγή	14
στ) Σύγκριση των αλλαγών καταστάσεως αερίου ή ατμού. Μαθηματική έκφρασή τους	15
ζ) Κυκλικές άλλες καταστάσεις αερίου και ατμού (κύκλοι). Απόδοση κύκλων. Κύκλος του Carnot	16
1.4 Ίσχύς	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Άτμοποίηση του νερού ή άτμοπαραγωγή

2.1 Γενικά	22
2.2 Άτμοποίηση σε άνοιχτο δοχείο	22
2.3 Άτμοποίηση σε κλειστό δοχείο	23
2.4 Άτμοποίηση σε πιέσεις μικρότερες από την ατμοσφαιρική	24
2.5 Η θερμότητα ατμοποιήσεως	24
2.6 Η άτμοποίηση κατά την πραγματική λειτουργία του λέβητα	28
2.7 Ποιότητες και είδη ατμού	29
α) Κορεσμένος ατμός (ύγρος και ξηρός)	29
β) Υπέρθερμος ατμός	29
γ) Αφυπέρθερμος ατμός	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Λέβητες

3.1 Γενικά για τους λέβητες. Όρισμός. Κατηγορίες λέβητων	32
3.2 Τα βασικά μέρη των λέβητων	33
3.3 Γενικά χαρακτηριστικά των λέβητων	39
3.4 Βασικές αρχές κατασκευής και ικανοποιητικής λειτουργίας των λέβητων	41
α) Κατασκευή	41
β) Λειτουργία	42
3.5 Κατάταξη των λέβητων. Ιδιότητες	43
3.6 Διάφοροι τύποι λέβητων. Συνοπτική περιγραφή, ειδικά χαρακτηριστικά, κατασκευαστική εξέλιξη και χρήση	44
α) Λέβητες με φλογωσολήνες	45
β) Λέβητες με αεριοαλούς	47
γ) Υδραυλωτοί λέβητες	50
δ) Λέβητες πολύ μεγάλης πίεσεως ή ατμογενήτριες	60
ε) Διάφοροι λέβητες βοηθητικών χρήσεων	64
στ) Λέβητες για πυρηνικούς σταθμούς	69
3.7 Έργαλεία και εξαρτήματα των λέβητων. Συνοπτική περιγραφή, χρησιμότητα	72
α) Έργαλεία	72
β) Εξαρτήματα	72
γ) Όργανα και εξαρτήματα για την καύση	73
δ) Όργανα και εξαρτήματα για το νερό του λέβητα και τον ατμό	73
3.8 Συσκευές και βοηθητικά μηχανήματα λέβητων. Συνοπτική περιγραφή, χρησιμότητα	76
α) Γενικά	76
β) Άντλίες τροφοδοτικού νερού	77
γ) Οικονομητήρες τροφοδοτικού νερού	78
δ) Προθερμαντήρας τροφοδοτικού νερού	79
ε) Οί άντλίες πετρελαίου	80
στ) Οί μηχανικές σχάρες	80
ζ) Αυτόματοι τροφοδότες γιαάνθρακα. Μηχανήματα κονιοποιήσεως αούτ	80
η) Προθερμαντήρας πετρελαίου	80
θ) Άντλία πετρελαίου άρχικού ανάμματος	80
ι) Ανεμιστήρες τεχνητού έλκυσμού	81
ια) Προθερμαντήρας άέρα	81
ιβ) Ό υπερθερμαντήρας και ό άφυπερθερμαντήρας άτμου	82
3.9 Έπεξεργασία του τροφοδοτικού νερού των λέβητων	85
α) Γενικά	85
β) Η πυκνότητα των άλάτων του τροφοδοτικού νερού	86
γ) Η επίδραση των ξένων ουσιών του τροφοδοτικού νερού στο λέβητα	86
δ) Η χημική έπεξεργασία του τροφοδοτικού νερού	87
ε) Οί μετρήσεις του τροφοδοτικού νερού	87
3.10 Έλκυσμός - Καπνοδόχοι λέβητων	88
α) Γενικά	88
β) Φυσικός έλκυσμός	88
γ) Τεχνητός έλκυσμός	89
δ) Τα διάφορα συστήματα φυσικού και τεχνητού έλκυσμού	89
ε) Η μέτρηση του έλκυσμού	91
στ) Καπνοδόχοι	91
3.11 Βασικές γνώσεις για τη συντήρηση των λέβητων	93
α) Γενικά	93
β) Άνοιγμα λέβητα - προφυλακτικά μέτρα	93
γ) Βρασμός λέβητα	94
δ) Έσωτερικός και έξωτερικός καθαρισμός λέβητα. Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι και έργαλεία	95

ε) Συντήρηση των λεβήτων που δεν είναι σε λειτουργία	99
στ) Λοκιμές των λεβήτων	100
3.12 Απώλειες και απόδοση των λεβήτων, τύπος, εφαρμογές	101
α) Οι απώλειες του λέβητα	101
β) Η απόδοση του λέβητα και οι τρόποι αύξησής της	102
3.13 Προσδιοριστικά στοιχεία του λέβητα	103
3.14 Αυτόματισμός της λειτουργίας των λεβήτων	104

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Κατάταξη των θερμικών μηχανών

4.1 Γενικά	105
4.2 Μηχανές εξωτερικής καύσεως	105
4.3 Μηχανές εσωτερικής καύσεως (Μ.Ε.Κ.)	105
4.4 Κατάταξη των θερμικών μηχανών ανάλογα με τον τρόπο, κατά τον οποίο η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανικό έργο	105
4.5 Ειδική κατάταξη των έμβολοφόρων παλινδρομικών Μ.Ε.Κ.	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Άτμομηχανές (έμβολοφόρες παλινδρομικές και άτμοστροβίλοι)

5.1 Εισαγωγικές γνώσεις	109
α) Γενικά για τις παλινδρομικές άτμομηχανές. Κατάταξη	109
β) Ιστορική εξέλιξη και εφαρμογή των παλινδρομικών άτμομηχανών.	
Άλλη περιγραφή μίας εγκατάστασως παλινδρομικής άτμομηχανής	111
γ) Τι είναι ο άτμοστροβίλος. Ιστορική εξέλιξη των άτμοστροβίλων	122
δ) Άρση και άντidrαση	126
ε) Όρισμός των στροβίλων δράσεως και αντιδράσεως. Βαθμός αντιδράσεως	129
5.2 Κύρια μέρη των άτμοστροβίλων. Περιγραφή	130
α) Στροφέο και κέντρος	130
β) Τά προφύσια ή άκροφύσια και ή ροή του άτμου μέσα απ' αυτά.	
Μορφές προφυσίων	131
γ) Πτερύγια - μορφές πτερυγίων	135
5.3 Πώς ένεργει ο άτμος μέσα στο στροβίλο. Η διαβάθμιση στους στροβίλους	138
α) Στους στροβίλους δράσεως	139
β) Στους στροβίλους αντιδράσεως	140
5.4 Κατάταξη των στροβίλων. Σύγκριση με τις παλινδρομικές μηχανές	140
α) Κατάταξη	140
β) Σύγκριση στροβίλου με την παλινδρομική μηχανή	142
5.5 Άτμοστροβίλος δράσεως. Διάγραμμα πιέσεων - ταχυτήτων	144
α) Περιγραφή άπλου άτμοστροβίλου δράσεως (De Laval)	146
β) Άτμοστροβίλος δράσεως με βαθμίδες ταχυτήτας (Curtis)	148
γ) Άτμοστροβίλος δράσεως με βαθμίδες πιέσεως (Rateau)	151
δ) Σύνθετος άτμοστροβίλος δράσεως με βαθμίδες πιέσεως και ταχυτήτας	155
ε) Άτμοστροβίλοι δράσεως διπλής ροής	156
5.6 Άτμοστροβίλος αντιδράσεως. Διάγραμμα πιέσεως-ταχυτήτων	156
5.7 Άτμοστροβίλοι δράσεως - αντιδράσεως (μικτοί). Διάγραμμα πιέσεων - ταχυτήτων	160
5.8 Άτμοστροβίλοι άκτινικής και περιφερειακής ροής	164
α) Γενικά	164
β) Ο άτμοστροβίλος άκτινικής ροής	164
γ) Ο άτμοστροβίλος περιφερειακής ροής	165
5.9 Κατασκευαστικά στοιχεία των μερών των άτμοστροβίλων	166
α) Η βάση και ή στήριξη του άτμοστροβίλου	166
β) Τό κέντρος	168

γ) Τό στροφεῖο	168
δ) Οἱ τριβεῖς ἐδράσεως καὶ ὁ τριβέας ἰσορροπήσεως	169
ε) Τὰ συστήματα στεγανότητας τοῦ ἄξονα	171
στ) Τὰ ἀκροῦσια καὶ τὰ ἐνδιάμεσα διαφράγματα	174
ζ) Τὰ πτερύγια	177
5.10 Τὰ παρελκόμενα τῶν στροβίλων	179
α) Ὁ ἐλαστικός σύνδεσμος	179
β) Οἱ μειωτήρες στροφῶν	179
γ) Ὁ ὠστικός τριβέας	179
δ) Ὁ μηχανισμός στρέψεως	180
5.11 Τὰ ἀξαρτήματα τοῦ στροβίλου	180
5.12 Βοηθητικὲς συσκευὲς καὶ μηχανήματα ἐγκαταστάσεως τῶν στροβίλων. Κύκλωμα καὶ παραστατικὸ διάγραμμα λειτουργίας ἐγκαταστάσεως ἀτμοστροβίλων	181
α) Γενικά	181
β) Τό κύριο ψυγεῖο	182
γ) Τό βοηθητικὸ ψυγεῖο	184
δ) Ἡ ἀντλία κυκλοφορίας	184
ε) Ἀντλία κυκλοφορίας βοηθητικοῦ ψυγείου	184
στ) Ἡ ἐξαγωγικὴ ἀντλία συμπυκνώματος	185
ζ) Ἐκχυτήρες κενοῦ	185
η) Δεξαμενὴ ἀεαρισμοῦ	186
θ) Οἱ τροφοδοτικὲς ἀντλίες	187
ι) Οἱ τροφοδοτικὲς δεξαμενές	188
ια) Ὁ βραστήρας ἢ ἀποστακτήρας	188
ιβ) Ἀντλίες λαδοῦ λιπάνσεως. Ψυγεῖο λαδοῦ. Φυγοκεντρικὸ ἐλαικοκαθαριστήριο. Χαιραντλία λαδοῦ	188
5.13 Στροφεῖς ἀτμοστροβίλων - Ρύθμιση στροφῶν - Ρυθμιστὲς	189
α) Γενικά	189
β) Ρυθμιστὲς στροφῶν	189
γ) Αὐτόματοι διακόπτες ὑπερταχύνσεως	192
5.14 Ζυγοστάθμιση τῶν στροβίλων	193
α) Γενικά	193
β) Ἡ στατικὴ ζυγοστάθμιση	194
γ) Ἡ δυναμικὴ ζυγοστάθμιση	195
δ) Ὁ κρίσιμος ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ στροβίλου	196
5.15 Αἶπανση - ψύξη καὶ συντήρηση ἀτμοστροβίλων	199
α) Αἶπανση	199
β) Ἡ ψύξη στὶς ἐγκαταστάσεις τῶν στροβίλων	200
γ) Συντήρηση τῶν ἀτμοστροβίλων	201
5.16 Ἀπώλειες καὶ ἀποδόσεις τῶν ἀτμοστροβίλων. Μαθηματικοὶ τύποι - ἐφαρμογές	202
α) Γενικά περὶ ἀπολαίων	202
β) Περιγραφὴ τῶν ἀπολαίων	202
γ) Γενικά περὶ ἀποδόσεως	204
δ) Οἱ βαθμοὶ ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου	205
5.17 Ἰσχύς ἀτμοστροβίλων - Ἐφαρμογές	207
α) Γενικά	207
β) Ἡ ἐσωτερικὴ ἰσχύς (N _ε)	207
γ) Ἡ πριεγμωτικὴ ἰσχύς (N _π)	207
δ) Ἐφαρμογές	208
5.18 Χαρακτὴρ - βλάβες - Ἐλεγχος στοὺς ἀτμοστροβίλους	209
α) Χαρακτὴρ τῶν ἀτμοστροβίλων	209
β) Βλάβες καὶ ἀνομαλίες τῶν ἀτμοστροβίλων	212
γ) Μετρήσεις διακένων καὶ ρυθμίσεις ἀτμοστροβίλων	213
5.19 Μετάδοση κινήσεως μεταξὺ ἄξονα στροβίλου καὶ κινουμένου μηχανήματος	216
α) Γενικά	216

β) Ή μετάδοση μέσω μειωτήρων με όδοντωτούς τροχούς	217
γ) Ή υδραυλική μετάδοση	218
δ) Ή ηλεκτρική μετάδοση	218
5.20 Σύγχρονοι τύποι και εγκαταστάσεις ατμοστροβίλων	218
α) Συγκρότημα στροβίλων VII-ΧΠ (Rateau) της De Laval Steam Turbine Co	219
β) Έγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής Brown - Boveri	219
γ) Στόβιλος κατασκευής Stahl - Laval	222
δ) Στρόβιλος με ανάθερμανση τύπου MST - 14 General Electric	222
ε) Σύγχρονη εγκατάσταση εργοστασίου ηλεκτροπαραγωγής της Ingersoll - Rand	223
στή Ν. Υόρκη	
στ) Έγκατάσταση προώσεως με πυρηνική ενέργεια σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλο	223

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

*Αεριοστροβίλοι

6.1 Εισαγωγικές γνώσεις	229
α) Κατάταξη αεριοστροβίλων. Διαφορές αεριοστροβίλων-ατμοστροβίλων	230
β) Κύκλωμα λειτουργίας αεριοστροβίλων	231
γ) Αεριοστρόβιλος σταθερού όγκου	232
δ) Αεριοστρόβιλος σταθερής πίεσης	233
6.2 Τύποι αεριοστροβίλων. Περιγραφή. Λειτουργία	235
α) Αεριοστρόβιλος άνοικτου κυκλώματος	235
β) Αεριοστρόβιλος κλειστού κυκλώματος	237
γ) Αεριοστρόβιλος μικτού κυκλώματος	239
δ) Σύγκριση αεριοστροβίλου άνοικτου και κλειστού κυκλώματος	240
6.3 Μέρη και εξαρτήματα αεριοστροβίλων. Περιγραφή, κατασκευαστικά στοιχεία	241
α) Κέλυφος	241
β) Τό στροφέο	241
γ) Τά πτερύγια	246
δ) Θάλαμος καύσεως	247
ε) Τό σύστημα τροφοδοτήσεως με καύσιμο	249
στ) Ο άναθερμαντήρας	250
ζ) Τά υλικά κατασκευής των αεριοστροβίλων	251
η) Βοηθητικά εξαρτήματα των αεριοστροβίλων	253
6.4 Οί χρήσεις αεριοστροβίλων ως θερμικών κινητηρίων μηχανών. Έφαρμογές	254
α) Έφαρμογή των αεριοστροβίλων σε εγκαταστάσεις ξηράς	254
β) Έφαρμογή των αεριοστροβίλων στα πλοία	258
γ) Χρήση της ατομικής ενέργειας για την κίνηση πλοίων με αεριοστρόβιλο	262
δ) Έφαρμογή των αεριοστροβίλων για την κίνηση των αεροσκαφών	262
6.5 Συντήρηση, επιθεώρηση, έλεγχος αεριοστροβίλων	265
6.6 Απώλειες, απόδοση των αεριοστροβίλων. Έφαρμογές	266
6.7 Ίσχύς των αεριοστροβίλων. Έφαρμογές	268

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΦΩΤΟ-ΟΨΕΤ Ι. ΔΕΛΕΡΜΑ Κ ΣΩ - ΑΘΗΝΑΙ - ΤΗΛ. 94 24 582



0020558240

Οψήφισήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Σφαίρα τοῦ Ἡρώτος τοῦ Ἀλεξανδρέως, πού περιστρέφεται μέ ἀτμό. Ἡ συσκευή αὐτή θεωρεῖται πρόδρομος τῶν συγχρόνων ἀτμοστροβίλων.

