



**Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

# ΑΝΤΛΙΕΣ



**ΤΥΠΟΙ  
Λειτουργία  
εγκατάσταση  
συντήρηση  
επισκευή  
γρاناζωτή αντλία polyrex**

**Εισηγητής : ΓΛΟΥΦΤΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**Εκπόνηση : ΚΟΤΣΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**I**

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

# 1. ΓΕΝΙΚΑ

## 1.1 Ιστορική ανασκόπηση

Οι αντλίες για την άντληση του νερού επινοήθηκαν πριν από τις κινητήριες μηχανές. Τα βασικά εξαρτήματα των αντλιών αυτών ήταν δοχεία, τα οποία βυθίζονταν μέσα στο νερό και μετά ανυψώνονταν με τη βοήθεια απλών μηχανών.

Η επινοήση του ανυψωτικού τροχού πρέπει να θεωρηθεί σαν ένα σημαντικό βήμα προόδου στην άντληση του νερού για άρδευση. Στην περιφέρεια ενός μεγάλου τροχού ήταν τοποθετημένα δοχεία, που βυθίζονταν στο νερό, γέμιζαν και καθώς ο τροχός περιστρεφόταν, ανερχόταν και άδειαζαν στο αυλάκι αρδεύσεως. Ως ενέργεια για την περιστροφή του τροχού χρησιμοποιήθηκε η ανθρώπινη ή ζωική δύναμη και η δύναμη του ανέμου. Αργότερα ο ανυψωτικός τροχός μετατράπηκε σε αυτοκινούμενο με την προσθήκη πτερυγίων στην περιφέρειά του. Καθώς το νερό των ποταμών έρεε, ωθούσε τα πτερύγια και ο τροχός περιστρεφόταν για την ανύψωση των δοχείων. Άλλες διατάξεις για άντληση του νερού ήταν ο κοχλίας, η αλυσίδα με βύσματα και η χειροκίνητη παλινδρομική αντλία (τουλούμπα).

Εφευρέτης της φυγόκεντρου αντλίας θεωρείται ο Γάλλος Denis Papin, που το 1687 περιέγραψε ένα τύπο αντλίας, της οποίας η αρχή λειτουργίας ήταν η ίδια με τις σημερινές φυγόκεντρος αντλίες. Το 1705 κατασκεύασε ο ίδιος την πρώτη φυγόκεντρο αντλία για άντληση νερού. Αργότερα κατασκευάστηκαν και άλλες φυγόκεντρες αντλίες με μικρές βελτιώσεις, αλλά ο βαθμός αποδόσεως τους ήταν πολύ μικρός. Το 1875 ο Osborne Reynolds κατασκεύασε την πρώτη στροβιλαντλία (turbine pump), που είχε σημαντικά αυξημένη απόδοση.

Από το 1840 άρχισαν να χρησιμοποιούνται οι ατμομηχανές για την κίνηση των αντλιών όταν ο Η. Worthington κατασκεύασε μια παλινδρομική αντλία, της οποίας το έμβολο ήταν συνδεδεμένο απευθείας με το έμβολο της ατμομηχανής. Νέα ώθηση στην εξέλιξη των αντλιών και την επινόηση νέων τύπων έδωσε η εμφάνιση των κινητήρων εσωτερικής καύσεως. Επίσης οι αεριοστρόβιλοι (steam turbines) και οι ηλεκτροκινητήρες, που δίνουν μεγάλο αριθμό στροφών και σταθερή ροπή, συνέλεξαν στην ταχεία εξέλιξη των φυγοκεντρικών αντλιών και την εκτόπιση των παλινδρομικών, εκτός από τις περιπτώσεις όπου επιζητείται υψηλή πίεση και μικρή παροχή. Παράλληλα αναπτύχθηκαν οι περιστροφικές αντλίες για μικρές παροχές με μέση πίεση ιδίως για υγρά με μεγάλο ιξώδες.

## 1.2 Βασικές έννοιες

*Αντλίες* ονομάζονται τα μηχανικά μέσα με τα οποία είναι δυνατό να μεταφερθεί μία ποσότητα υγρού από μία υψομετρική στάθμη σε άλλη που βρίσκεται υψηλότερα ή από ένα χώρο χαμηλής πίεσεως σε άλλο υψηλής πίεσεως. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου οι αντλίες χρησιμοποιούνται για την μεταφορά υγρών από υψηλότερη στάθμη σε χαμηλότερη, όταν ο σωλήνας μεταφοράς είναι μεγάλου μήκους ή όταν η υδραυλική αντίσταση μέσα στο σωλήνα είναι πολύ μεγάλη. Οι αντλίες τοποθετούνται πάντοτε μεταξύ των σημείων παραλαβής και αποστολής του υγρού και η μεταφορά του οφείλεται στη δημιουργία διαφοράς πίεσεως στις δύο πλευρές του κινούμενου στοιχείου της αντλίας (έμβολο ή περιστρεφόμενος δρομέας).

*Σωλήνας αναρροφήσεως* είναι το τμήμα του σωλήνα, από το σημείο παραλαβής του υγρού μέχρι την είσοδο του στην αντλία.

*Σωλήνας καταθλίψεως* είναι το τμήμα του σωλήνα, από το σημείο εξόδου του υγρού από την αντλία μέχρι το σημείο αποστολής του.



*Σωληνογραμμή* είναι το σύνολο των σωλήνων μέσα από τους οποίους ρέει το υγρό.

*Σύστημα αντλήσεως* είναι η διάταξη του σωλήνα αναρροφήσεως, της αντλίας, του σωλήνα καταθλίψεως και του κινητήρα.

*Αντλητικό συγκρότημα* είναι ένα σύνολο αντλιών (μαζί με τον κινητήρα) που συνεργάζεται για την άντληση του υγρού.

### **1.3 Κατάταξη των αντλιών**

Οι αντλίες διαιρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς του υγρού από το σωλήνα αναρροφήσεως στο σωλήνα καταθλίψεως

α) Αντλίες μετατοπίσεως ή αντλίες στατικού τύπου (Positive displacement pumps) και

β) Αντλίες δυναμικές ή αντλίες κινητικού τύπου (Rotodynamic pumps).

Οι αντλίες μετατοπίσεως ή στατικού τύπου κατά τη λειτουργία τους μετατοπίζουν θετικά το υγρό και η παροχή τους δεν επηρεάζεται σημαντικά από την αντίσταση που παρουσιάζεται κατά την κίνηση του υγρού μέσα στους σωλήνες μεταφοράς. Οι αντλίες αυτές διακρίνονται σε 1) Παλινδρομικές αντλίες (Reciprocating pumps) και 2) Περιστροφικές αντλίες (Rotary pumps).

Οι δυναμικές αντλίες ή κινητικού τύπου κατά την λειτουργία τους μεταβάλλουν την κινητική κατάσταση του υγρού, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της κινητικής του ενέργειας σε στατική πίεση και αντίστροφα. Η παροχή τους επηρεάζεται σημαντικά από την αντίσταση που παρουσιάζεται κατά την κίνηση του υγρού μέσα στους σωλήνες μεταφοράς και από άλλα χαρακτηριστικά της ροής του υγρού. Υπάρχουν δύο τύποι δυναμικών αντλιών 1) Φυγόκεντρες αντλίες ή κεντρόφυγες (Centrifugal pumps) και 2) Στροβιλαντλίες (Turbine pumps).

#### **1.4 Σύγκριση των χαρακτηριστικών των δυναμικών αντλιών και των αντλιών μετατοπίσεως**

Οι δυναμικές αντλίες παρουσιάζουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά έναντι των χαρακτηριστικών των αντλιών μετατοπίσεως

- 1) Η κίνηση τους είναι συνεχής και ομοιόμορφη. Η παροχή και η πίεση είναι σταθερές ή παρουσιάζουν πολύ μικρή περιοδική μεταβολή.
- 2) Η λειτουργία τους είναι ασφαλής γιατί έχουν μικρό αριθμό κινούμενων στοιχείων ενώ δεν έχουν αυτοκινούμενες βαλβίδες.
- 3) Εργάζονται με μεγάλο αριθμό στροφών, οπότε είναι δυνατό να συζευχθούν απευθείας με ηλεκτροκινητήρες, ταχύστροφους κινητήρες εσωτερικής καύσεως ή αεροστρόβιλους.
- 4) Το μέγεθός τους είναι μικρό (λόγω του μεγάλου αριθμού των στροφών τους) και επομένως απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάστασή τους.
- 5) Τόσο το αρχικό κόστος όσο και τα έξοδα συντηρήσεώς τους είναι χαμηλά.
- 6) Τα κινούμενα στοιχεία μέσα στην αντλία συνήθως αυτολιπαινούνται από το υγρό που αντλείται οπότε δε χρειάζεται εξωτερική λίπανση.
- 7) Είναι δυνατό να μεταβληθεί η παροχή τους και ακόμη να εργάζονται με μηδενική παροχή για περιορισμένο χρονικό διάστημα.

Τα κύρια μειονεκτήματα των δυναμικών αντλιών είναι:

- 1) Όταν εργάζονται με μικρή παροχή και υψηλή πίεση έχουν μικρό βαθμό αποδόσεως.
- 2) Όταν η παροχή είναι μικρή δε μπορούν να μεταφερθούν υγρά που περιέχουν στερεά υλικά γιατί μικραίνει η διατομή της διόδου του υγρού.

3) Πριν από την εκκίνηση της αντλίας πρέπει να εκδιωχτεί ο αέρας από το σωλήνα αναρροφήσεως, εκτός αν υπάρχει διάταξη για την αυτόματη απομάκρυνσή του (αυτοαναρρόφηση). Στην περίπτωση που δεν υπάρχει διάταξη για αυτοαναρρόφηση είναι δυνατό να διακοπεί η άντληση αν κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της αντλίας εισχωρήσει τυχαία αέρας στο σωλήνα αναρροφήσεως.

## **2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ**

Όπως είναι γνωστό τα ρευστά διακρίνονται σε υγρά, τα οποία είναι πρακτικώς ασυμπίεστα και σε αέρια, τα οποία είναι συμπιεστά. Οι αντλίες για άντληση των υγρών (υδραντλίες) χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για αυτό και οι ιδιότητες των υγρών παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Σε ορισμένους όμως τύπους υδραντλιών χρησιμοποιούνται και αέρια για τη ρύθμιση της πίεσεως ή της παροχής του υγρού που αντλείται (αεροθύλακες), ενώ υπάρχουν αντλίες που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για το χειρισμό αερίων (αεραντλίες) όπως οι αντλίες για τη δημιουργία κενού και οι αεροσυμπιεστές.

### **2.1 Πυκνότητα και ειδικό βάρος**

Η πυκνότητα ή το ειδικό βάρος του αντλούμενου υγρού επηρεάζει την απαιτούμενη ισχύ για την κίνηση της αντλίας αλλά δεν έχει καμιά επίδραση στο ύψος πίεσεως που αναπτύσσεται από την αντλία.

## **2.2 Συμπιεστότητα**

Η ιδιότητα των υγρών να αντιδρούν στις πιεστικές τάσεις έχει μερική επίδραση στο φαινόμενο της απότομης μεταβολής της κινητικής καταστάσεως του υγρού, όπως στο υδραυλικό πλήγμα που προκαλείται από το απότομο σταμάτημα της αντλίας. Στις περιπτώσεις αυτές τοποθετούνται στη σωληνογραμμή αεροθύλακες ή ειδικές βαλβίδες, στις οποίες γίνεται απόσβεση του υδραυλικού πλήγματος για την προστασία των σωλήνων μεταφοράς υγρού.

## **2.3 Θερμική διαστολή**

Η θερμική διαστολή εμφανίζεται στις περιπτώσεις αντλήσεως υγρών με υψηλή θερμοκρασία, αλλά η λειτουργία της αντλίας δεν επηρεάζεται σημαντικά.

## **2.4 Δυνατότητα διαλύσεως των αερίων**

Τα υγρά έχουν την ιδιότητα να διαλύουν διάφορες ποσότητες αερίων. Σύμφωνα με τον νόμο του Henry ο όγκος του αερίου, ο οποίος μπορεί να διαλυθεί σε ένα υγρό, μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού. Επί πλέον όταν η πίεση μειωθεί, ελευθερώνεται αέρας από τη μάζα του υγρού, ο οποίος σχηματίζει θύλακες στους σωλήνες μεταφοράς. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στο σωλήνα αναρροφήσεως και προκαλεί μείωση του βαθμού αποδόσεως της αντλίας ή και διακοπή της ροής.

## 2.5 Πηκτικότητα

Όπως είναι γνωστό τα πραγματικά υγρά εξαερώνονται και η μέγιστη τάση των ατμών αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Η ιδιότητα αυτή επηρεάζει το συνολικό ύψος αναρροφήσεως του υγρού. Επειδή το θεωρητικό ύψος αναρροφήσεως είναι ίσο με τη διαφορά του ύψους της ατμοσφαιρικής πίεσεως και του ύψους της μέγιστης τάσεως των ατμών, το ύψος αναρροφήσεως μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού.

## 2.6 Ιξώδες

Η κυριότερη φυσική ιδιότητα που χαρακτηρίζει τη μηχανική συμπεριφορά των πραγματικών υγρών είναι το ιξώδες (Τερζίδης, 1973). Το ιξώδες εκφράζει την εσωτερική αντίσταση του υγρού καθώς ένα στρώμα του υγρού κινείται σχετικά με το γειτονικό του στρώμα. Όσο ισχυρότερη είναι η συνοχή των μορίων τόσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες. Είναι γνωστό ότι στα υγρά αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση της συνοχής των μορίων. Επομένως το ιξώδες των υγρών μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ το αντίστροφο ισχύει για τα αέρια.

**II**

**Αντλίες δυναμικές**

**ή**

**κινητικού τύπου**

# 1. ΓΕΝΙΚΑ

## 1.1 Αρχή λειτουργίας

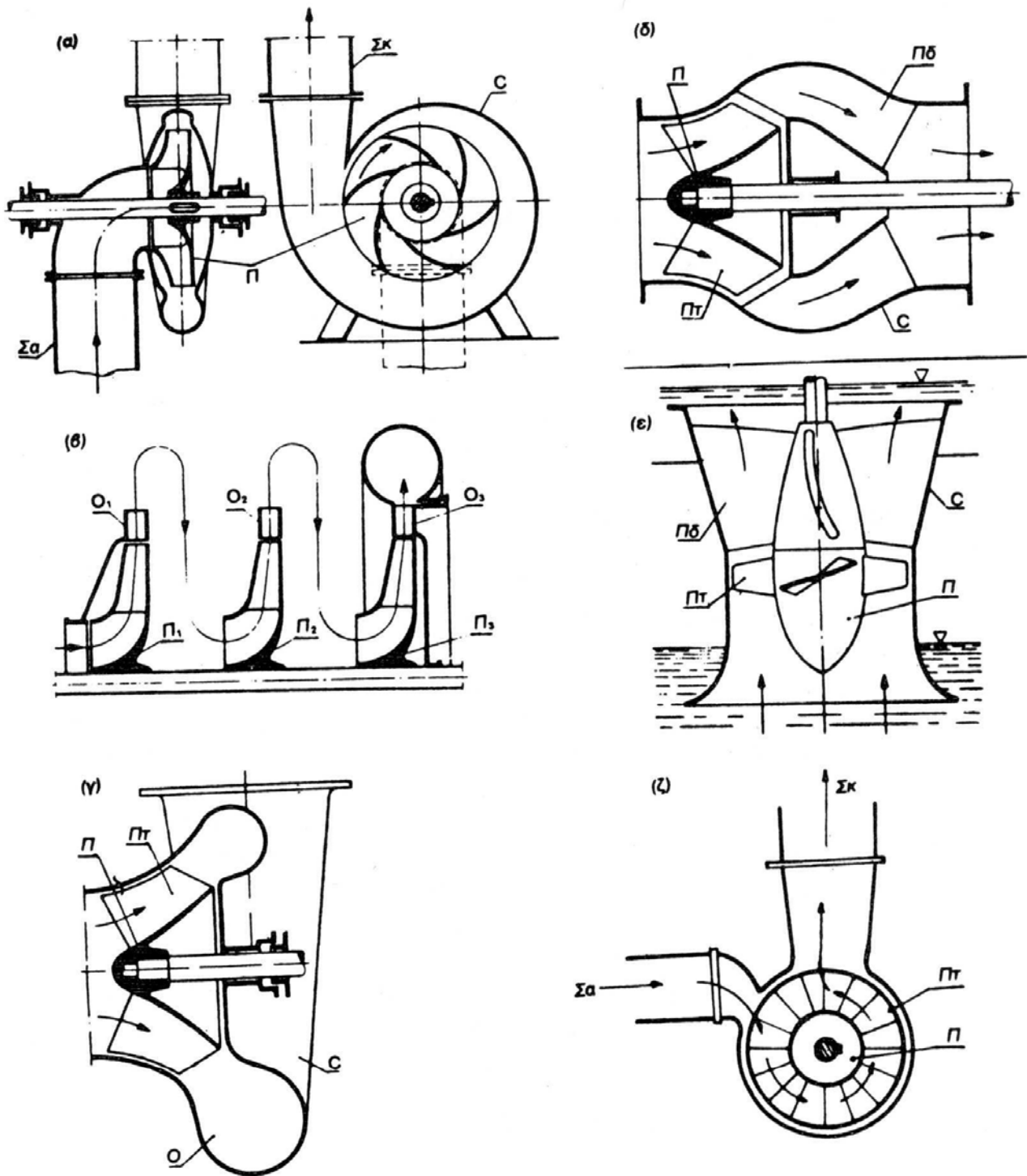
Οι δυναμικές αντλίες ή κινητικού τύπου αποτελούνται από ένα ή περισσότερους περιστρεφόμενους δρομείς τοποθετημένους σε ένα άξονα, που παίρνει κίνηση από κινητήρα και περιστρέφονται πάντοτε κατά την ίδια φορά μέσα σε ένα περίβλημα (θάλαμος, casing). Το περίβλημα έχει ανοίγματα εισόδου και εξόδου του υγρού. Επάνω στον περιστρεφόμενο δρομέα είναι τοποθετημένα πτερύγια (Impeller blades) καταλλήλου σχήματος. Ο δρομέας μαζί με τα πτερύγια ονομάζεται περωτή (Impeller). Καθώς η περωτή περιστρέφεται, το υγρό αποκτά γωνιακή επιτάχυνση, οπότε δημιουργείται φυγόκεντρη δύναμη που μεταφέρει το υγρό προς την περιφέρεια του περιβλήματος για να απομακρυνθεί από το άνοιγμα εξόδου. Επειδή το υγρό απομακρύνεται από το κέντρο προς την περιφέρεια, η πίεση στο κέντρο ελαττώνεται και νέα ποσότητα υγρού κινείται προς το σημείο χαμηλής πίεσεως με αποτέλεσμα τη δημιουργία σταθερής ροής.

## 1.2 Κατάταξη των δυναμικών αντλιών

Ανάλογα με το σχήμα των πτερυγίων και τον τρόπο κινήσεως του υγρού οι δυναμικές αντλίες διακρίνονται ως εξής:

α) *Φυγόκεντρες αντλίες ή ακτινικής ροής* (Centrifugal pumps) (σχήμα 1α)

Είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο. Το σχήμα των πτερυγίων και η διάταξη τους είναι τέτοια ώστε το υγρό που εισέρχεται στο περίβλημα «αξονικώς»

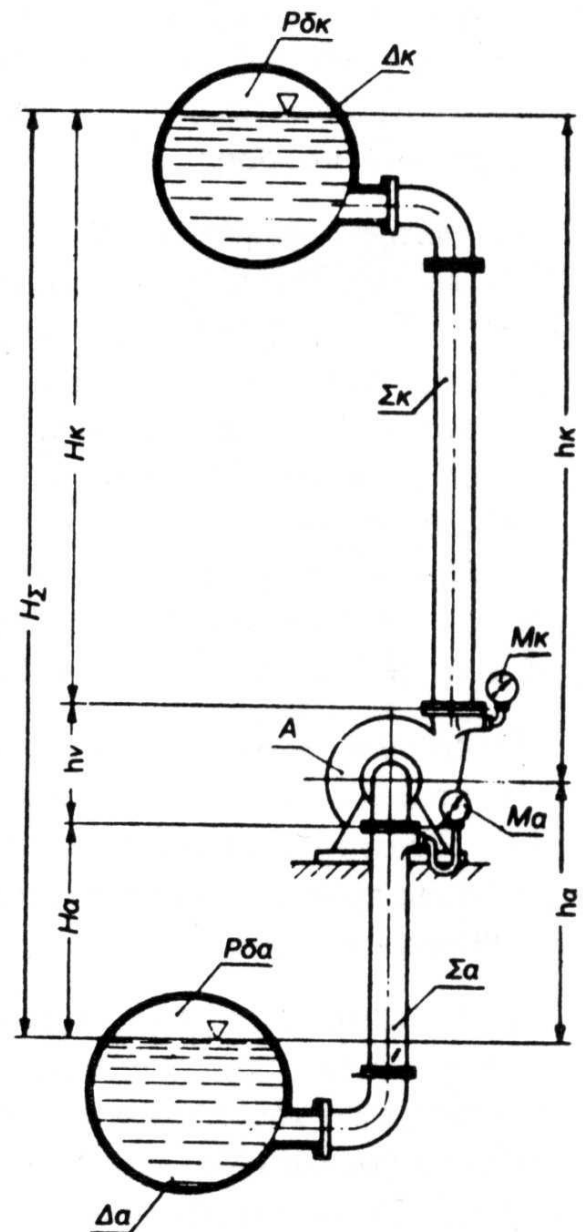
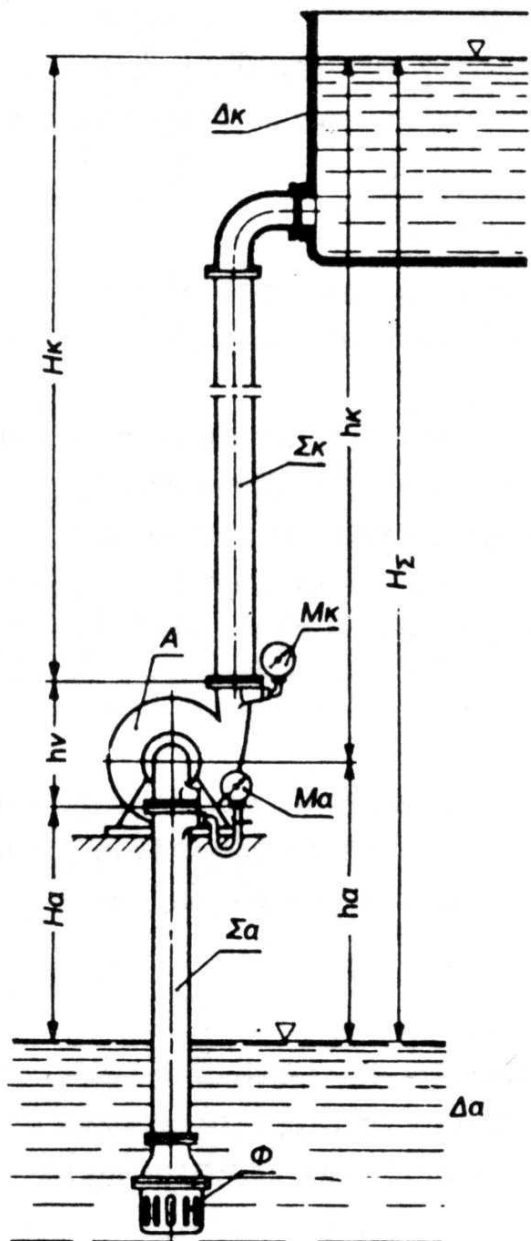


Σχήμα 1. Τύποι των δυναμικών αντλιών (α) ακτινικής ροής μονοβάθμια (φυγόκεντρος), (β) διάταξη τριών βαθμίδων φυγόκεντρου αντλίας, (γ) μικτής ροής (ελικοειδής), (δ) μικτής ροής (διαγώνια), (ε) αξονικής ροής (ελικοφόρος), (ζ) στροβιλαντλία.

Π. περιστρεφόμενος δρομέας, Πτ. πτερύγια, Πδ. πτερύγια διαχύσεως, Ο. οδηγοί ροής, Σα. σωλήνας αναρροφήσεως, Σκ. σωλήνας καταθλίψεως, C. περίβλημα.



να κινείται και εξέρχεται κάθετα προς τον άξονα δηλαδή «ακτινικώς». Το περίβλημα είναι σπειροειδούς μορφής (σάλπιγγα, σαλίγκαρος) και περιλαμβάνει αγωγό συνεχώς αυξανόμενης διατομής έτσι ώστε η ταχύτητα κινήσεως του υγρού να μειώνεται προοδευτικά, οπότε η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση. Για μεγάλες πιέσεις τοποθετούνται περισσότερες πτερωτές «εν σειρά» μέσα σε ένα περίβλημα (πολυβάθμιες αντλίες, multistage pumps) (σχήμα 1β). Το περίβλημα των



δ) *Στροβιλαντλίες* (Turbine pumps) (σχήμα 1ζ)

Τα πτερύγια είναι επίπεδα με ακτινική διάταξη πάνω στο δρομέα. Κατά την περιστροφή του δρομέα το υγρό ωθείται από τα πτερύγια αποκτά μεγάλη ταχύτητα και εξέρχεται αφού διαγράψει σχεδόν μια περιστροφή μέσα στο δακτυλιοειδές περίβλημα.

## 2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Η απόδοση μιας αντλίας χαρακτηρίζεται από τις ποσότητες: 1) Ύψος αναρροφήσεως, ύψος καταθλίψεως, ολικό ύψος, 2) Παροχή, 3) Απαιτούμενη ισχύς για τη λειτουργία της αντλίας και 4) Βαθμός αποδόσεως.

### 2.1 Ύψος αναρροφήσεως, καταθλίψεως και ολικό

α) *Στατικό ή γεωμετρικό ύψος αναρροφήσεως* ( $H_a$ ) ενός συστήματος είναι η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως μέχρι το σημείο εισόδου του υγρού στην αντλία.

β) *Στατικό ή γεωμετρικό ύψος καταθλίψεως* ( $H_k$ ) ενός συστήματος είναι η κατακόρυφη απόσταση από το σημείο εξόδου του υγρού από την αντλία μέχρι την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αποθηκεύσεως.

γ) *Ολικό στατικό ή γεωμετρικό ύψος* ( $H_\Sigma$ ) ενός συστήματος είναι η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως μέχρι την επιφάνεια του υγρού της δεξαμενής αποθηκεύσεως, ανεξάρτητα από το αν οι επιφάνειες είναι ελεύθερες ή υπό πίεση.

δ) *Μανομετρικό ύψος αναρροφήσεως* ( $H_{ma}$ ) είναι το ύψος της σχετικής πίεσεως στη δεξαμενή αναρροφήσεως μείον το άθροισμα του στατικού ύψους αναρροφήσεως, των απωλειών φορτίου και της διαφοράς των υψών ταχύτητας στο σωλήνα και στη δεξαμενή αναρροφήσεως.

ε) *Μανομετρικό ύψος καταθλίψεως* ( $H_{mk}$ ) είναι το άθροισμα του ύψους πίεσεως στη δεξαμενή αποθηκείσεως, του στατικού ύψους καταθλίψεως και της απώλειας φορτίου μείον τη διαφορά των υψών ταχύτητας στο σωλήνα καταθλίψεως και τη δεξαμενή αποθηκείσεως.

στ) *Ολικό μανομετρικό ύψος* ( $H_m$ ) ενός συστήματος βρίσκεται από τη διαφορά των υψών πίεσεως στα σημεία εισόδου και εξόδου του υγρού και εκφράζει την αύξηση της ενέργειας πίεσεως της μονάδας βάρους του υγρού που διέρχεται από την αντλία.

ζ) *Αποδιδόμενο ύψος ή ολικό ύψος της αντλίας* ( $H_o$ ) είναι ίσο με την αύξηση της ολικής ενέργειας της μονάδας βάρους του υγρού μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου του υγρού στην αντλία.

## 2.2 Παροχή

α) *Θεωρητική παροχή* ( $Q_{\theta}$ ) είναι ο όγκος του υγρού που θα έπρεπε να αποδίδεται ανά μονάδα χρόνου αν δεν υπήρχαν εσωτερικές ή εξωτερικές διαρροές.

β) *Κανονική παροχή* (Optimum) ( $Q_n$ ) είναι η αποδιδόμενη παροχή όταν η αντλία εργάζεται με το μέγιστο βαθμό αποδόσεώς της.

γ) *Πραγματική παροχή* ( $Q$ ) είναι ο όγκος υγρού που αποδίδεται στο σωλήνα καταθλίψεως στη μονάδα του χρόνου υπό ορισμένο μανομετρικό ύψος  $H_m$ .

δ) *Εσωτερική παροχή* ( $Q_\varepsilon$ ) είναι ο όγκος υγρού που διέρχεται μέσα από την πτερωτή στη μονάδα του χρόνου. Επομένως είναι το άθροισμα της πραγματικής παροχής και των αναπόφευκτων εσωτερικών διαρροών :

$$Q_\varepsilon = Q + Q_\delta \quad (1)$$

Όπου  $Q_\delta$  είναι ο όγκος των εσωτερικών διαρροών (το  $Q_\delta$  είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με το  $Q$ ).

### 2.3 Απαιτούμενη ισχύς

α) *Εισερχόμενη ισχύς στον άξονα της αντλίας* ( $N_\alpha$ ) είναι η ισχύς που μεταβιβάζεται στον άξονα της αντλίας από τον κινητήρα.

Αν η εισερχόμενη ισχύς μετράται στην πηγή που τροφοδοτεί τον κινητήρα τότε:

$$N_\alpha = \eta_\kappa N_\kappa \quad (2)$$

$\eta_\kappa$  = βαθμός αποδόσεως του κινητήρα.

β) *Εσωτερική ισχύς* ( $N_\varepsilon$ ) είναι η συνολική ισχύς που μεταβιβάζεται από την πτερωτή στο υγρό παροχής  $Q_\varepsilon$

$$N_\varepsilon = \gamma Q_\varepsilon H_\varepsilon + N_f \quad (3)$$

Όπου  $N_f$  η απαιτούμενη ισχύς για την υπερνίκηση των τριβών μεταξύ του υγρού και της πτερωτής που εκδηλώνεται υπό μορφή θερμικής ενέργειας.

Η εσωτερική ισχύς είναι ίση με την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας μείον την ισχύ  $N_{mf}$  που απαιτείται για την υπερνίκηση των μηχανικών τριβών της σαλαμάστρας (τριβείς, σαλαμάστρα κλπ) :

$$N_\varepsilon = N_\alpha - N_{mf} \quad (4)$$

γ) Αποδιδόμενη ισχύς (N) της αντλίας είναι το γινόμενο :

$$N = \gamma Q H_o \quad \text{Kp/sec} \quad (5)$$

$\gamma$  = ειδικό βάρος του υγρού [ kρ/m<sup>3</sup>],

Q = πραγματική παροχή [m<sup>3</sup>/sec],

H<sub>o</sub> = αποδιδόμενο ή ολικό ύψος της αντλίας [m].

Αν το ειδικό βάρος του υγρού εκφραστεί σε N/m<sup>3</sup> η ισχύς δίνεται σε Nm/sec ή Watts (1 Kρ = 9,81 N).

Επειδή 1 HP = 75 Kρ m / sec = 0,736 KW η εξίσωση (5) γράφεται:

$$N = \frac{\gamma Q H_o}{75} \text{ HP} \quad (6)$$

$$N = \frac{\gamma Q H_o}{102} \text{ KW} \quad (7)$$

## 2.4 Βαθμός αποδόσεως

α) Υδραυλικός βαθμός αποδόσεως ( $\eta_h$ ) είναι ο λόγος του αποδιδόμενου ή ολικού ύψους της αντλίας προς το εσωτερικό ύψος.

$$\eta_h = \frac{H_o}{H_e} = \frac{H_o}{H_{\theta}} \quad (8)$$

β) Ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως ( $\eta_v$ ) είναι ο λόγος της πραγματικής παροχής προς την εσωτερική παροχή :

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_e} \quad (9)$$

γ) Μηχανικός βαθμός αποδόσεως ( $\eta_m$ ) είναι ο λόγος της εσωτερικής ισχύος προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας :

$$\eta_m = \frac{N_\varepsilon}{N_\alpha} = \frac{N_\alpha - N_{mf}}{N_\alpha} \quad (10)$$

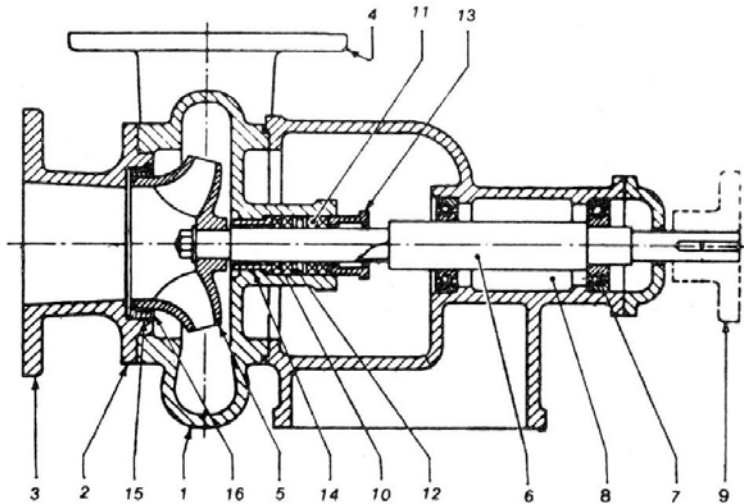
δ) Ολικός βαθμός αποδόσεως ( $\eta$ ) είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ισχύος της αντλίας ( $N$ ) προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας :

$$\eta = \frac{N}{N_\alpha} \quad (11)$$

### 3. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

#### 3.1 Τα εξαρτήματα της αντλίας

Τα βασικά εξαρτήματα μιας τυπικής φυγοκέντρου αντλίας (σχήμα 3) είναι το σπειροειδές περίβλημα (θάλαμος, σαλίγκαρος), το κάλυμμα με το στόμιο εισόδου του υγρού και τη φλάντζα για τη σύνδεση του σωλήνα αναρροφήσεως, η χοάνη καταθλίψεως (έξοδος του υγρού) με τη φλάντζα για τη σύνδεση του σωλήνα καταθλίψεως και ο άξονας της αντλίας που δίνει την κίνηση στην περωτή με την οποία είναι στερεά συνδεδεμένος.



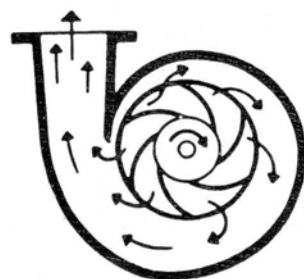
Σχήμα 3. Σχηματικό διάγραμμα μονοβάθμιας φυγοκέντρου αντλίας.

- 1 Σπειροειδές περίβλημα (σαλίγκαρος)
- 2 Κάλυμμα του σπειροειδούς περιβλήματος
- 3 Φλάντζα στομίου εισόδου
- 4 Χοάνη καταθλίψεως (έξοδος του υγρού)
- 5 Πτερωτή
- 6 Άξονας της αντλίας
- 7 Τριβέας (ένσφαιρος ή κουζινέτο)
- 8 Θάλαμος λαδιού
- 9 Συνδετήρας της αντλίας με τον κινητήρα
- 10 Σαλαμάστρα (εσωτερικό τμήμα)
- 11 Σαλαμάστρα (εξωτερικό τμήμα)
- 12 Δακτύλιος υδρολιπάνσεως της σαλαμάστρας (φανάρι)
- 13 Στυπιοθλίπτης
- 14 Δακτυλιοειδής τριβέας
- 15 Δακτύλιος στεγανώσεως του σπειροειδούς περιβλήματος
- 16 Δακτύλιος στεγανώσεως της πτερωτής

Ο άξονας της αντλίας στηρίζεται συνήθως σε δύο τριβείς (ρουλεμάν ή κουζινέτα) που βρίσκονται στις δύο άκρες του θαλάμου ελαίου ενώ στο ελεύθερο άκρο του τοποθετείται ένας συνδετήρας για την σύνδεση της αντλίας με τον κινητήρα ή μια τροχαλία όταν η κίνηση δίνεται με μάντα. Ο άξονας διαπερνά το πίσω μέρος του σπειροειδούς περιβλήματος όπου στεγανοποιείται για να μη διαρρέει το υγρό που βρίσκεται υπό πίεση μέσα στο περίβλημα ή για να μην εισχωρήσει αέρας, οπότε δημιουργούνται ανωμαλίες στη λειτουργία της αντλίας και ο βαθμός αποδόσεως μειώνεται κατά πολύ. Το βασικό εξάρτημα της στεγανοποίησης είναι η σαλαμάστρα, που τοποθετείται υπό μορφή δακτυλίων μέσα στο στυπιοθάλαμο. Για τη στεγανοποίηση η σαλαμάστρα σφίγγεται με το στυπιοθλίπτη. Η διαφορά πίεσεως μεταξύ του στομίου εισόδου του υγρού και του εσωτερικού της περωτής προκαλεί διαρροή του υγρού από το διάκενο μεταξύ της περιστρεφόμενης περωτής και του καλύμματος. Για τη μείωση της διαρροής αυτής τοποθετούνται δακτύλιοι στεγανώσεως στα χείλη της περωτής και του καλύμματος.

### 3.2 Το περίβλημα

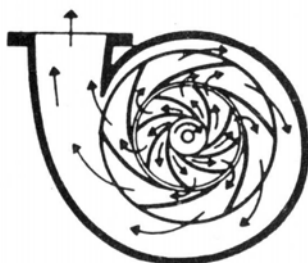
Το περίβλημα των φυγοκέντρων αντλιών αποτελείται συνήθως από δύο τμήματα, τα οποία είναι δυνατό να διαχωρίζονται οριζοντίως, καθέτως ή και διαγωνίως.



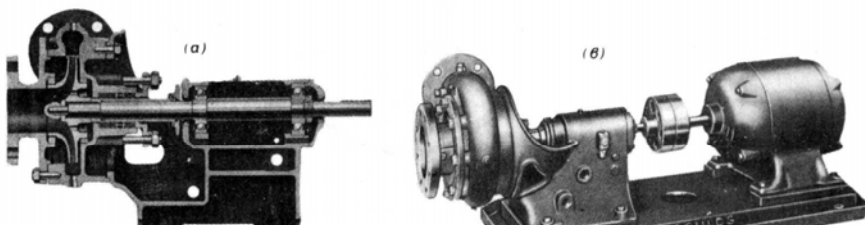
Σχήμα 4. Ροή του υγρού σε μονοβάθμια φυγόκεντρο αντλία.



Το σχήμα του περιβλήματος είναι σπειροειδές (σχήμα 4) και η πτερωτή τοποθετείται έτσι ώστε το υγρό, το οποίο φεύγει από την πτερωτή υπό την επίδραση της φυγοκέντρου δυνάμεως και ωθείται προς τη χοάνη καταθλίψεως, να κινείται σε αγωγό με διάμετρο συνεχώς αυξανόμενη. Η προοδευτική αύξηση της διατομής του αγωγού του περιβλήματος είναι τέτοια ώστε η παροχή ανά μονάδα επιφανείας να είναι περίπου σταθερή σε όλη τη διαδρομή του υγρού μέσα στο περίβλημα. Κατ' αυτό το τρόπο η ταχύτητα κινήσεως του υγρού ελαττώνεται προοδευτικά και η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση με όσο το δυνατό μικρότερες απώλειες.



Σχήμα 5. Ροή του υγρού σε μονοβάθμια φυγόκεντρο αντλία με πτερύγια διαχύσεως.



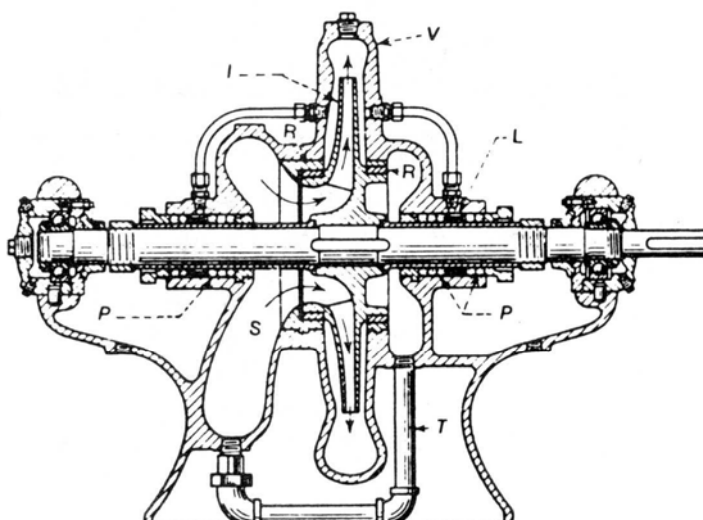
Σχήμα 6. Φυγόκεντρος αντλία με την πτερωτή στο άκρο του άξονα.  
Α. τομή, β. εξωτερική εμφάνιση (Goulds).

Ένας άλλος τύπος φυγοκέντρου αντλίας είναι η φυγόκεντρος αντλία με πτερύγια διαχύσεως (σχήμα 5). Στον τύπο αυτό γύρω από την πτερωτή σχηματίζονται δίοδοι με προοδευτικά αυξανόμενη διατομή προσθέτοντας μια σειρά μη κινούμενων πτερυγίων. Καθώς το υγρό διέρχεται μέσα από τις διόδους που σχηματίζουν τα πτερύγια

διαχύσεως, αλλάζει η διεύθυνση κινήσεώς του με παράλληλη μείωση της ταχύτητας, ενώ η πίεση αυξάνεται προτού ακόμη το υγρό εισέλθει στον αγωγό του περιβλήματος. Η αντλία αυτού του τύπου αναφέρεται και ως στροβιλαντλία (turbine pump) γιατί η κατασκευή της μοιάζει με τον υδροστρόβιλο τύπου Francis (Hydraulic turbine) αλλά με αντίστροφη λειτουργία.

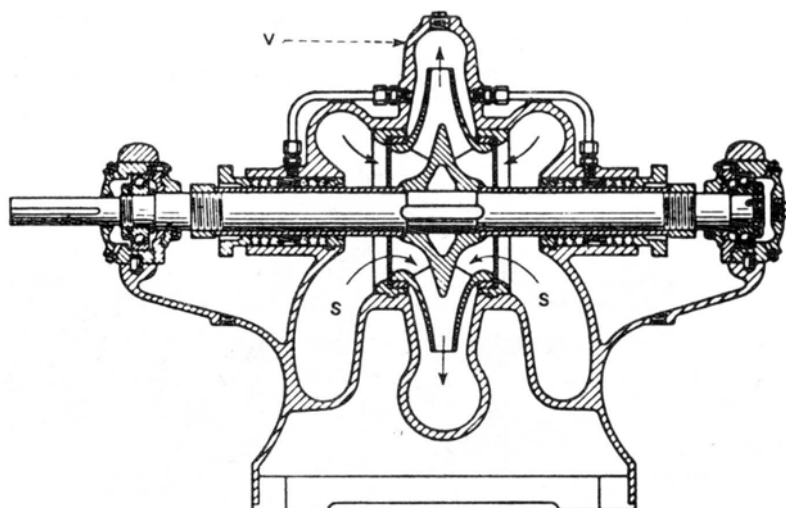
## Μονοβάθμιες αντλίες

*Αντλίες απλής αναρροφήσεως* . Στην αντλία του σχήματος 3 η περωτή είναι τοποθετημένη στο άκρο του άξονα και το υγρό οδηγείται από το σωλήνα αναρροφήσεως κατευθείαν στο κέντρο της περωτής . Η περωτή μπορεί να είναι τοποθετημένη και στο κέντρο του άξονα (σχήμα 7) , οπότε υπάρχουν δύο στυπιοθάλαμοι για τη στεγανοποίηση και από τις δύο πλευρές του σπειροειδούς περιβλήματος.



Σχήμα 7. Αντλία απλής αναρροφήσεως με την περωτή τοποθετημένη στο κέντρο του άξονα (Worthington Inc)

Στις αντλίες απλής αναρροφήσεως λόγω της διαφοράς πίεσεως που υπάρχει πάντοτε μεταξύ του στομίου εισόδου του υγρού (πίεση αναρροφήσεως) και του εσωτερικού του περιβλήματος (πίεση καταθλίψεως) δημιουργείται δύναμη, η οποία τείνει να μετατοπίσει την περωτή προς την πλευρά της χαμηλότερης πίεσεως – αξονική ώθηση - με αποτέλεσμα την καταπόνηση και καταστροφή των τριβέων .



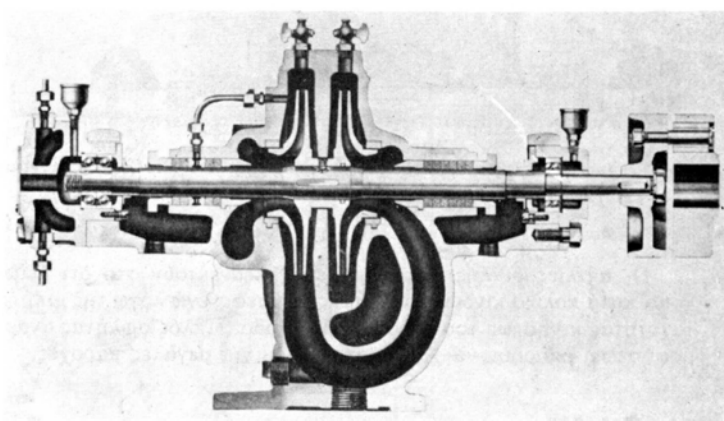
Σχήμα 8. Αντλία διπλής αναρροφήσεως (Worthington Inc).  
I. περωτή, V. Σπειροειδές περίβλημα, L. Δακτύλιος υδρολι-  
πάνσεως, P. Σαλαμάστρα, R. Στεγανοποίηση δρομέα-περι-  
βλήματος S. Αναρρόφηση, T. σωλήνας επιστροφής του υγρού  
που διαρρέει.

*Αντλίες διπλής αναρροφήσεως* . Το περίβλημα στις αντλίες αυτού του τύπου (σχήμα 8) έχει δύο στόμια για την είσοδο του υγρού και από τις δύο πλευρές της περωτής . Η αντλία του σχήματος 8 αποτελείται από δύο αντλίες απλής αναρροφήσεως τοποθετημένες συμμετρικά ως προς επίπεδο κάθετο στον άξονα της αντλίας . Λόγω της συμμετρίας η πίεση στα στόμια εισόδου από τις δύο πλευρές της περωτής είναι ίση, οπότε οι αντλίες αυτές έχουν θεωρητικά υδραυλική εξισορρόπηση. Μικρές όμως ατέλειες στην κατασκευή των εξαρτημάτων και άνισες φθορές μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά ροής του υγρού στις δύο πλευρές και η περωτή υπόκειται σε μικρή αξονική ώθηση.

Οι αντλίες διπλής αναρροφήσεως πλεονεκτούν στο ότι μειώνεται κατά πολύ ο κίνδυνος αξονικής ωθήσεως, ενώ λόγω της μικρής ταχύτητας κινήσεως του υγρού στην είσοδο (διπλός σωλήνας αναρροφήσεως) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλες παροχές.

### Πολυβάθμιες αντλίες

Οι πολυβάθμιες αντλίες χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου επιζητείται υψηλή πίεση, την οποία δεν μπορεί να αναπτύξει μία μονοβάθμια αντλία (μανομετρικό ύψος μεγαλύτερο των 120 μέτρων). Οι αντλίες αυτές έχουν δύο ή περισσότερες περωτές, που λειτουργούν «εν σειρά», δηλαδή η χοάνη καταθλίψεως της μιας βαθμίδας είναι συνδεδεμένη με το στόμιο εισόδου της επόμενης βαθμίδας. Το συνολικό ύψος πίεσεως είναι το ύψος πίεσεως της μιας βαθμίδας πολλαπλασιαζόμενο επί τον αριθμό των βαθμίδων. (Ο αριθμός των βαθμίδων εξαρτάται από το απαιτούμενο μανομετρικό ύψος, τη διάμετρο της περωτής, την παροχή της αντλίας και την ταχύτητα περιστροφής).



Σχήμα 9. Αντλία δύο βαθμίδων με τις περωτές τοποθετημένες αντίθετα (Worthington Inc).

Η αξονική ώθηση στις πολυβάθμιες αντλίες είναι μεγάλη, γιατί όλες οι πτερωτές είναι τοποθετημένες στον ίδιο άξονα. Για την υδραυλική εξισορρόπηση οι πτερωτές είναι τοποθετημένες ανά ζεύγη αντίθετα . Η αξονική ώθηση επίσης, εξουδετερώνεται αν η πτερωτή κάθε βαθμίδας είναι διπλής αναρροφήσεως.

### 3.3 Η πτερωτή

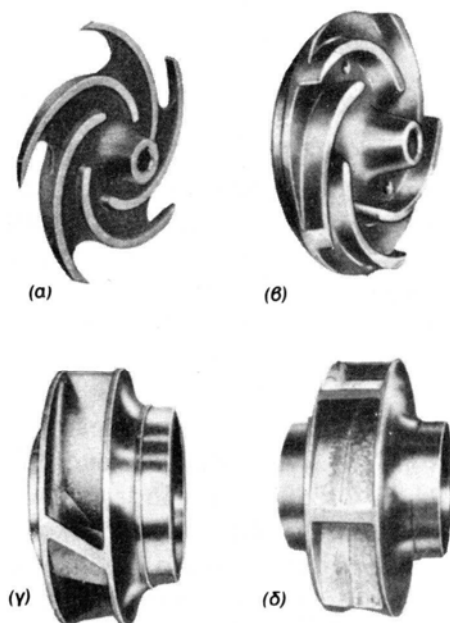
Η πτερωτή αποτελείται α) από τον περιστρεφόμενο δρομέα, που κατασκευάζεται σαν ένα σώμα με τον άξονα και β) από τα πτερύγια, που είναι τοποθετημένα πάνω στο δρομέα. Τα πτερύγια έχουν πάντοτε κλίση αντίθετη προς τη φορά περιστροφής της πτερωτής.

Υπάρχουν τρία είδη πτερωτών (σχήμα 10): Πτερωτή ανοικτού τύπου, πτερωτή ημίκλειστου τύπου και πτερωτή κλειστού τύπου.

α) *Πτερωτή ανοικτού τύπου* . Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από ένα «ομφαλό» γύρω από τον οποίο είναι τοποθετημένα τα πτερύγια (σχήμα 10α) . Ο βαθμός αποδόσεως των αντλιών με πτερωτή ανοικτού τύπου είναι μικρός, γιατί αξιόλογη ποσότητα υγρού διαρρέει από το περίβλημα στο στόμιο εισόδου . Επίσης δεν μπορούν να δημιουργήσουν αρκετά μεγάλο μανομετρικό ύψος . Για το λόγο αυτό οι αντλίες με πτερύγια ανοικτού τύπου χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις και ιδιαίτερα για άντληση νερού που περιέχει φερτές ύλες επειδή δε «μπουκώνουν» εύκολα.

β) *Πτερωτή ημίκλειστου τύπου* . Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από ένα δίσκο στη μία πλευρά του οποίου είναι τοποθετημένα τα πτερύγια (σχήμα 10β). Τα πτερύγια βρίσκονται προς την πλευρά του στομίου εισόδου του υγρού. Ο βαθμός αποδόσεως των αντλιών με πτερωτή ημίκλειστου τύπου είναι κατά κανόνα μεγαλύτερος από τις αντλίες με πτερωτή ανοικτού τύπου και μικρότερος από τις αντλίες με

πτερωτή κλειστού τύπου. Είναι δυνατό όμως στις αντλίες αυτές να επιτευχθεί πολύ ικανοποιητικός βαθμός αποδόσεως αν το διάκενο μεταξύ των πτερυγίων και της εσωτερικής επιφάνειας του τοιχώματος του καλύμματος του περιβλήματος είναι πολύ μικρό. Οι αντλίες με πτερωτή ημίκλειστου τύπου δεν είναι κατάλληλες για την άντληση ακάθαρτων υγρών, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν για την άντληση νερού που περιέχει άμμο.



Σχήμα 10. Τύποι πτερωτών φυγοκέντρων αντλιών.

γ) *Πτερωτή κλειστού τύπου.* Ο περιστρεφόμενος δρομέας αποτελείται από δύο δίσκους μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα πτερύγια (σχήμα 10γ). Ο ένας δίσκος έχει στο κέντρο του οπή (μάτι) για την είσοδο του υγρού στα πτερύγια σαν συνέχεια του στομίου εισόδου του υγρού στο περίβλημα . Στις αντλίες διπλής αναρροφήσεως υπάρχουν οπές και στους δύο δίσκους (σχήμα 10δ) για την είσοδο του υγρού και από τις δύο πλευρές της πτερωτής. Οι αντλίες με πτερωτή κλειστού τύπου έχουν πολύ

μεγάλο βαθμό αποδόσεως και αναπτύσσουν υψηλή πίεση, αλλά χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρών μόνο υγρών γιατί «μπουκώνουν» εύκολα.

### 3.3.1 Η ροή του υγρού μέσα στην πτερωτή

#### Γενικά

Η διατύπωση των εξισώσεων ροής του υγρού μέσα στην πτερωτή βασίζεται : α) Στην πειραματική διαπίστωση ότι κατά τη στροβιλώδη ροή σε αγωγό ορισμένου σχήματος οι γραμμές ροής ενός πραγματικού υγρού είναι όμοιες με τις γραμμές ροής ενός ιδανικού υγρού (η αρχή αυτή δεν ισχύει για τις στοιβάδες πολύ κοντά στα τοιχώματα) και β) Στο ότι ως ροή του υγρού μεταξύ δύο πτερυγίων μπορεί να θεωρηθεί η ροή των στοιχειωδών μαζών κατά μήκος της κεντρικής γραμμής μεταξύ των πτερυγίων (μονοδιάστατη ροή). Η γραμμή  $A_1AA_2$  του σχήματος 11 είναι η κεντρική γραμμή της ροής του υγρού μεταξύ των διαδοχικών πτερυγίων  $B_1B_2$  και  $\Gamma_1\Gamma_2$ .

Η ροή του υγρού μεταξύ των πτερυγίων μιας πτερωτής, που περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  διακρίνεται σε απόλυτη ροή (όταν το σύστημα μεταφοράς είναι τα σταθερά τοιχώματα του περιβλήματος) και σε σχετική ροή (όταν το σύστημα αναφοράς είναι η περιστρεφόμενη πτερωτή). Αντιστοίχως διακρίνονται η απόλυτη και σχετική ταχύτητα καθώς και η απόλυτη και σχετική τροχιά των στοιχειωδών μαζών.

Για την εφαρμογή της θεωρίας της μονοδιάστατης ροής στις δυναμικές αντλίες γίνονται οι εξής παραδοχές:

1. Η πτερωτή έχει άπειρο αριθμό πτερυγίων, που ισοδυναμεί με την παραδοχή ότι η ροή είναι συμμετρική ως προς τον άξονα της πτερωτής.
2. Η συμμετρική ροή είναι δυνατό να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες: α) την ακτινική ροή στην οποία οι στοιχειώδεις μάζες του υγρού κινούνται με ταχύτητα  $V_a$  σε επίπεδα

που διέρχονται από τον άξονα της πτερωτής και β) την κυκλική ροή στην οποία οι στοιχειώδεις μάζες κινούνται σε κυκλικές τροχιές με περιφερειακή ταχύτητα  $V_u$ . Οι κύκλοι είναι ομόκεντροι προς τον άξονα της πτερωτής και βρίσκονται σε επίπεδα κάθετα προς τον άξονα αυτόν.

Σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές οι γραμμές ροής που περιγράφουν την ακτινική ροή και διέρχονται από τον ίδιο κύκλο είναι όμοιες σε όλα τα επίπεδα που διέρχονται από τον άξονα της πτερωτής. Επίσης οι γραμμές της κυκλικής ροής είναι όμοιες σε όλα τα επίπεδα τα κάθετα στον άξονα της πτερωτής.

Στην πραγματικότητα η ροή δεν είναι συμμετρική, γιατί τα χαρακτηριστικά ροής του υγρού στην πρόσθια και οπίσθια όψη ενός πτερυγίου διαφέρουν λόγω των διαφορετικών συνθηκών πίεσεως και ταχύτητας.

### **Τρίγωνα ταχυτήτων εισόδου και εξόδου του υγρού στην πτερωτή**

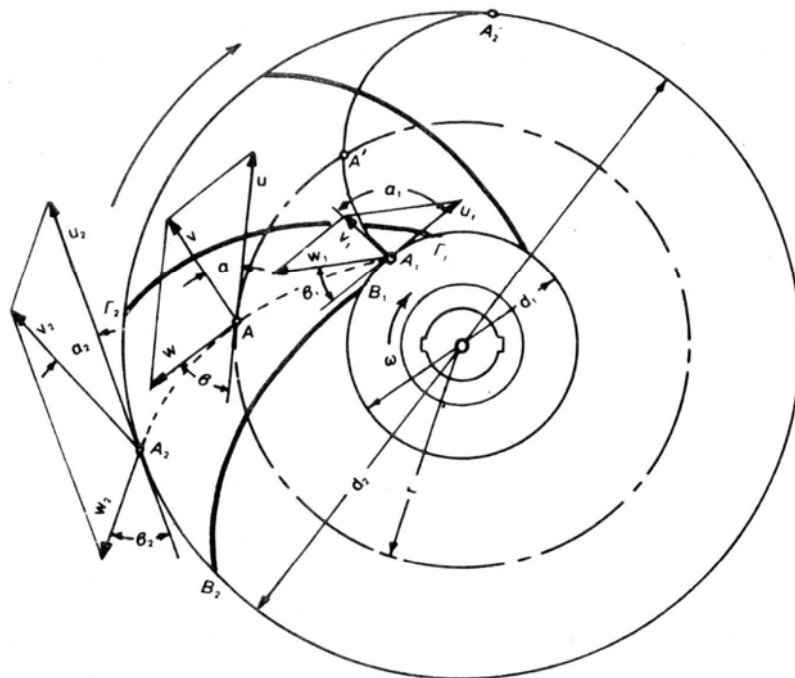
Η ροή του υγρού μέσα στην πτερωτή καθορίζεται από τα τρίγωνα που σχηματίζουν τα ανύσματα της απόλυτης ταχύτητας  $v$ , της περιφερειακής ταχύτητας  $u$  και της σχετικής ταχύτητας  $w$  (σχήμα 11).

Αν  $A_1$  είναι το σημείο εισόδου μιας στοιχειώδους μάζας στην πτερωτή η απόλυτη ταχύτητα  $v_1$  αναλύεται σε δύο συνιστώσες : α) την περιφερειακή ταχύτητα  $u_1 = r_1 \omega$ , που σχηματίζει γωνία  $\alpha_1$  με την  $v_1$  και β) τη σχετική ταχύτητα  $w_1$ , που σχηματίζει γωνία  $\beta_1$  με τη διεύθυνση του ανύσματος  $u_1$ . Κατά τον ίδιο τρόπο η απόλυτη ταχύτητα  $v_2$  στο σημείο εξόδου  $A_2$  αναλύεται στην περιφερειακή ταχύτητα  $u_2 = r_2 \omega$  και τη σχετική ταχύτητα  $w_2$ . Όπου  $r_1, r_2$  οι ακτίνες της πτερωτής στην είσοδο και έξοδο του υγρού και  $\omega$  η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της.

Σύμφωνα με το θεώρημα της σχετικής κινήσεως η σχέση των τριών ταχυτήτων είναι :

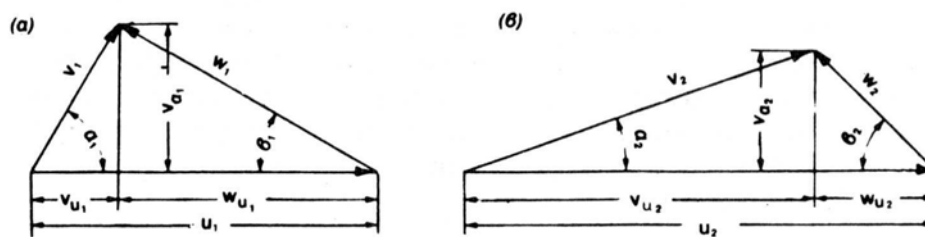


$$v_1 = u_1 + w_1 \text{ και } v_2 = u_2 + w_2$$



Σχήμα 11. Ροή μέσα από την περωτή φυγοκέντρου αντλίας.  
 $A_1A_2$ . κεντρική γραμμή μεταξύ δύο διαδοχικών περυγίων,  $B_1B_2$  και  $\Gamma_1\Gamma_2$  ίχνη των περυγίων

Τα ανυσματικά αθροίσματα των παραπάνω εξισώσεων αποτελούν τα τρίγωνα ταχυτήτων στην είσοδο και έξοδο του υγρού, όπως φαίνεται στο σχήμα 12.



Σχήμα 12. Τρίγωνα ταχυτήτων (α) εισόδου, (β) εξόδου.

Η ακτινική συνιστώσα της απόλυτης ταχύτητας συμβολίζεται με  $V_a$ , ενώ η εφαπτομενική με  $V_u$ .

Η είσοδος του υγρού στην περωτή λέγεται ότι είναι ομαλή όταν η διεύθυνση της σχετικής ταχύτητας  $w_1$  εφάπτεται στην καμπύλη του περυγίου στο σημείο  $A_1$  (σχήμα 11). Επομένως η γωνία  $\beta_1$  είναι η γωνία του πρώτου στοιχείου του περυγίου με την εφαπτομένη στην περιφέρεια ακτίνας  $r_1$ . Αν το υγρό ρέει μέσα στην περωτή χωρίς απώλειες, το άνυσμα της σχετικής ταχύτητας εξόδου  $w_2$  εφάπτεται στην καμπύλη του περυγίου στο σημείο  $A_2$  και η γωνία  $\beta_2$  είναι η γωνία του τελευταίου στοιχείου του περυγίου με την εφαπτομένη στην περιφέρεια ακτίνας  $r_2$ .

Η απόλυτη τροχιά της στοιχειώδους μάζας υγρού είναι η γραμμή  $A_1A'A'_2$ .

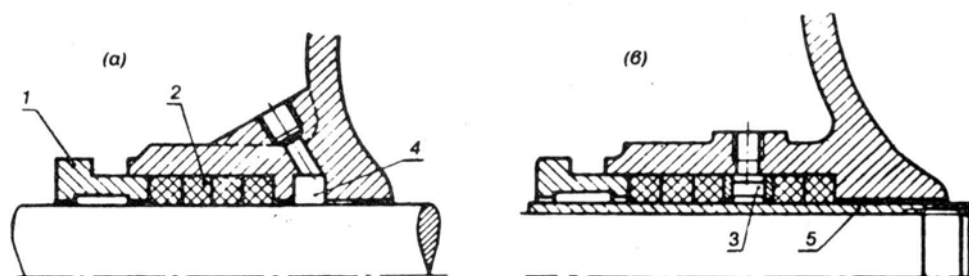
### **3.4 Στυπιοθάλαμος**

Ο στυπιοθάλαμος αποτελεί μέρος του σώματος της αντλίας και συμβάλλει στη στεγανοποίηση του διακένου μεταξύ του περιβλήματος και του άξονα της περωτής. Προορισμός του στυπιοθαλάμου είναι : α) να εμποδίζει την είσοδο του αέρα στο περίβλημα και β) να εμποδίζει τη διαρροή του υγρού κατά μήκος του άξονα, όταν η πίεση στο στυπιοθλίπτη είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

#### **3.4.1 Στεγανοποίηση με σαλαμάστρα**

Η σαλαμάστρα τοποθετείται υπό μορφή δακτυλίων (4 ως 6) μέσα στο στυπιοθάλαμο και συμπιέζεται με το στυπιοθλίπτη (σχήμα 13).

Για την αποφυγή φθοράς του άξονα και της σαλαμάστρας, λόγω τριβών, ο στυπιοθλίπτης σφίγγεται τόσο ώστε το αντλούμενο υγρό να διαρρέει κατά σταγόνες και να δρα σαν λιπαντικό. Αυτό βέβαια δεν επιτρέπεται όταν το υγρό είναι εύφλεκτο ή διαβρωτικό.



Σχήμα 13. (α) σαλαμάστρα με τον στυπιοθλίπτη, (β) σαλαμάστρα με φανάρι, (γ) λαβυρινθοειδής σαλαμάστρα.  
 1. Στυπιοθλίπτης, 2. δακτύλιοι σαλαμάστρας, 3. φανάρι, 4. δακτυλιοειδές αυλάκι, 5. δακτυλιοειδής τριβέας.

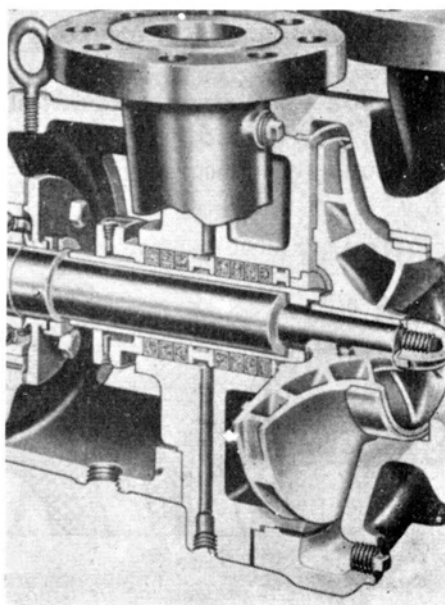
Αν η πίεση στην αναρρόφηση είναι πολύ μικρή, κατασκευάζεται ένα δακτυλιοειδές αυλάκι (σχήμα 13.4) που γεμίζει με το υγρό για να εμποδίσει την είσοδο του αέρα στην αντλία.

Όταν το αντλούμενο υγρό είναι ακάθαρμο, ανάμεσα στους δακτυλίους της σαλαμάστρας τοποθετείται ορειχάλκινος δακτύλιος (φανάρι) με περιφερειακή διάτρηση (σχήμα 13.3). Στην περιφέρεια του δακτυλίου αυτού καταλήγει ένας σωλήνας από τον οποίο τροφοδοτείται η σαλαμάστρα με καθαρό υγρό υπό πίεση. Το «φανάρι» υποκαθιστά και το δακτυλιοειδές αυλάκι της προηγούμενης διατάξεως.

Αν η πίεση που εξασκεί το υγρό στη σαλαμάστρα δεν υπερβαίνει τις 3- 4 at δε δημιουργείται πρόβλημα καταπονήσεώς της. Για μεγαλύτερες πιέσεις πρέπει να αφήνονται διάκενα ώστε να επικοινωνεί το αυλάκι ή το φανάρι (σχήμα 13) με τις περιοχές υψηλής πίεσεως. Για πολύ υψηλές πιέσεις χρησιμοποιείται λαβυρινθοειδής

σαλαμάστρα (σχήμα 13γ) στην οποία αυξάνεται το μήκος διαδρομής του υγρού που διαρρέει. Στο σχήμα 14 φαίνεται η τομή ενός στυπιοθαλάμου με σαλαμάστρα

Η μηχανική απώλεια λόγω τριβών στη σαλαμάστρα δεν είναι πολύ μεγάλη. Η απώλεια ισχύος στο στυπιοθάλαμο και τους τριβείς υπολογίζεται γύρω στο 1% της ισχύος



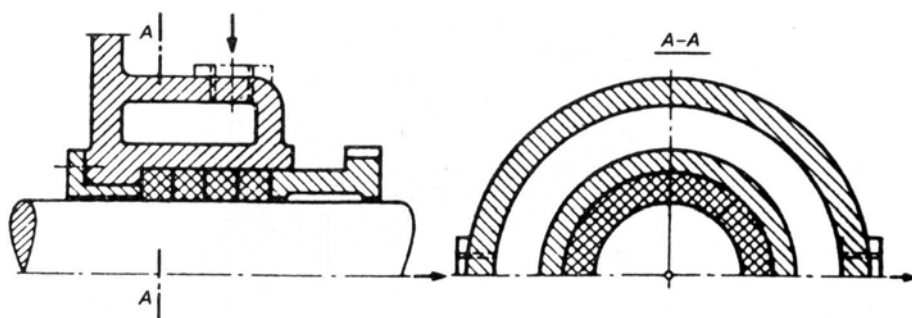
Σχήμα 14. Τομή στυπιοθαλάμου

που καταναλίσκεται από την αντλία και εξαρτάται από α) το είδος και την ποιότητα της σαλαμάστρας, β) τη λείανση της επιφάνειας του άξονα, γ) τη διάμετρο και την ταχύτητα περιστροφής του άξονα, δ) την πίεση που εξασκείται στο στυπιοθλίπτη και ε) τον όγκο του υγρού που διαρρέει.

Αν η θερμοκρασία του υγρού που αντλείται είναι μεγαλύτερη από 70 -80 °C ο στυπιοθάλαμος πρέπει να ψύχεται γιατί οι δακτύλιοι της σαλαμάστρας είναι πάντοτε εμποτισμένοι με λίπος, που στις υψηλές θερμοκρασίες λειώνει λόγω τριβών. Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία του υγρού είναι μεγαλύτερη από 130 °C γύρω από το στυπιοθάλαμο τοποθετείται υδροχιτώνιο (σχήμα 15) για την κυκλοφορία νερού ψύξεως.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των δακτυλίων της σαλαμάστρας είναι : α) Βαμβάκι εμποτισμένο με γραφίτη και πυκνόρρευστο λίπος για αντλίες που αντλούν νερό σε συνήθεις θερμοκρασίες, β) Αμιάντος εμποτισμένος με γραφίτη για υγρά με θερμοκρασία μέχρι 200 °C και πίεση μέχρι 25 at καθώς και για οξέα ή αλκάλια, γ) Για την άντληση προϊόντων πετρελαίου συνήθως χρησιμοποιείται ένα μίγμα που αποτελείται από ίνες αμιάντου, γραφίτη και μαλακών μετάλλων.

Η διατομή των δακτυλίων της σαλαμάστρας είναι συνήθως τετραγωνική με πλευρά  $b = 0,25 d_a$ , όπου  $d_a$  η διάμετρος του άξονα μέσα στο στυπιοθάλαμο (συνήθως είναι  $b=7 -30$  mm).

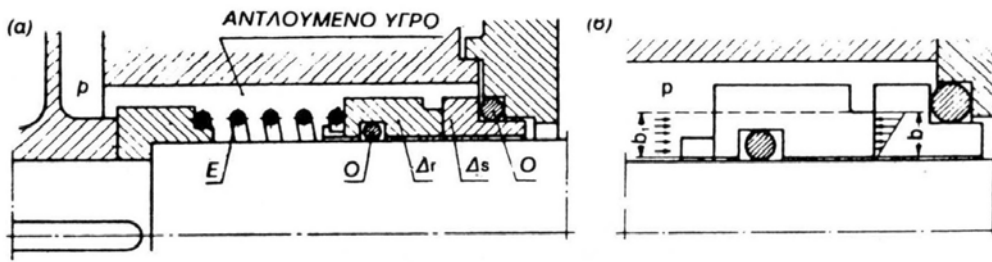


Σχήμα 15. Στυπιοθάλαμος με υδροχλωτικό

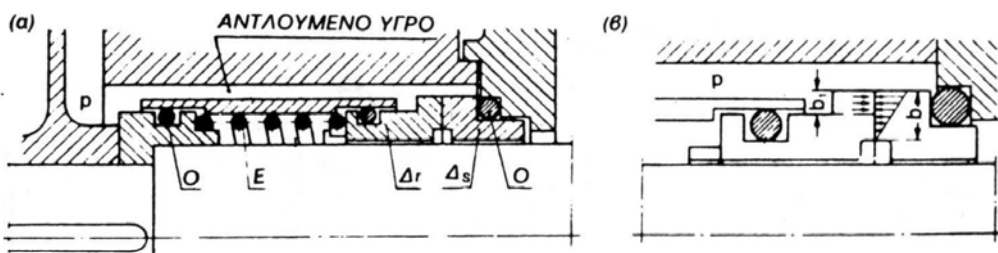
### 3.4.2 Στεγανοποίηση με μηχανικά μέσα

Η στεγανοποίηση του άξονα με σαλαμάστρα που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα :

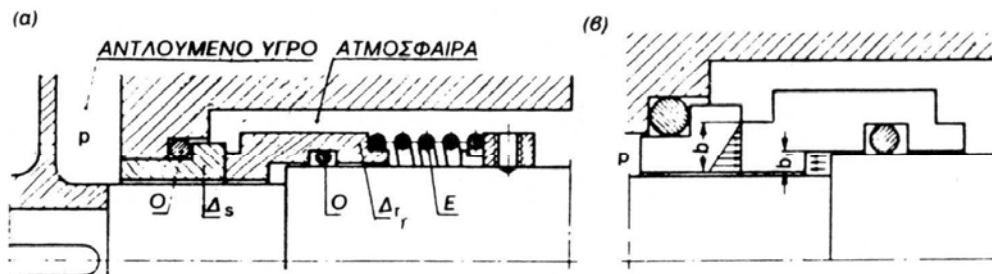
- 1) Επιτρέπει τη διαρροή αρκετά μεγάλης ποσότητας υγρού, ιδίως όταν ο άξονας δεν είναι λείος .
- 2) Ο άξονας θερμαίνεται και καταστρέφεται γρήγορα αν ο στυπιοθλίπτης σφίγγεται πέρα από ένα όριο και
- 3) Χρειάζεται συχνή συντήρηση.



Σχήμα 16. Μηχανική στεγανοποίηση για μικρές πιέσεις



Σχήμα 17. Μηχανική στεγανοποίηση για μεγάλες πιέσεις με εξωτερική φόρτιση.

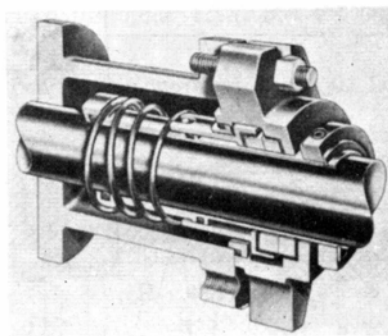


Σχήμα 18. Μηχανική στεγανοποίηση για μεγάλες πιέσεις με εσωτερική φόρτιση.  
 $\Delta_s$ . Σταθερός δακτύλιος στεγανοποίησης,  $\Delta_r$ . Περιστρεφόμενος δακτύλιος στεγανοποίησης, E. ελατήριο, O. μεταλλικοί δακτύλιοι κυκλικής διατομής, n. Πλάτος επαφής δακτυλίου,  $b_1$ . πλάτος πίεσεως, p. Πίεση του αντλούμενου υγρού

Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν διάφοροι τύποι μηχανικής στεγανοποίησης που δεν παρουσιάζουν τα παραπάνω μειονεκτήματα. Τα βασικά εξαρτήματα μιας διατάξεως για μηχανική στεγανοποίηση (σχήμα 16,17,18) είναι : α) Ένας σταθερός δακτύλιος, β) ένας δακτύλιος που περιστρέφεται μαζί με τον άξονα, αλλά μετακινείται

«τηλεσκοπικά» κατά μήκος του και  $\gamma$ ) ένα ελατήριο που κρατάει συνεχώς σε επαφή τους δύο δακτυλίους.

Η διάταξη του σχήματος 16 χρησιμοποιείται σε αντλίες που αναπτύσσουν μικρή πίεση, γιατί στις υψηλές πιέσεις οι δακτύλιοι φθείρονται γρήγορα (το πλάτος επαφής  $b$  των δακτυλίων είναι ίσο με το πλάτος πίεσεως  $b_1$ ). Για μεγάλες πιέσεις χρησιμοποιούνται διατάξεις όπου το πλάτος πίεσεως  $b_1$  είναι μικρότερο από το πλάτος επαφής  $b$  των δακτυλίων. Στην περίπτωση αυτή η πίεση του υγρού μπορεί να δρα στην εξωτερική περιφέρεια του κινητού δακτυλίου (σχήμα 17) ή στην εσωτερική (σχήμα 18). Η δύναμη που εφαρμόζεται στους δακτυλίους αυξάνεται με αύξηση της πίεσεως του υγρού και εξαρτάται από το πλάτος  $b_1$ . Στο σχήμα 19 φαίνεται η τομή ενός στυπιοθαλάμου με μηχανική στεγανοποίηση.



Σχήμα 19. Τομή στυπιοθαλάμου με μηχανική στεγανοποίηση.

### 3.5 Κατάταξη των φυγοκέντρων αντλιών

Οι φυγόκεντρες αντλίες (ακτινικής ροής) είναι οι πιο διαδεδομένες γιατί έχουν μεγάλο εύρος παροχής ( $Q$ ) - αποδιδόμενου ύψους ( $H$ ) και προσαρμόζονται σε ποικιλία συνθηκών αντλήσεως.

Υπάρχουν διάφορα κριτήρια κατατάξεως των φυγοκέντρων αντλιών όπως α) Η τοποθέτηση του άξονα της πτερωτής που μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφη,

οπότε έχουμε τις οριζόντιες ή κατακόρυφες αντλίες, β) το είδος της πτερωτής, οπότε οι αντλίες διακρίνονται σε απλής ή διπλής αναρροφήσεως και γ) ο αριθμός των πτερωτών. Στην περίπτωση αυτή έχουμε τις μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες αντλίες.

Στις πολυβάθμιες αντλίες μπορεί οι πτερωτές να συνδεθούν «εν σειρά» ή «εν παραλλήλω». Στην «εν σειρά» σύνδεση το υγρό περνάει διαδοχικά από όλες τις πτερωτές και η παροχή της αντλίας είναι η ίδια με την παροχή μιας βαθμίδας ενώ το ολικό ύψος είναι το άθροισμα των υψών όλων των βαθμίδων. Στην «εν παραλλήλω» σύνδεση το υγρό περνάει συγχρόνως από όλες τις πτερωτές (συνήθως 2 ή 3) και η παροχή της αντλίας είναι το άθροισμα των παροχών όλων των βαθμίδων ενώ το ολικό ύψος είναι ίσο με το ύψος μιας βαθμίδας. Σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί να έχουμε μικτή σύνδεση.

Έχοντας υπόψη ότι τα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας αντλίας επηρεάζονται και από την ύπαρξη ή μη πτερυγίων διαχύσεως, ο συνδυασμός των παρακάτω κριτηρίων αποτελεί μια βάση για την κατάταξη των φυγοκέντρων αντλιών.

### **Οριζόντιες μονοβάθμιες αντλίες**

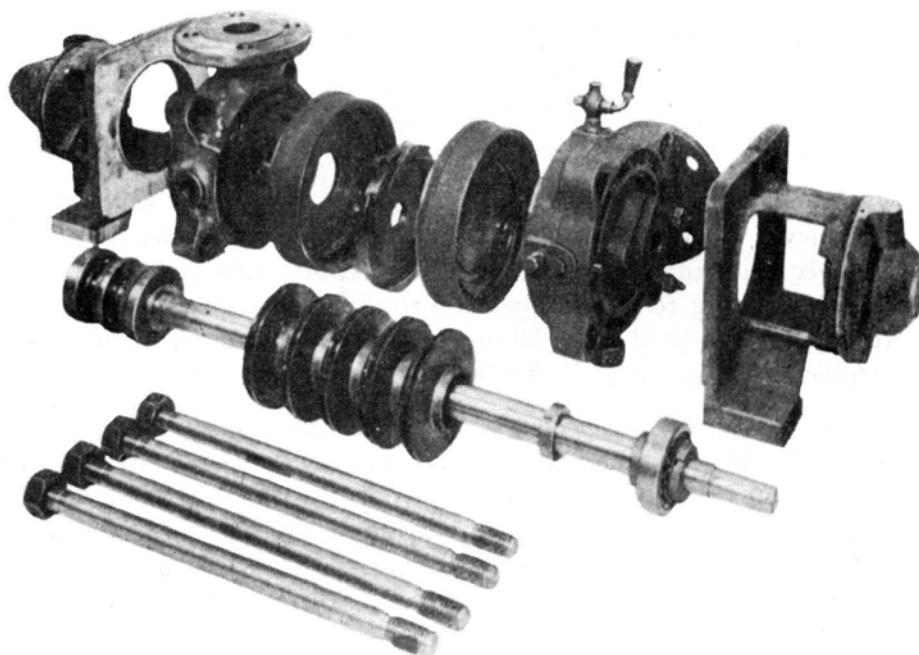
α) *Απλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα.* Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος. Τα πτερύγια είναι απλής καμπυλότητας για μικρές παροχές ενώ για μεγάλες παροχές κάμπτονται στο χώρο.

β) *Απλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα και πτερύγια διαχύσεως.* Η κατασκευή τους είναι ίδια με τις προηγούμενες με μόνη διαφορά ότι γύρω από την πτερωτή έχουν σταθερά πτερύγια διαχύσεως για τη μερική μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ενέργεια πίεσεως.

γ) *Διπλής αναρροφήσεως με σπειροειδές περίβλημα.* Επειδή έχουν υδραυλική εξισορρόπηση χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες παροχές από ότι οι προηγούμενες. Για



αύξηση του ολικού ύψους μπορούν να τοποθετηθούν πτερύγια διαχύσεως γύρω από την πτερωτή .



Σχήμα 20. Πολυβάθμια αντλία για μικρές παροχές και μικρό ολικό ύψος (Sulzer).

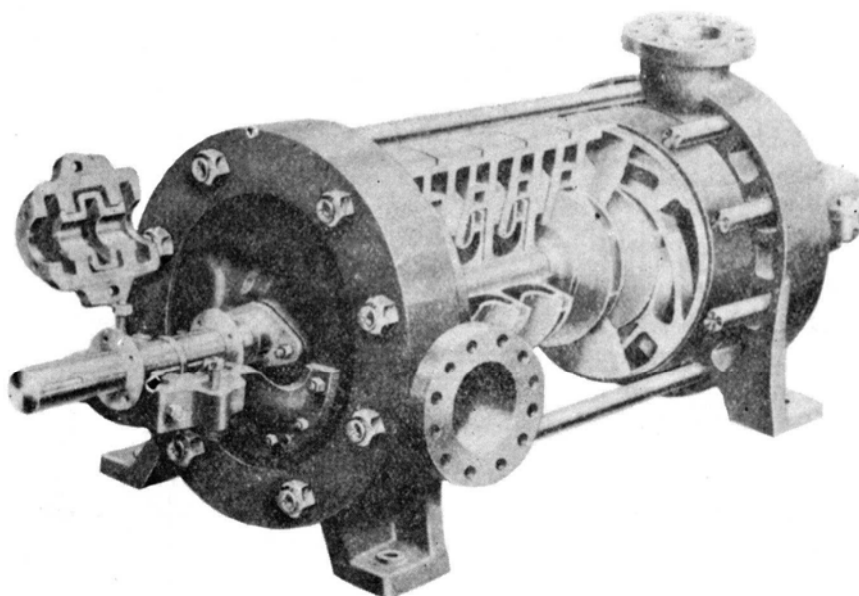
### **Οριζόντιες πολυβάθμιες αντλίες**

α) *Με οδηγούς ροής για μικρές παροχές και μικρό ολικό ύψος* . Η είσοδος του υγρού είναι αξονική . Επειδή η αξονική ώθηση είναι μικρή ο άξονας στηρίζεται σε απλούς ή διπλούς σφαιροτριβείς και ανοίγονται οπές στους δίσκους των πτερυγίων (σχήμα 20). Συνήθως χρησιμοποιούνται για άντληση καθαρού νερού .

β) *Με οδηγούς ροής για μεγάλες παροχές και μεγάλο ολικό ύψος* . Επειδή εργάζονται με υψηλές πιέσεις το περίβλημα είναι «μονοκόμματο» ή υπό τη μορφή δακτυλίων (σχήμα 21). Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ή τα ορυχεία για την άντληση καθαρών ή ελαφρώς ακάθαρτων υγρών.

γ) *Με σπειροειδή περιβλήματα και πτερωτές υδραυλικά εξισορροπημένες*. Κάθε πτερωτή περιστρέφεται μέσα σε σπειροειδές περίβλημα. Η υδραυλική εξισορρόπηση γίνεται με αντίθετα τοποθετημένες πτερωτές γιατί οι άλλες μέθοδοι προκαλούν

μείωση του βαθμού αποδόσεως της αντλίας. Οι πολυβάθμιες αντλίες δεν κατασκευάζονται με περισσότερες από 8 βαθμίδες γιατί το μήκος του άξονα δεν μπορεί να υπερβεί ένα ορισμένο μήκος.

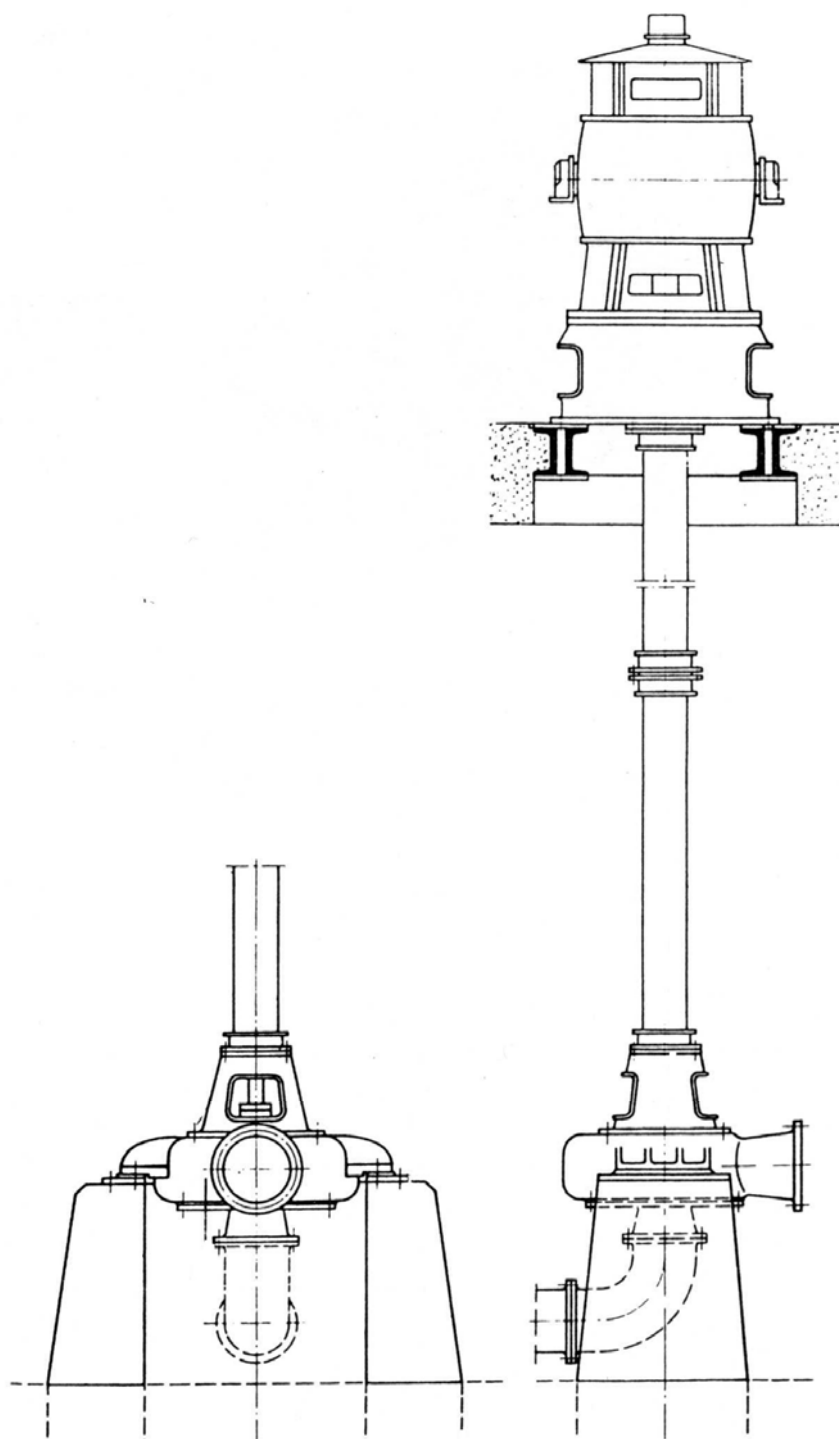


Σχήμα 21. Πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία με το περίβλημα υπό μορφή δακτυλίων και πτερωτές απλής αναρροφήσεως (Mather & Platt).

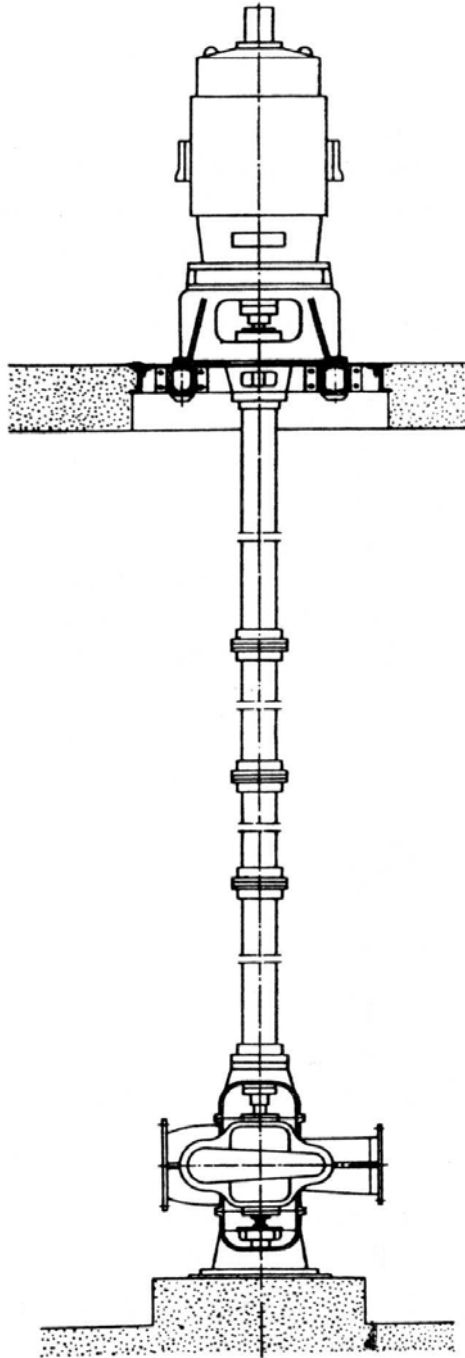
### **Κατακόρυφες μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες αντλίες**

Σε πολλές περιπτώσεις, είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί η αντλία κατακόρυφα αντί οριζόντια. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι κατακόρυφες αντλίες είναι: α) Καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια του δαπέδου, γιατί ο κινητήρας τοποθετείται πάνω από την αντλία, οπότε χρειάζονται μικρότερο χώρο στεγάσεως και β) αν η στάθμη του αντλούμενου υγρού είναι χαμηλά ή κυμαίνεται κατά τη διάρκεια της αντλήσεως, η αντλία μπορεί να τοποθετηθεί πιο κοντά στη στάθμη ώστε το ύψος αναρροφήσεως να μην υπερβεί το επιτρεπτό όριο .

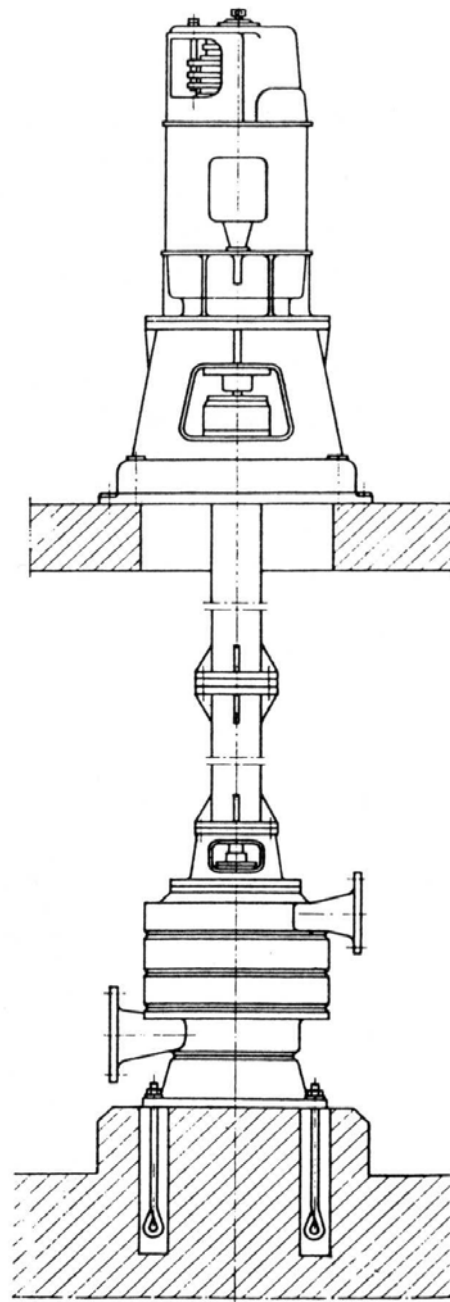
Τα μειονεκτήματα τους είναι η πολύπλοκη κατασκευή τους και το μεγαλύτερο κόστος τους. Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνονται τρεις τύποι κατακόρυφων αντλιών.



Σχήμα 22. Κατακόρυφη φυγόκεντρος αντλία απλής αναρρόφησης (WFR).



Σχήμα 23. Κατακόρυφη  
φυγόκεντρος αντλία διπλής  
αναρροφήσεως (WFR).



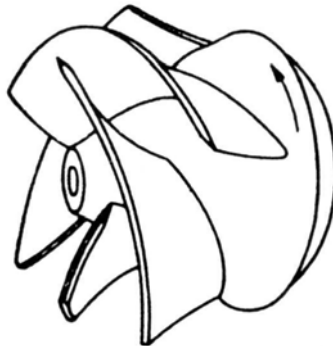
Σχήμα 24. Κατακόρυφη  
πολυβάθμια φυγόκεντρος αντλία  
με περωτές απλής  
αναρροφήσεως.

## 4. ΑΝΤΛΙΕΣ ΜΙΚΤΗΣ ΡΟΗΣ

Οι αντλίες μικτής ροής είναι ενδιάμεσος τύπος μεταξύ των φυγόκεντρων αντλιών και των αντλιών αξονικής ροής. Το υγρό εισέρχεται κατά μήκος του άξονα, ενώ η κίνηση του μέσα στην αντλία είναι ταυτόχρονα αξονική και ακτινική. Η έξοδος του υγρού μπορεί να είναι περιφερειακή (ελικοειδής αντλίες) ή αξονική (διαγώνιες αντλίες).

### 4.1 Ελικοειδής αντλίες

Οι ελικοειδής αντλίες δίνουν μεγάλο εύρος παροχών με σχετικά μικρό ολικό ύψος (μέχρι 20 m), δηλαδή έχουν μεγάλη ειδική ταχύτητα (80-150). Οι αντλίες αυτές διαφέρουν από τις φυγόκεντρες αντλίες στο ότι η πτερωτή τους είναι κατά κανόνα ανοικτού τύπου με πτερύγια «κεκαμμένα στο χώρο» (σχήμα 25).



Σχήμα 25. Πτερωτή αντλίας μικτής ροής

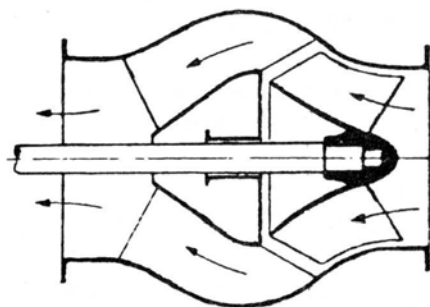
### 4.2 Διαγώνιες αντλίες

Οι διαγώνιες αντλίες χρησιμοποιούνται για μεγάλες παροχές (από 20 m<sup>3</sup>/h μέχρι τις μεγαλύτερες παροχές που μπορούν να δώσουν οι φυγόκεντρες αντλίες), και μανομετρικό ύψος μέχρι 40 m ή και περισσότερο. Οι αντλίες αυτές έχουν, όπως και οι προηγούμενες μεγάλη ειδική ταχύτητα (80-160).

Στις διαγώνιες αντλίες το περίβλημα είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε το υγρό να εισέρχεται αξονικώς, να κινείται διαγωνίως και με τη βοήθεια πτερυγίων διαχύσεως να εξέρχεται αξονικώς (σχήμα 26).

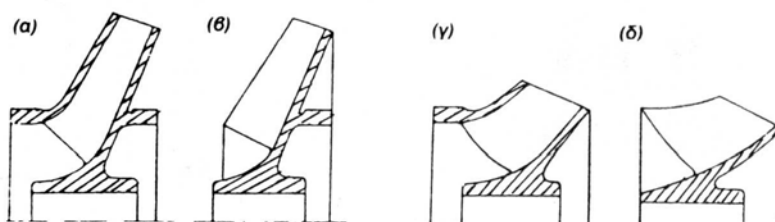
Διαγώνιες αντλίες μικτής ροής κατασκευάζονται ως μονοβάθμιες ή πολυβάθμιες. Ο άξονας των διαγωνίων αντλιών μπορεί να είναι κατακόρυφος, οριζόντιος ή με κλίση ως προς την κατακόρυφο . Ο τελευταίος τύπος χρησιμοποιείται για πολύ μεγάλες παροχές με μικρό ύψος ανυψώσεως του υγρού.

Η έξοδος του υγρού συνήθως είναι υπό γωνία ως προς τον άξονα περιστροφής της πτερωτής, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις (όταν ή ειδική ταχύτητα είναι μικρή) όπου η έξοδος του υγρού είναι κάθετη προς τον άξονα περιστροφής .



Σχήμα 26. Περίβλημα διαγώνιας αντλίας μικτής ροής.

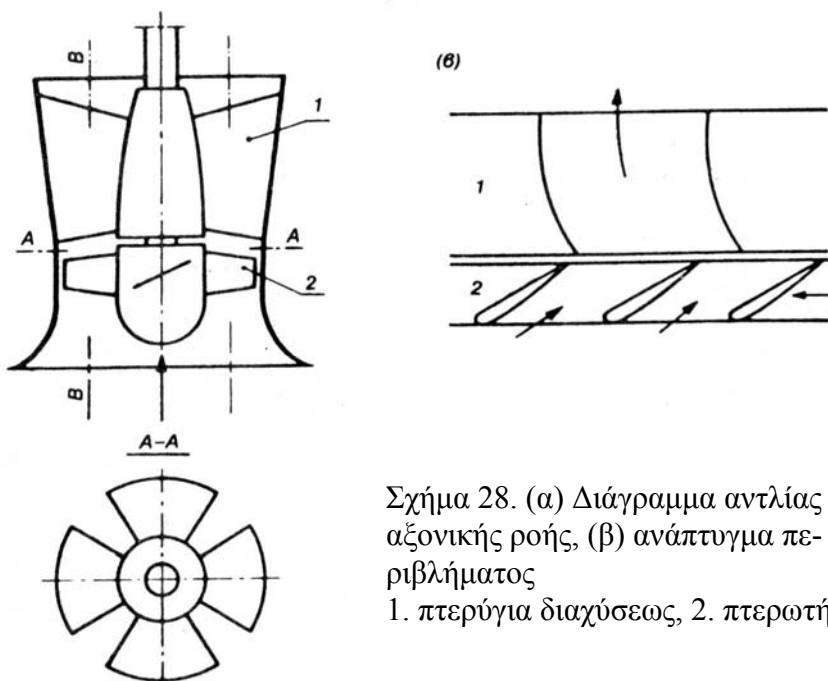
Η πτερωτή των διαγωνίων αντλιών μπορεί να είναι κλειστού ή ανοικτού τύπου. Τα πτερύγια είναι απλής καμπυλότητας στις αντλίες που χρησιμοποιούνται για μικρές παροχές, ενώ για μεγάλες παροχές είναι «κεκαμμένα στο χώρο». Στο σχήμα 27 φαίνονται διάφορα προφίλ πτερωτών που χρησιμοποιούνται στις διαγώνιες αντλίες. Τα πτερύγια (α) και (β) είναι για μικρές παροχές (κλειστού και ανοικτού τύπου), ενώ τα (γ) και (δ) είναι για μεγάλες παροχές (κλειστού και ανοικτού τύπου).



Σχήμα 27. Προφίλ περωτών διαγωνίων αντλιών

## 5. ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

Στις αντλίες αξονικής ροής η διάμετρος εισόδου είναι ίση με τη διάμετρο εξόδου και το υγρό κινείται κατά μήκος του άξονα περιστροφής της περωτής. Οι αντλίες αυτές ονομάζονται και ελικοφόρες γιατί η περωτή τους μοιάζει με την έλικα του πλοίου, αλλά με αντίστροφη δράση.



Σχήμα 28. (α) Διάγραμμα αντλίας αξονικής ροής, (β) ανάπτυγμα περιβλήματος  
1. περύγια διαχύσεως, 2. περωτή

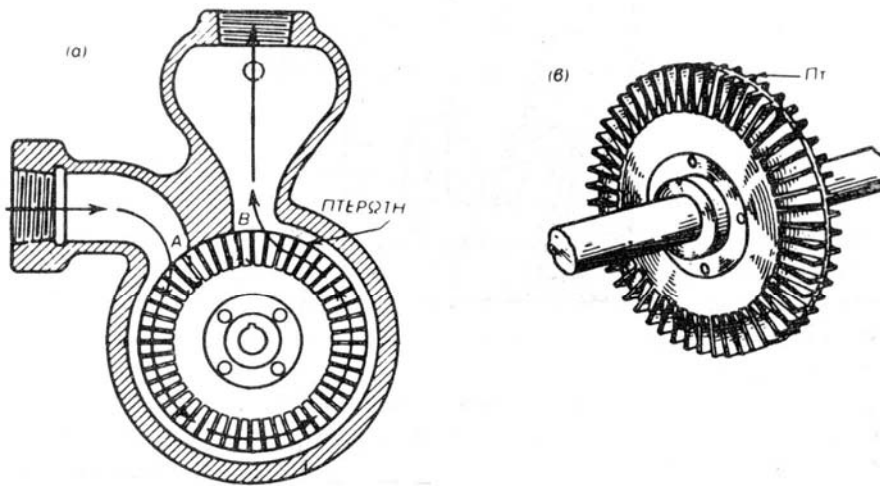


Χρησιμοποιούνται για μεγάλο εύρος παροχών , από 15 l/sec, με μικρό ολικό ύψος (μέχρι 20 m ανά βαθμίδα) , επομένως χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλες ειδικές ταχύτητες (130 - 300). Οι αντλίες αξονικής ροής έχουν πολύ περιορισμένη αναρροφητική ικανότητα και το μανομετρικό τους ύψος μεταβάλλεται πολύ όταν μεταβάλλεται η παροχή . Για το λόγο αυτό εργάζονται αντιοικονομικά όταν χρησιμοποιούνται για παροχές που διαφέρουν αρκετά από την κανονική παροχή.

## 6. ΣΤΡΟΒΙΛΑΝΤΛΙΕΣ

Οι στροβιλαντλίες (turbine pumps ή regenerative pumps) χρησιμοποιούνται μόνο για την άντληση καθαρών υγρών και από άποψη χαρακτηριστικών λειτουργίας βρίσκονται μεταξύ των φυγοκέντρων αντλιών (ελαστική λειτουργία) και των περιστροφικών αντλιών. Έχουν μικρή παροχή (από 0,05 μέχρι 12 l/sec) αλλά δίνουν μεγάλο ολικό ύψος (μέχρι 170 m). Συγκρίνοντας μια στροβιλαντλία (που εργάζεται μέσα στα όρια παροχών για τα οποία έχει κατασκευαστεί) και μία φυγόκεντρο με πτερωτή της ίδιας διαμέτρου, η στροβιλαντλία πλεονεκτεί στο ότι δίνει μεγαλύτερο ολικό ύψος , έχει καλύτερα χαρακτηριστικά αναρροφήσεως και μεγάλο βαθμό απόδοσης.

Οι αντλίες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την τροφοδότηση λεβήτων (boilers), την άντληση υγροποιημένων αερίων, σε υδραυλικά συστήματα (πιεστήρια, ανυψωτές) ακόμη και σε ορυχεία για την απομάκρυνση διαβρωτικών υγρών. Όταν χρησιμοποιούνται για την άντληση νερού, η παροχή τους μειώνεται κατά πολύ, αν το ύψος αναρροφήσεως υπερβεί τα 7 m. Επίσης το νερό δεν πρέπει να περιέχει λάσπη ή άμμο.

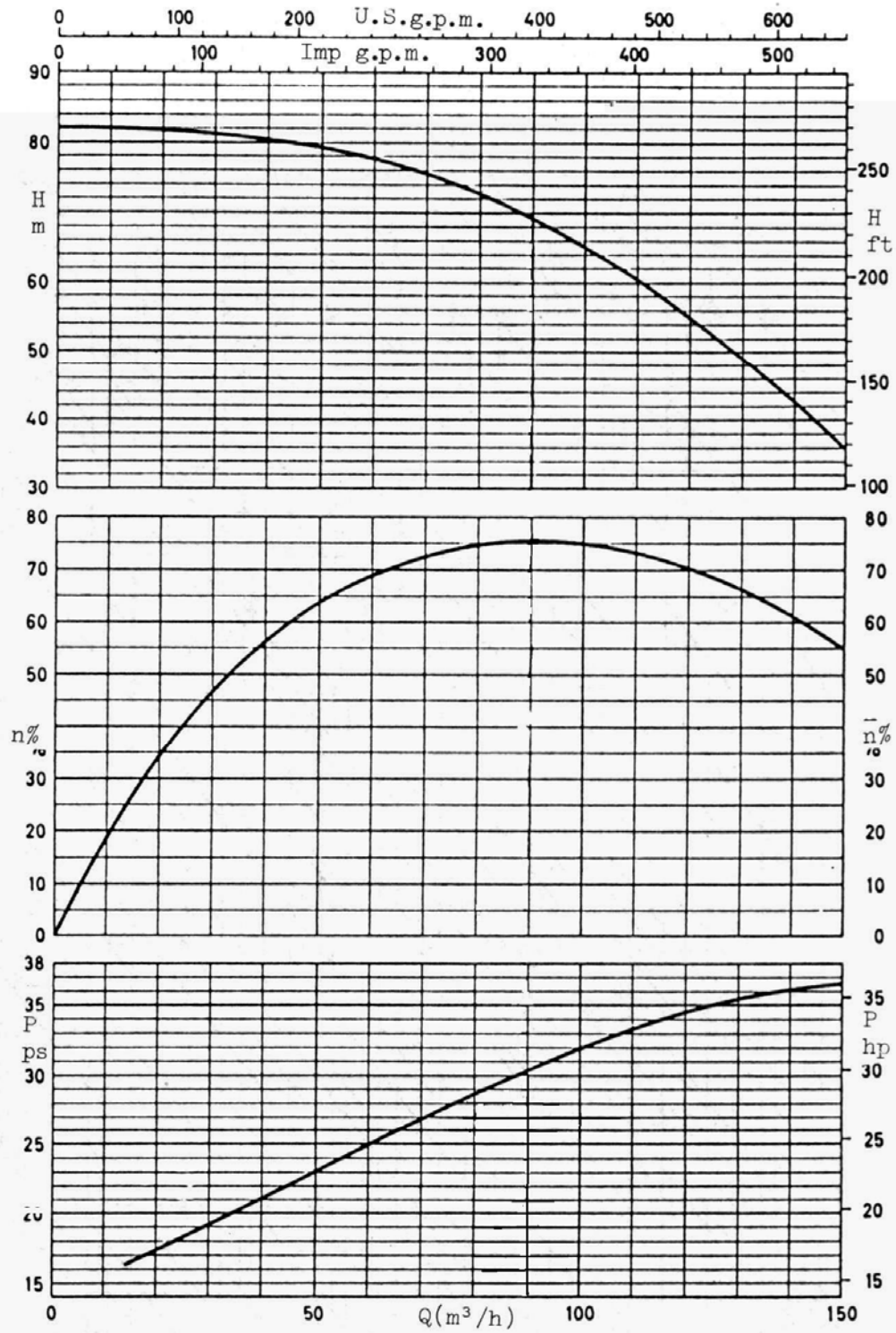


Σχήμα 29. Στροβιλαντλία  
(α) τομή, (β) πτερωτή, Πτ. πτερύγια

## 7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

### 7.1 Χαρακτηριστικές καμπύλες

Μια φυγόκεντρος αντλία που λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα παρέχει στην έξοδό της μια μεταβλητή ποσότητα η οποία μειώνεται καθώς το ύψος αυξάνεται, ενώ η κατανάλωση ισχύος μεταβάλλεται επίσης μέσα σε ορισμένα όρια. Συνεπώς η φυγόκεντρική αντλία έχει τη ιδιότητα να είναι αυτορυθμιζόμενη. Η ιδιότητα αυτή δείχνεται στην καμπύλη  $H=f(Q)$  (γνωστή και ως χαρακτηριστική καμπύλη ή καμπύλη στραγγαλισμού), που είναι η καμπύλη του ύψους συναρτήσει της παροχής για δοσμένη ταχύτητα. Άλλες καμπύλες σχεδιάζονται για να δείξουν την σχέση μεταξύ της παροχής, της καταναλισκόμενης ισχύος και της απόδοσης.



Σχήμα 30. Καμπύλες Q-H, Q- $n\%$  και Q-κατανάλωση ισχύος, για φυγοκεντρική αντλία που λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα.

Η καμπύλη της καταναλισκόμενης ισχύος  $P_s$  παραμένει μεταξύ ενός μεγίστου και ενός ελάχιστου ορίου. Αυξάνεται με την αύξηση της παροχής  $Q$  όταν η αντλία έχει μικρή ειδική ταχύτητα, είναι σχεδόν οριζόντια για αντλίες με υψηλότερη ειδική ταχύτητα και πέφτει όταν η ειδική ταχύτητα γίνεται πολύ υψηλή. Η μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς που ενδεχόμενα να υπάρξει, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αποφασίζεται το μέγεθος της κινητήριας μηχανής.

Η καμπύλη του βαθμού απόδοσης η ανέρχεται από το μηδέν σ' ένα μέγιστο που είναι το σημείο κανονικής λειτουργίας της αντλίας. Μετά το σημείο αυτό η καμπύλη κατέρχεται ομαλά όταν η ειδική ταχύτητα είναι μικρή και απότομα όταν η ειδική ταχύτητα είναι μεγάλη.

## 8. ΣΠΗΛΑΙΩΣΗ

Κατά την άντληση ενός υγρού, είναι δυνατό (υπό ορισμένες προϋποθέσεις) να σχηματιστούν φυσαλίδες ατμών μέσα στη μάζα του με δυσμενή επίδραση στη λειτουργία της αντλίας. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως σπηλαιώση (cavitation).

Από τη θερμοδυναμική γνωρίζουμε (Μάζης, 1968) ότι όταν σε ένα υγρό η εξωτερική πίεση γίνει ίση με την «τάση των κεκορεσμένων ατμών (μέγιστη τάση)», το υγρό εξαερώνεται σε όλη τη μάζα του με μεγάλη ταχύτητα (βρασμός). Η τιμή της «μέγιστης τάσεως» των υδρατμών σε mmHg για θερμοκρασίες  $0 < t < 100$  °C υπολογίζεται (Ακριτίδης, 1979) από τις εξισώσεις :

$$P = 4,58 (1,07424 - 0,000247 t)$$

για  $t < 50$

$$P = 149,38 (1,055895 - 0,000145 t)$$

για  $t > 50$

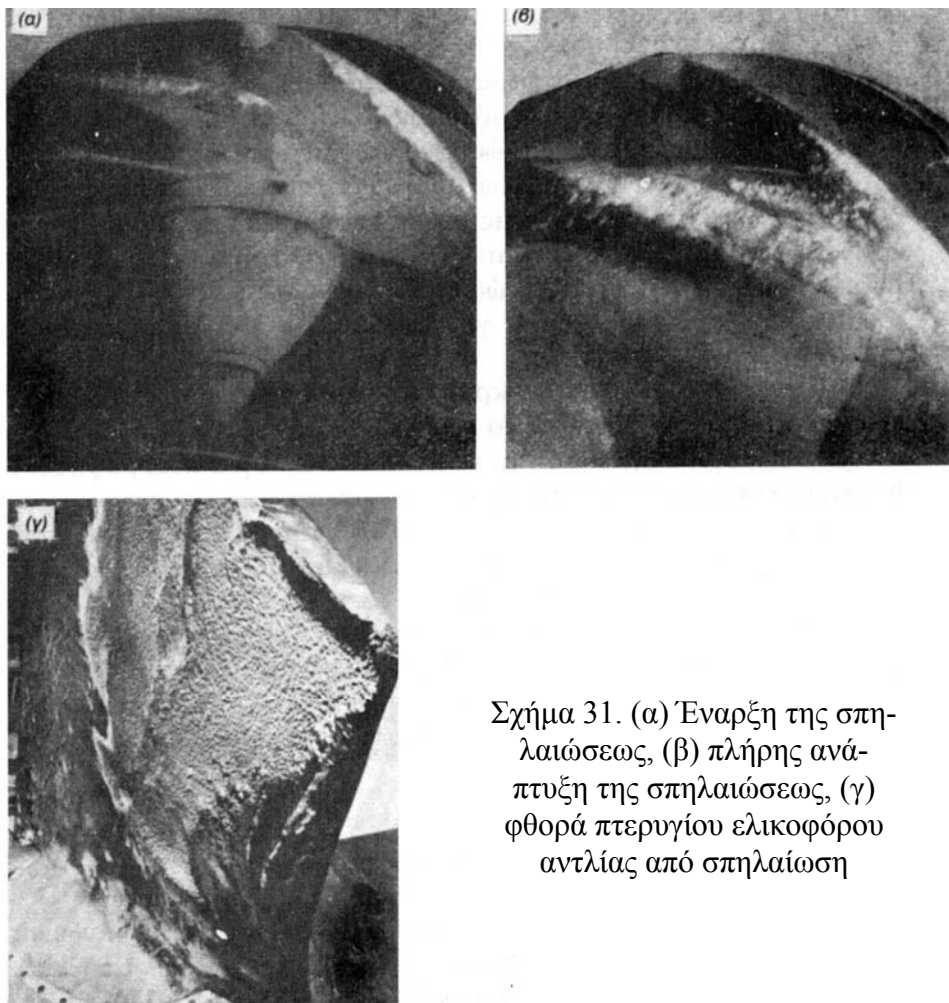
Επίσης σύμφωνα με την εξίσωση Bernoulli αν για οποιοδήποτε λόγο αυξηθεί η ταχύτητα ροής του υγρού, θα έχουμε αντίστοιχη μείωση της πίεσεως. Επομένως αν σε ένα σημείο μέσα στην αντλία, αυξηθεί η ταχύτητα κινήσεως του υγρού τόσο ώστε η πίεση να γίνει ίση με τη «μέγιστη τάση» των ατμών θα σχηματιστούν μέσα στη μάζα του υγρού φυσαλίδες ατμών (σπηλαιώση ) (σχήμα 31α,β). Όταν οι φυσαλίδες μεταφερθούν σε περιοχή όπου η ταχύτητα ροής είναι μικρότερη (υψηλότερη πίεση ) συμπυκνώνονται με μεγάλη ταχύτητα (σε χρόνο μικρότερο από 0,003 sec) και το υγρό προσκρούει στις μεταλλικές επιφάνειες της αντλίας. Οι κρούσεις αυτές διαδέχονται η μία την άλλη με μεγάλη συχνότητα προκαλώντας μικρές κοιλότητες στα μέταλλα της αντλίας με αποτέλεσμα τη μείωση του βαθμού αποδόσεως και ακόμα την καταστροφή της.

Από πειραματικές μετρήσεις (Morgan) έχει αποδειχτεί ότι η σπηλαιώση αρχίζει να εμφανίζεται όταν η στατική πίεση είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση των ατμών. Η διαφορά της τάσεως των ατμών και της πίεσεως του υγρού για να αρχίσει η σπηλαιώση εξαρτάται από τη φύση του υγρού.

Έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες για το πως η σπηλαιώση δημιουργεί τις κοιλότητες στις μεταλλικές επιφάνειες. Η επικρατέστερη είναι η θεωρία της μηχανικής δράσεως της σπηλαιώσεως (Poulter, 1949), που επιβεβαιώνεται και από πειραματικές μετρήσεις. Οι μεταλλικές επιφάνειες στις οποίες προσκρούει το υγρό, υπόκεινται σε κραδασμούς, ενώ η πίεση που εξασκείται σ ' αυτές αυξομειώνεται με μεγάλη ταχύτητα. Οι πιέσεις δε δρουν μόνο στο όπου εκδηλώνεται η σπηλαιώση αλλά εκτείνονται σε μεγαλύτερη επιφάνεια. Οι δυνάμεις που δημιουργούνται από την αυξομείωση της πίεσεως, ωθούν μέρος του υγρού στους πόρους του μετάλλου, ενώ το υγρό που βρίσκεται στους πόρους απομακρύνεται με μεγάλη ταχύτητα. Οι εναλλαγές αυτές διευρύνουν τους πόρους του μετάλλου, καταστρέφουν τη συνοχή του και αποσπούν μέρος του υλικού (σχήμα 31γ). Διαβρώσεις από τη σπηλαιώση έχουν

παρατηρηθεί σε όλα τα είδη των στερεών σωμάτων, μεταλλικών ή μη μεταλλικών, χημικώς ενεργών ή χημικώς αδρανών (Knapp et al, 1970).

Το φαινόμενο της σπηλαιώσης εκτός από την καταστροφή των μετάλλων επηρεάζει και τη λειτουργία της αντλίας. Είναι φανερό ότι οι διαδοχικές αυξομειώσεις της πίεσεως του υγρού προκαλούν κραδασμούς, πού μεταφέρονται σε όλα τα εξαρτήματα της αντλίας ακόμη και στη βάση στηρίξεώς της.



Σχήμα 31. (α) Έναρξη της σπηλαιώσεως, (β) πλήρης ανάπτυξη της σπηλαιώσεως, (γ) φθορά πτερυγίου ελικοφόρου αντλίας από σπηλαιώση

Γενικώς οι προϋποθέσεις για την εμφάνιση της σπηλαιώσεως είναι οι εξής:

α) Η μικρή πίεση σε σύγκριση με τη μέγιστη τάση των ατμών του υγρού που αντλείται. Αυτό συμβαίνει όταν το ύψος αναρροφήσεως είναι μεγάλο ή το στόμιο εισόδου στο σωλήνα αναρροφήσεως βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια του υγρού.

β) Όταν η παροχή είναι μεγαλύτερη από την κανονική η σπηλαιώση εμφανίζεται ευκολότερα γιατί αυξάνεται η ταχύτητα ροής με αντίστοιχη πτώση της πίεσεως.

γ) Από κινηματική άποψη το σχήμα των γραμμών ροής επηρεάζει την εμφάνιση της σπηλαιώσεως. Απότομη αλλαγή της διεύθυνσεως ροής, απότομη διεύρυνση των δίοδων ροής μέσα στην αντλία ή κακές συνθήκες εισόδου του υγρού στην πτερωτή είναι δυνατό να προκαλέσουν σπηλαιώση.

## **9. ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

Οι δυναμικές αντλίες συνήθως εργάζονται με μεγάλο αριθμό στροφών, γι ' αυτό είναι δυνατή η απευθείας σύζευξή τους με ταχύστροφους κινητήρες. Σε άλλες περιπτώσεις όμως η μετάδοση της κινήσεως γίνεται με ιμάντες τραπεζοειδούς διατομής και σπανιότερα με επίπεδους ιμάντες (όταν ο απαιτούμενος αριθμός στροφών είναι μικρός και η απόσταση μεταξύ του κινητήρα και της αντλίας είναι μεγάλη).

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κίνηση των δυναμικών αντλιών είναι : α) οι ηλεκτροκινητήρες, β) οι μηχανές εσωτερικής καύσεως και γ) οι αεριοστρόβιλοι.

Για την εκλογή του κατάλληλου κινητήρα πρέπει να ληφθούν υπόψη α) τα χαρακτηριστικά αριθμού στροφών - ροπής της αντλίας και του κινητήρα, β) το μέγεθος του

κινητήρα, γ) το κόστος αγοράς και λειτουργίας του κινητήρα και δ) οι ειδικές συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα.



### **III**

#### **Αντλίες**

#### **Θετικής μετατοπίσεως**

#### **ή στατικού τύπου**

# 1. ΓΕΝΙΚΑ

Οι αντλίες της κατηγορίας αυτής ονομάζονται θετικής μετατοπίσεως (Positive Displacement Pumps) γιατί κατά τη λειτουργία τους το αντλητικό στοιχείο παραλαμβάνει μία ποσότητα υγρού και τη μετατοπίζει προς το σωλήνα καταθλίψεως αυξάνοντας τη στατική πίεση του υγρού. Διαφέρουν από τις φυγόκεντρες αντλίες στο ότι για την αύξηση της στατικής πίεσεως του υγρού δεν μεταβάλλουν την κινητική του ενέργεια (αντλίες στατικού τύπου) και η παροχή τους είναι ανεξάρτητη από την υδραυλική αντίσταση των αγωγών μεταφοράς του υγρού.

Οι αντλίες θετικής μετατοπίσεως δίνουν μεγάλες πιέσεις ενώ κατά κανόνα περιστρέφονται με μικρό αριθμό στροφών, γι' αυτό έχουν μεγάλο όγκο σε σύγκριση με τις δυναμικές αντλίες με τα ίδια χαρακτηριστικά. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών θετικής μετατοπίσεως, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη χημική βιομηχανία, την παροχέτευση πετρελαίων ή παχύρρευστων υγρών (λάδια), την τροφοδότηση λεβήτων κ.λ.π. Στη γεωργία χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για άντληση νερού (κυρίως ως χειροκίνητες) ενώ βρίσκουν εφαρμογή στους ψεκαστήρες γιατί εργάζονται ικανοποιητικά σε υψηλές πιέσεις και μικρές παροχές.

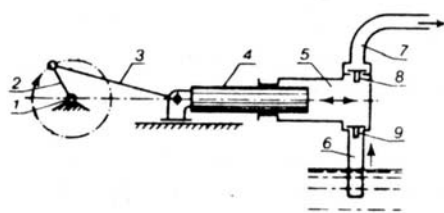
## 1.1 Κατάταξη των αντλιών θετικής μετατοπίσεως

Οι αντλίες θετικής μετατοπίσεως διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1) *Παλινδρομικές αντλίες* (Reciprocating Pumps). Το αντλητικό στοιχείο των αντλιών αυτών εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση μέσα σε ένα θάλαμο κυλινδρικού ή άλλου σχήματος. Το κινούμενο στοιχείο μπορεί να είναι έμβολο, διάφραγμα ή άλλου σχήματος (συνήθως κυλινδρικό). Η κίνηση στο κινούμενο στοιχείο δίνεται από εξωτερική πηγή με στροφαλοφόρο άξονα και διωστήρα ή με έκκεντρο. Υπάρχουν

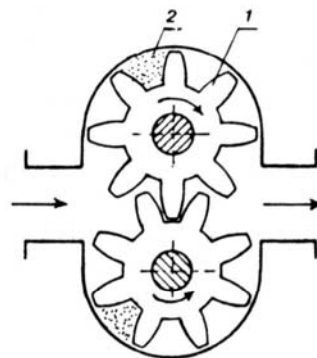
πάντοτε βαλβίδες για τη ρύθμιση της ροής από το σωλήνα αναρροφήσεως προς το θάλαμο και από το θάλαμο προς το σωλήνα καταθλίψεως (σχήμα 32).

2) *Περιστροφικές αντλίες (Rotary Pumps)*. Το αντλητικό στοιχείο των αντλιών αυτών εκτελεί περιστροφική κίνηση με σταθερή γωνιακή ταχύτητα και αποτελείται από ένα ή περισσότερα κινούμενα στοιχεία που βρίσκονται συνεχώς σε επαφή μεταξύ τους ή με το θάλαμο μέσα στον οποίο περιστρέφονται. Με τον τρόπο αυτό απομονώνουν μία ποσότητα υγρού και την ωθούν προς το σωλήνα καταθλίψεως. Οι αντλίες αυτές δεν έχουν βαλβίδες και η ροή του υγρού είναι σχεδόν σταθερή (σχήμα 33).



Σχήμα 32. Διάγραμμα τυπικής εμβολοφόρου αντλίας.

1. άξονας του κινητήρα, 2. στρόφαλο τμήμα, 3. διωστήρας, 4. κινούμενο στοιχείο (έμβολο), 5. θάλαμος, 6. σωλήνας αναρροφήσεως, 7. σωλήνας καταθλίψεως, 8. βαλβίδα καταθλίψεως, 9. βαλβίδα αναρροφήσεως



Σχήμα 33. Διάγραμμα περιστροφικής αντλίας. 1. κινούμενο στοιχείο (γρανάζι), 2. ποσότητα υγρού που μετατοπίζεται στο σωλήνα καταθλίψεως

## 2. ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

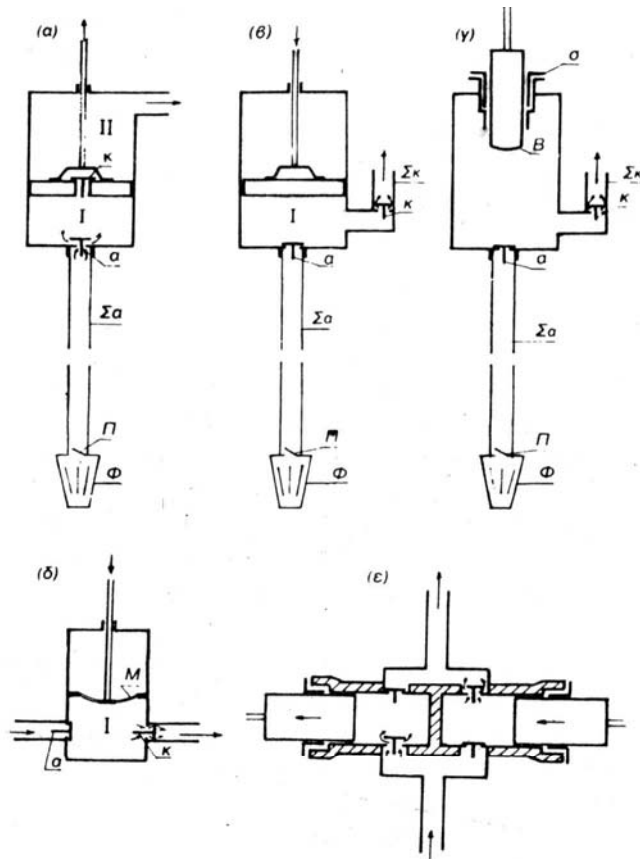
Για την κίνηση των παλινδρομικών αντλιών, στις παλαιότερες κατασκευές, το κινούμενο στοιχείο της αντλίας συνδεόταν απευθείας με το έμβολο μιας ατμομηχανής (direct acting pumps). Οι αντλίες αυτές είχαν καλά χαρακτηριστικά λειτουργίας με μεγάλο βαθμό αποδόσεως για μεγάλο εύρος παροχών. Στις νεώτερες κατασκευές ως κινητήριες μηχανές χρησιμοποιούνται οι μηχανές εσωτερικής καύσεως ή οι ηλεκτροκινητήρες (power driven pumps) που η περιστροφική τους κίνηση μετατρέπεται σε παλινδρομική με στροφαλοφόρο άξονα ή έκκεντρο. Οι κατασκευές αυτές είναι πιο εύχρηστες, χρειάζονται λιγότερη συντήρηση και έχουν καλά χαρακτηριστικά λειτουργίας. Δίνουν σταθερή παροχή σε μεγάλο εύρος μεταβολής του μανομετρικού ύψους και χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά πιεστήρια, για την άντληση πετρελαίου, στους ψεκαστήρες κ.α.

## **2.1 Τύποι παλινδρομικών αντλιών**

Οι παλινδρομικές αντλίες διακρίνονται σε απλής ενεργείας και διπλής ενεργείας.

### **2.1.1 Αντλίες απλής ενεργείας**

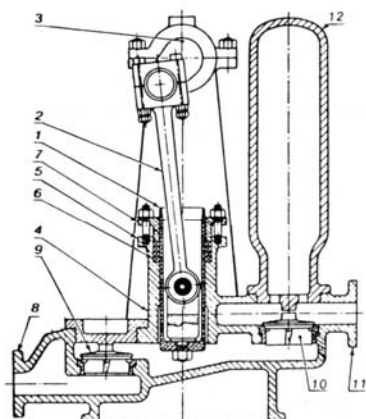
α) *Εμβολοφόρος αναρροφητική αντλία* (σχήμα 34α). Είναι η πιο απλή εμβολοφόρος αντλία. Χρησιμοποιείται για άντληση νερού από μικρό βάθος (7-8 m) ως χειροκίνητη αντλία (τουλούμπα). Όταν το έμβολο κατέρχεται κλείνει η βαλβίδα αναρροφήσεως α και ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως κ, οπότε το νερό του χώρου I ανέρχεται στο χώρο II. Κατά την άνοδο του εμβόλου κλείνει η βαλβίδα καταθλίψεως και μία ποσότητα νερού του χώρου II ωθείται προς την έξοδο του θαλάμου, ενώ νέα ποσότητα νερού ανέρχεται μέσα από τη βαλβίδα αναρροφήσεως για να καταλάβει το κενό που δημιουργείται στο χώρο I.



Σχήμα 34. Τύποι παλινδρομικών αντλιών απλής ενεργείας.  
 (α) αναρροφητική, (β) καταθλιπτική, (γ) με βυθιζόμενο έμβολο, (δ) με διάφραγμα, (ε) δικύλινδρη αντλία  
 α. βαλβίδα αναρροφήσεως, κ. βαλβίδα καταθλίψεως, Σα. Σωλήνας αναρροφήσεως, Π. ποδοβαλβίδα, Φ. φίλτρο, σ. στυπιοθάλαμος, Β. βυθιζόμενο έμβολο, Μ. διάφραγμα

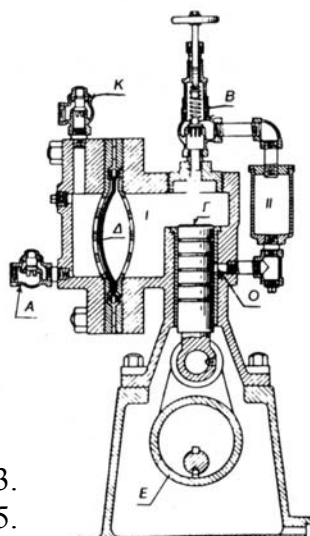
β) *Εμβολοφόρος καταθλιπτική αντλία* (σχήμα 34β). Η βαλβίδα καταθλίψεως δεν είναι τοποθετημένη στο έμβολο αλλά στο σωλήνα καταθλίψεως . Κατά την άνοδο του εμβόλου αναρροφάται το υγρό και καταλαμβάνει το χώρο I . Κατά την κάθοδο του εμβόλου αυξάνεται η πίεση στο χώρο I, ανοίγει η βαλβίδα καταθλίψεως κ και το υγρό ωθείται προς το σωλήνα καταθλίψεως.

γ) *Αντλίες με βυθιζόμενο έμβολο* (σχήμα 34γ). Η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια με τις εμβολοφόρους καταθλιπτικές αντλίες με τη διαφορά ότι για την αύξηση της πίεσεως του υγρού το έμβολο Β βυθίζεται στο θάλαμο Ι που έχει πάντοτε μεγαλύτερη διάμετρο από το έμβολο. Ο όγκος του υγρού που παροχετεύεται σε κάθε παλινδρόμηση είναι ίσος με τον όγκο του εμβόλου που βυθίζεται. Ο στυπιοθλίπτης σ εξασφαλίζει τη στεγανότητα μεταξύ εμβόλου και θαλάμου.



Σχήμα 35. Τυπική παλινδρομική αντλία.

1. κινούμενο στοιχείο, 2. διωστήρας, 3. στροφαλοφόρος άξονας, 4. κύλινδρος, 5. στυπιοθάλαμος, 6. σαλαμάστρα, 7. στυπιοθλίπτης, 8. αναρρόφηση, 9. βαλβίδα αναρροφήσεως, 10. βαλβίδα καταθλίψεως, 11. κατάθλιψη, 12. αεροθάλαμος



Σχήμα 36. Αντλία διαφράγματος για μεγάλες πιέσεις.

δ) *Αντλίες με διάφραγμα* (σχήμα 34δ). Το κινούμενο στοιχείο των αντλιών αυτών είναι ένα διάφραγμα Μ (από ειδικό ελαστικό ή δέρμα) στερεωμένο περιφερειακά ενώ το κέντρο του συνδέεται με τον άξονα που κινείται παλινδρομικά. Καθώς το διάφραγμα ανεβοκατεβαίνει το υγρό αναρροφάται από τη βαλβίδα αναρροφήσεως στο χώρο Ι και καταθλίβεται στο σωλήνα καταθλίψεως.

ε) *Πολυκύλινδρες παλινδρομικές αντλίες* (σχήμα 34ε).

Τα έμβολα των αντλιών αυτών μπορεί να είναι τοποθετημένα σε μια σειρά, ανά ζεύγη ή σε αστεροειδή διάταξη . Παίρνουν κίνηση από κοινό στροφαλοφόρο άξονα ή από ένα ή περισσότερα έκκεντρα. Συνήθως κάθε κύλινδρος έχει χωριστές βαλβίδες αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Η παροχή της αντλίας είναι το άθροισμα των παροχών όλων των κυλίνδρων.

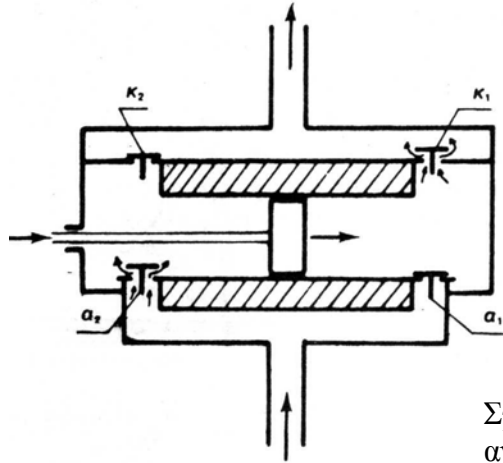
Σε πολλές εμβολοφόρες αντλίες τοποθετείται στο σωλήνα καταθλίψεως ένας αεροθάλαμος με τη βοήθεια του οποίου η ροή γίνεται πιο ομαλή και η λειτουργία της αντλίας πιο αθόρυβη.

Στο σχήμα 35 φαίνεται το διάγραμμα μιας τυπικής μονοκύλινδρης παλινδρομικής αντλίας απλής ενεργείας . Το κινούμενο στοιχείο μπορεί να είναι έμβολο, βυθιζόμενο κυλινδρικό έμβολο ή διάφραγμα.

Η αντλία του σχήματος 36 είναι ένας συνδυασμός εμβολοφόρου και διαφράγματος (piston - diaphragm pump) για μεγάλες πιέσεις.

### **2.1.2 Αντλίες διπλής ενεργείας**

Οι αντλίες αυτού του τύπου ονομάζονται διπλής ενεργείας γιατί το έμβολο παροχετεύει υγρό και κατά τις δύο φορές κινήσεώς του. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν δύο βαλβίδες αναρροφήσεως  $\alpha_1, \alpha_2$  και δύο βαλβίδες καταθλίψεως  $\kappa_1, \kappa_2$  (σχήμα 37). Όταν το έμβολο κινείται προς τα δεξιά το υγρό παροχετεύεται από τη βαλβίδα  $\kappa_1$  και συγχρόνως αναρροφάται από τη βαλβίδα  $\alpha_2$ . Όταν κινείται προς τα αριστερά η παροχέτευση γίνεται από τη βαλβίδα  $\kappa_2$  και η αναρρόφηση από τη βαλβίδα  $\alpha_1$ .



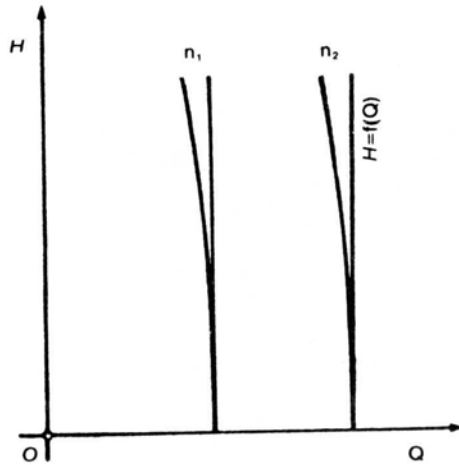
Σχήμα 37. Παλινδρομική αντλία διπλής ενέργειας

Με τις αντλίες διπλής ενεργείας επιτυγχάνεται πιο ομοιόμορφη ροή (έχουν το ίδιο αποτέλεσμα με τις δικύλινδρες αντλίες), δίνουν μεγαλύτερη παροχή ενώ μειώνονται οι δυνάμεις αδρανεΐας και ο κίνδυνος υδραυλικού πλήγματος.

## 2.2 Χαρακτηριστικές καμπύλες των παλινδρομικών αντλιών

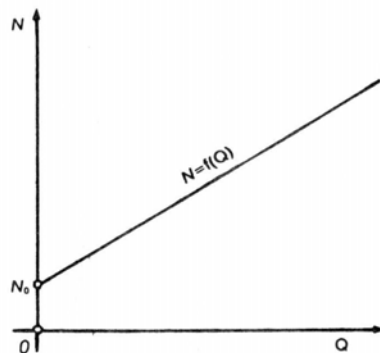
α) *Χαρακτηριστικές ύψους - παροχής.* Οι θεωρητικές καμπύλες ύψους παροχής των παλινδρομικών αντλιών είναι κάθετες στον άξονα της παροχής και κάθε ευθεία αντιστοιχεί σε ορισμένο αριθμό στροφών. Επειδή όμως υπάρχει πάντοτε διαρροή η οποία τείνει να αυξηθεί με αύξηση της πίεσεως, στην πράξη, οι χαρακτηριστικές καμπύλες αποκλίνουν από την ευθεία όπως φαίνεται στο σχήμα 38. Το μέγιστο ύψος πίεσεως, το οποίο αναπτύσσει η αντλία εξαρτάται από την ισχύ του κινητήρα και την ανθεκτικότητα των τμημάτων της αντλίας στις πιεστικές τάσεις.





Σχήμα 38. Χαρακτηριστική καμπύλη ύψους – παροχής παλινδρομικής αντλίας σε διάφορες ταχύτητες λειτουργίας

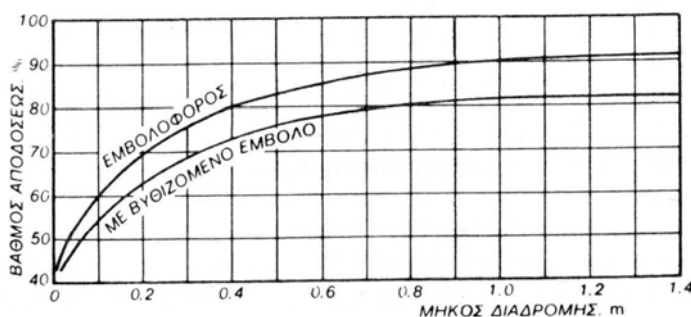
β) *Χαρακτηριστικές ισχύος - παροχής.* Επειδή το ύψος φορτίου  $H$  είναι ανεξάρτητο από την παροχή  $Q$ , η σχέση μεταξύ της ισχύος  $N = \gamma Q H$  και της παροχής εκφράζεται από την ευθεία  $N = f(Q)$  (σχήμα 39). Η κλίση της ευθείας εξαρτάται από το ειδικό βάρος του υγρού  $\gamma$  και από το ύψος του φορτίου. Η ισχύς  $N_0$  είναι αυτή που δαπανάται για την υπερνίκηση των μηχανικών τριβών και των αναπόφευκτων διαρροών.



Σχήμα 39. Χαρακτηριστική καμπύλη ισχύος – παροχής παλινδρομικής αντλίας.

γ) Χαρακτηριστικές βαθμού αποδόσεως - παροχής. Ο βαθμός αποδόσεως των παλινδρομικών αντλιών προσδιορίζεται μόνο με απευθείας μετρήσεις και εξαρτάται από τον τύπο της αντλίας. Με την αύξηση του φορτίου ο βαθμός αποδόσεως αυξάνεται απότομα και στη συνέχεια μένει πρακτικώς σταθερός.

Οι ίδιες μεταβολές ισχύουν και στην περίπτωση που το φορτίο μένει σταθερό αλλά μεταβάλλεται η παροχή. Στο σχήμα 40 φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες βαθμού αποδόσεως - παροχής δύο τύπων παλινδρομικών αντλιών.



Σχήμα 40. Χαρακτηριστικές καμπύλες βαθμού αποδόσεως – παροχής παλινδρομικών αντλιών.

Η παροχή εκφράζεται με το μήκος διαδρομής του κινούμενου στοιχείου (έμβολο ή βυθιζόμενο έμβολο). Από τις καμπύλες αυτές φαίνεται ότι στις παλινδρομικές αντλίες δεν υπάρχει μέγιστο σημείο του βαθμού αποδόσεως όπως στις δυναμικές αντλίες. Για το λόγο αυτό οι παλινδρομικές αντλίες εργάζονται σε μεγάλο εύρος υψών φορτίου χωρίς να μεταβάλλεται σημαντικά ο βαθμός αποδόσεως τους.

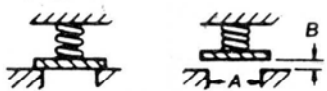


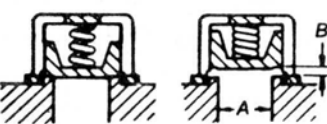

## 2.3 Βαλβίδες

Υπάρχουν διάφοροι τύποι βαλβίδων, που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες αντλήσεως στις διάφορες παλινδρομικές αντλίες. Τα εξαρτήματα μιας βαλβίδας είναι

η έδρα, ο δίσκος, το ελατήριο και ο οδηγός. Το ελατήριο πιέζει το δίσκο στην έδρα για το κλείσιμο της βαλβίδας. Η έδρα αποτελεί το άκρο του σωλήνα αναρροφήσεως ή καταθλίψεως και στις περισσότερες περιπτώσεις είναι χωριστό τμήμα για να αντικατασταθεί όταν φθαρεί. Σε ορισμένες αντλίες το μέγεθος της βαλβίδας αναρροφήσεως και καταθλίψεως είναι το ίδιο, ενώ σε άλλες μπορεί να είναι μεγαλύτερη η βαλβίδα καταθλίψεως ή η βαλβίδα αναρροφήσεως. Η τελευταία περίπτωση συνιστάται όταν υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης της σπηλαιώσεως. Στον πίνακα 1 φαίνονται διάφοροι τύποι βαλβίδων και οι εφαρμογές τους.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τύποι βαλβίδων και οι χρήσεις τους (Ingersol-Rand Co)

ΤΥΠΟΣ	ΠΙΕΣΗ	ΧΡΗΣΗ
<p>A=ΔΙΑΤΟΜΗ ΕΔΡΑΣ B=ΔΙΑΤΟΜΗ ΡΟΗΣ</p> 	340	ΚΑΘΑΡΑ ΥΓΡΑ
	680	ΚΑΘΑΡΑ ΥΓΡΑ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ
	2000	ΚΑΘΑΡΑ ΥΓΡΑ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ ΥΓΡΑ ΜΕ ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ
	400	ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ
	170	ΥΓΡΑ ΜΕ ΑΙΩΡΗΜΑΤΑ ΛΑΣΠΗ ΥΠΟΝΟΜΩΝ

## **3. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ**

### **3.1 Γενικά**

Οι περιστροφικές αντλίες είναι κατάλληλες για την άντληση όλων των υγρών και ιδιαίτερα για την άντληση υγρών με μεγάλο ιξώδες.

Από άποψη χαρακτηριστικών λειτουργίας βρίσκονται μεταξύ των φυγοκέντρων αντλιών και των αντλιών μετατοπίσεως. Έχουν ένα ή περισσότερα κινούμενα στοιχεία (σχήμα 41), που περιστρέφονται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα (όπως οι φυγόκεντρες αντλίες), οπότε δίνουν συνεχή ροή και εργάζονται με μεγάλο αριθμό στροφών (γι ' αυτό έχουν μικρό όγκο). Κατατάσσονται στις αντλίες θετικής μετατοπίσεως γιατί η πίεση καταθλίψεως δημιουργείται με ώθηση του υγρού και όχι με μεταβολή της κινητικής του ενέργειας.

Υπάρχουν πολλοί τύποι περιστροφικών αντλιών που διαφέρουν ως προς τη μορφή των κινούμενων στοιχείων και τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, αλλά έχουν όμοια χαρακτηριστικά λειτουργίας.

### **3.2 Χαρακτηριστικά λειτουργίας των περιστροφικών αντλιών**

Ο όρος χαρακτηριστικά λειτουργίας αναφέρεται στη συμπεριφορά των περιστροφικών αντλιών όταν εργάζονται κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες. Για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας μιας περιστροφικής αντλίας πρέπει να είναι γνωστά τα παρακάτω μεγέθη.

α) *Κανονική πίεση λειτουργίας*. Επειδή οι περιστροφικές αντλίες εργάζονται με υψηλές πιέσεις οι τριβείς καταπονούνται και φθείρονται μετά από ορισμένες ώρες λειτουργίας της αντλίας. Η διάρκεια ζωής των τριβέων είναι αντιστρόφως ανάλογη του κύβου του φορτίου. Επομένως η διάρκεια ζωής της αντλίας πρέπει να καθορίζεται για συνεχή εργασία με ορισμένο αριθμό στροφών και ορισμένη πίεση η οποία θεωρείται από τον κατασκευαστή ως η κανονική πίεση λειτουργίας. Αν η αντλία εργάζεται με πιέσεις μικρότερες της κανονικής θα αυξηθεί η διάρκεια ζωής της. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διάρκεια ζωής της αντλίας εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως το μέγεθος των διακένων, η φύση του υγρού που αντλείται, τα υλικά κατασκευής της κ.α.

β) *Κανονικός αριθμός στροφών*. Η διάρκεια ζωής των τριβέων εξαρτάται και από τον συνολικό αριθμό στροφών που θα εκτελέσουν. Επομένως όταν δίνεται ο κανονικός αριθμός στροφών μιας αντλίας πρέπει να δοθεί και η διάρκεια ζωής της αντλίας για ορισμένη πίεση λειτουργίας. Αν οι άλλες συνθήκες παραμένουν σταθερές η διάρκεια ζωής της αντλίας είναι αντιστρόφως ανάλογη του αριθμού στροφών της.

γ) *Θεωρητική παροχή*. Για τον υπολογισμό της θεωρητικής παροχής υπολογίζεται ή μετράται ο όγκος  $q$  που μετατοπίζεται σε μια περιστροφή του κινούμενου στοιχείου όταν η αντλία εργάζεται χωρίς φορτίο. Πρακτικώς όμως μικρή αύξηση της πίεσεως δεν μεταβάλλει αισθητά τον όγκο  $q$ .

Αν το  $q$  δίνεται σε lit/στροφή η θεωρητική παροχή μιας αντλίας που περιστρέφεται με  $n$  στροφές/min είναι :

$$Q_{\theta} = q n \quad (\text{lit/min}) \quad (12)$$

δ) *Πραγματική παροχή*. Είναι η παροχή που δίνει η αντλία όταν εργάζεται με ορισμένο αριθμό στροφών και ορισμένη πίεση.

ε) *Διαρροή*. Η διαρροή ( $Q_{\Delta}$ ) είναι η ποσότητα του υγρού, η οποία διαρρέει από την πλευρά της καταθλίψεως στην πλευρά της αναρροφήσεως στη μονάδα του χρόνου. Η

διαρροή εξαρτάται από το μέγεθος των διακένων μεταξύ του κινούμενου στοιχείου (και των εξαρτημάτων του) και του περιβλήματος, από τη διαφορά πίεσεως μεταξύ καταθλίψεως και αναρροφήσεως και από το ιξώδες του υγρού.

Για τον προσδιορισμό της διαρροής μετράται η πραγματική παροχή (Q) και αφαιρείται από την θεωρητική παροχή (Q<sub>θ</sub>).

$$Q_{\Delta} = Q_{\theta} - Q \text{ (lit/min)} \quad (13)$$

στ) *Θεωρητική ισχύς*. Είναι η ισχύς που απαιτείται για να αποδοθεί η θεωρητική παροχή σε lit/min υπό πίεση P at.

$$N_{\theta} = \frac{Q_{\theta} P}{450} \text{ HP} \quad (14)$$

Η εισερχόμενη ισχύς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη θεωρητική για την υπερνίκηση των μηχανικών και υδραυλικών απωλειών.

ζ) *Ογκομετρικός βαθμός αποδόσεως*. Είναι ο λόγος της πραγματικής παροχής προς τη θεωρητική παροχή.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{\theta}} = \frac{q n - Q_{\Delta}}{q n} \quad (15)$$

η) *Μηχανικός βαθμός αποδόσεως*. Είναι ο λόγος της θεωρητικής ισχύος προς την εισερχόμενη ισχύ στον άξονα της αντλίας :

$$\eta_m = \frac{N_{\theta}}{N_{\alpha}} = \frac{Q_{\theta} P}{450 N_{\alpha}} \quad (16)$$

θ) *Ολικός βαθμός αποδόσεως*. Είναι το γινόμενο του υδραυλικού βαθμού αποδόσεως επί τον μηχανικό βαθμό αποδόσεως :

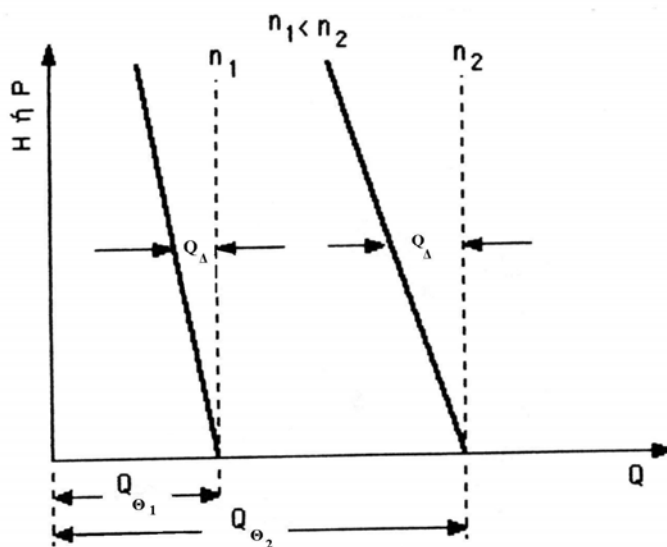
$$\eta = \eta_v \eta_m \quad (17)$$

Ο ολικός βαθμός αποδόσεως εκφράζει το λόγο της αποδιδόμενης ισχύος προς την εισερχόμενη

$$H = \frac{N}{N\alpha} = \frac{QP}{450 N\alpha} \quad (18)$$

### 3.3 Χαρακτηριστική περιστροφικών αντλιών

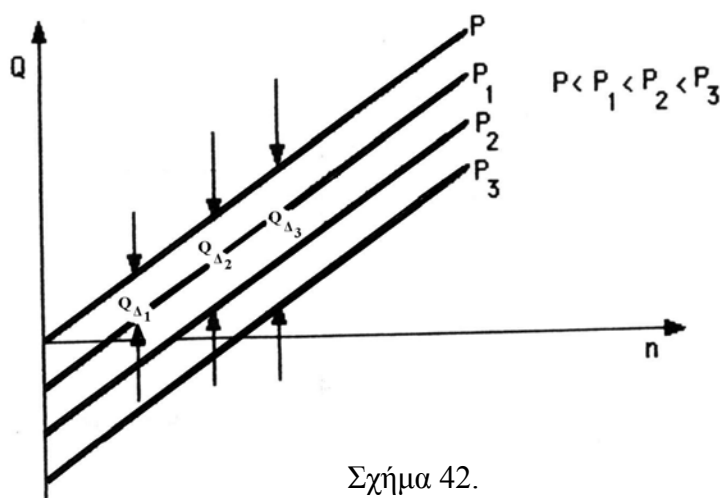
Χαρακτηριστική γενικά μιας αντλίας ονομάζεται η συνάρτηση  $H=f(Q)$  με σταθερές στροφές.



Σχήμα 41. Θεωρητική χαρακτηριστική περιστροφικής αντλίας.

Από την εξίσωση που ισχύει για όλες τις αντλίες θετικού εκτοπίσματος συμπεραίνουμε ότι η θεωρητική παροχή δεν εξαρτάται από την πίεση με ορισμένο  $n$  (rpm). Στο σύστημα δηλαδή καρτεσιανών συντεταγμένων  $H-Q$  η συνάρτηση  $H=f(Q)$  με  $n$ =σταθερή θα είναι ευθεία παράλληλος προς τον άξονα των  $H$ . Αυτή η ευθεία που

ονομάζεται θεωρητική χαρακτηριστική φαίνεται στο σχήμα 41 με διακεκομμένη γραμμή για δύο τιμές του  $n$  τις  $n_1$  και  $n_2$ .



Σχήμα 42.

Από το σχήμα προκύπτει ότι θεωρητικά μια αντλία Θ.Ε. μπορεί να δώσει οποιαδήποτε πίεση ανεξάρτητα από την παροχή ή τις στροφές. Πρακτικά όμως εξ αιτίας των διαρροών που παρουσιάζονται και οι οποίες αναγκάζουν ένα μέρος του ρευστού να οδηγείται από την πλευρά υψηλής πίεσης στη χαμηλή, η εικόνα του φαινομένου είναι τελείως διαφορετική. Οι νέες χαρακτηριστικές που προκύπτουν φαίνονται στο σχήμα με πλήρη γραμμή.

Όσο μεγαλύτερη είναι η συνεκτικότητα του ρευστού τόσο οι διαρροές μειώνονται και τόσο η χαρακτηριστική πλησιάζει προς τη θεωρητική. Πρέπει δε να σημειωθεί ότι τυχόν εκτροπές της χαρακτηριστικής από την ευθεία οφείλονται σε σπηλαίωση ή ατελή αναρρόφηση.

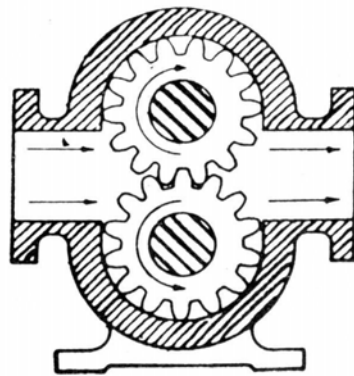
Συνήθως για τις περιστροφικές αντλίες δίνονται οι συναρτήσεις  $Q=f(n)$  με παράμετρο την πίεση κατάθλιψης, που είναι ευθείες κατά τη γενική εξίσωση των περιστροφικών αντλιών και μάλιστα παράλληλες εξ αιτίας του ότι το  $q$  είναι ανεξάρτητο των στροφών. (σχήμα 42)



Όταν αυξάνεται η πίεση κατάθλιψης αυξάνουν οι διαρροές και τόσο η χαρακτηριστική τείνει προς τον άξονα των  $Q$  στο διάγραμμα του σχήματος 41.

### 3.4 Γραναζωτές αντλίες

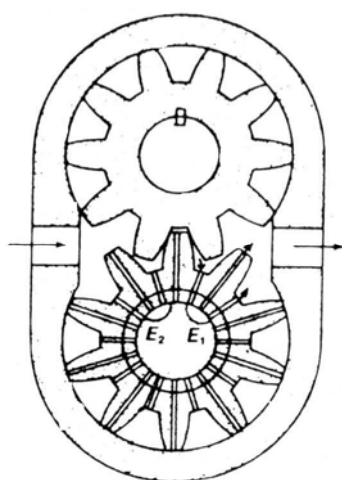
Αποτελούνται από δύο γρανάζια που βρίσκονται συνεχώς σε εμπλοκή και περιστρέφονται μέσα σε ωσειδές περίβλημα (σχήμα 43). Το διάκενο μεταξύ του περιβλήματος και των γραναζιών είναι πολύ μικρό. Η κίνηση δίνεται στο ένα γρανάζι ενώ το άλλο παρασύρεται από το πρώτο. Καθώς τα γρανάζια περιστρέφονται (κατά τη φορά που δείχνουν τα βέλη) το υγρό παραλαμβάνεται από τα διάκενα μεταξύ των δοντιών και ωθείται προς το σωλήνα καταθλίψεως. Τα δόντια που βρίσκονται συνεχώς σε επαφή εξασφαλίζουν τη στεγανότητα μεταξύ αναρροφήσεως και καταθλίψεως.



Σχήμα 43.  
Γραναζωτή αντλία

Κατά την σύμπλεξη όμως των γραναζιών το δόντι του ενός που εμπλέκεται μεταξύ δύο δοντιών του άλλου γραναζιού παγιδεύει μία ποσότητα του υγρού και τη συμπιέζει με αποτέλεσμα τη διαρροή μέρους του υγρού από τα διάκενα (γραναζιών και περιβλήματος), την αύξηση του θορύβου της αντλίας και την καταπόνηση των

τριβέων. Για την ελάττωση της πίεσεως αυτής χαράζονται ακτινικώς αυλακώσεις ή αγωγοί στο γρανάζι που παρασύρεται (σχήμα 44). Ο άξονας του γραναζιού αυτού είναι σταθερός και φέρει δύο εγκοπές  $E_1$  και  $E_2$ . Το παγιδευμένο υγρό επανέρχεται στην πλευρά της καταθλίψεως από τους ακτινικούς αγωγούς μέσω της εγκοπής  $E_1$ . Η εγκοπή  $E_2$  χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η αντλία εργάζεται με αντίστροφη φορά περιστροφής.

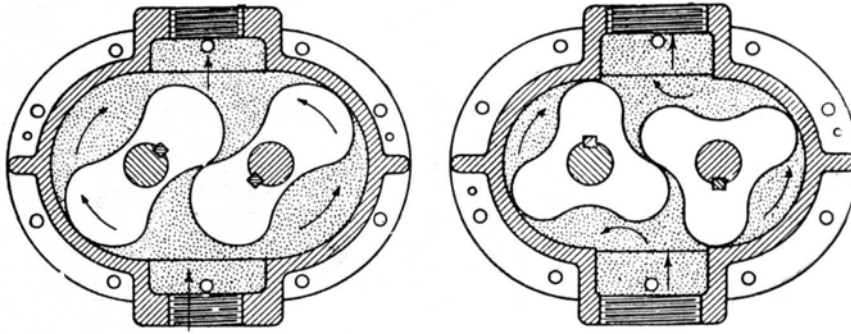


Σχήμα 44. Γραναζωτή αντλία με ακτινικούς αγωγούς

### 3.5 Αντλίες με λοβούς

Υπάρχουν πολλές διατάξεις αντλιών με λοβούς. Στο σχήμα 45 φαίνονται μία αντλία με δύο λοβούς και μία με τρεις λοβούς.

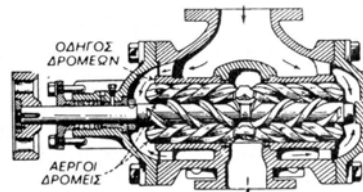
Οι αντλίες αυτές εργάζονται όπως οι γραναζωτές με τη διαφορά ότι η ροή τους δεν είναι σταθερή. Η κίνηση δίνεται και στους δύο δρομείς με ζεύγος γραναζιών τοποθετημένων στους άξονες των δρομέων έξω από το περίβλημα.



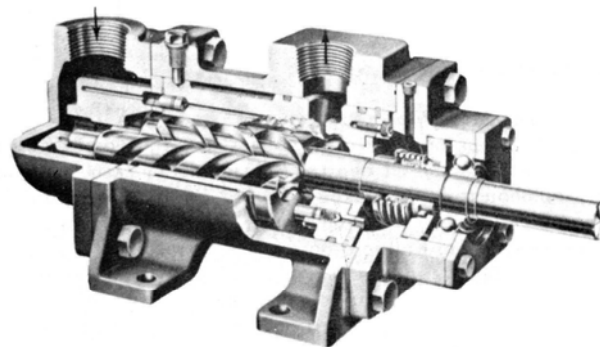
Σχήμα 45. Περιστροφικές αντλίες με λοβούς.

### 3.6 Αντλίες με κοχλίες

Αποτελούνται από τρεις κοχλίες. Ένα που παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και δύο άεργους που περιστρέφονται από τον πρώτο (σχήμα 46). Το στόμιο εισόδου είναι τοποθετημένο στο πάνω μέρος της αντλίας. Το υγρό εισέρχεται στους δρομείς και από τις δύο πλευρές τους ενώ εξέρχεται από το κέντρο. Δηλαδή οι αντλίες αυτές είναι



Σχήμα 46. Αντλία με κοχλίες διπλής ενεργείας.



Σχήμα 47. Αντλία με κοχλίες απλής ενεργείας (Delanal Turbine Inc).

διπλής αναρροφήσεως. Σε άλλες κατασκευές το υγρό εισέρχεται από τη μία πλευρά του δρομέα και εξέρχεται από την άλλη (σχήμα 47).

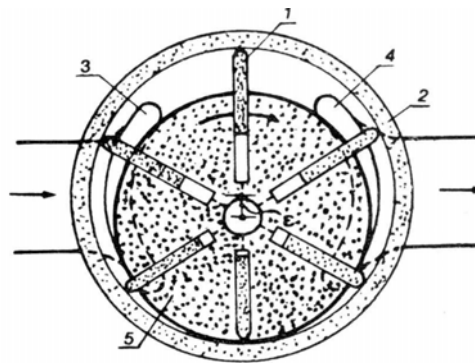
Η μετατόπιση του υγρού γίνεται όπως στις γранаζωτές αντλίες. Μία ποσότητα υγρού παραλαμβάνεται από τις ελικοειδείς οδοντώσεις και καθώς οι δρομείς περιστρέφονται ωθείται κατά μήκος των κοχλιών από την αναρρόφηση προς την κατάθλιψη. Το υγρό δεν περιστρέφεται αλλά κινείται γραμμικώς. Οι κοχλίες εργάζονται ως ατέρμονες οπότε η ώθηση είναι συνεχής και η λειτουργία τους αθόρυβη.

### **3.7 Αντλίες με σύρτες**

Οι αντλίες αυτές κατασκευάζονται ως σταθερής ή μεταβαλλόμενης παροχής.

#### **3.7.1 Αντλίες σταθερής παροχής**

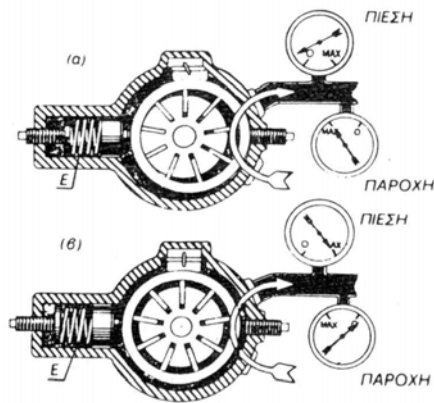
Η αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στο σχήμα 48. Ο άξονας του περιστρεφόμενου δρομέα (5) είναι τοποθετημένος έκκεντρα ως προς το δακτύλιο (2). Οι σύρτες (1) ολισθαίνουν ελεύθερα στις εγκοπές του δρομέα και απομακρύνονται προς την περιφέρεια υπό την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμewς, υδραυλικής πίεσεως ή της πίεσεως ελατηρίων. Καθώς ο δρομέας περιστρέφεται ο όγκος ενός θαλάμου που βρίσκεται προς την πλευρά της αναρροφήσεως (3) αυξάνεται και γεμίζει με το υγρό ενώ μικραίνει όσο προχωρεί προς την πλευρά της καταθλίψεως (4) αυξάνοντας την πίεση του υγρού. Το τόξo μεταξύ του τέλους του ανοίγματος αναρροφήσεως και της αρχής του ανοίγματος καταθλίψεως πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τη γωνία που σχηματίζουν δύο διαδοχικοί σύρτες, ώστε να υπάρχει πάντοτε μεταξύ τους ένας ή δύο σύρτες για να εξασφαλιστεί η στεγανότητα μεταξύ αναρροφήσεως και καταθλίψεως.



Σχήμα 48. Αντλία με σύρτες  
 1. σύρτες, 2. δακτύλιος, 3. άνοιγμα αναρροφήσεως, 4.  
 άνοιγμα καταθλίψεως, 5. περιστρεφόμενος δρομέας,  
 ε. εκκεντρότητα

### 3.7.2 Αντλίες μεταβαλλόμενης παροχής

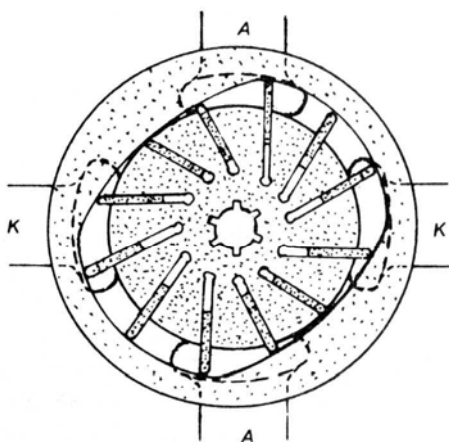
Η παροχή των αντλιών με σύρτες είναι ανάλογη της εκκεντρότητας του δρομέα. Δηλαδή μετατοπίζοντας το δακτύλιο ως προς το κέντρο του δρομέα μεταβάλλεται η παροχή της αντλίας. Η αντλία του σχήματος 49 είναι μεταβαλλόμενης παροχής και χρησιμοποιείται για απόδοση σταθερής πίεσεως καταθλίψεως όταν το φορτίο μεταβάλλεται. Όταν η πίεση είναι χαμηλή (σχήμα 49α) το ελατήριο E ωθεί τον δακτύλιο προς τα δεξιά οπότε οι θάλαμοι που σχηματίζουν οι σύρτες μεγαλώνουν και αυξάνεται η παροχή. Όταν η πίεση είναι υψηλή (σχήμα 49β) ο δακτύλιος μετατοπίζεται προς τα αριστερά συσπειρώνοντας το ελατήριο E ενώ μειώνεται η παροχή. Σε μια μέγιστη τιμή της πίεσεως η παροχή μηδενίζεται. Η ελάχιστη πίεση για να αρχίσει η παροχή ρυθμίζεται από τον κοχλία αριστερά.



Σχήμα 49. Αντλία με σύρτες μεταβαλλόμενης παροχής.

### 3.7.3 Αντλίες με υδραυλική εξισορρόπηση

Επειδή ο δρομέας των αντλιών με σύρτες είναι τοποθετημένος έκκεντρα, δέχεται πάντοτε μια πλάγια ώθηση (κάθετη προς τον άξονα περιστροφής) που αυξάνεται με αύξηση της εκκεντρότητας και του φορτίου. Για την εξισορρόπηση της πλάγιας ωθήσεως (σχήμα 50) κατασκευάζονται δύο ανοίγματα Α για την αναρρόφηση και δύο ανοίγματα Κ για την κατάθλιψη που ενώνονται σε κοινούς σωλήνες αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Οι αντλίες αυτές λειτουργούν όπως οι προηγούμενες αλλά ο δρομέας δέχεται δύο πλάγιες ωθήσεις εκ διαμέτρου αντίθετες, δηλαδή υπάρχει υδραυλική εξισορρόπηση.



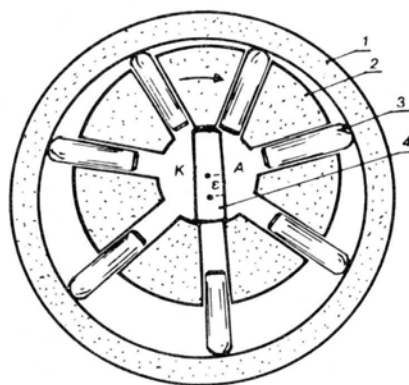
Σχήμα 50. Αντλία με σύρτες με υδραυλική εξισορρόπηση  
Α. αναρρόφηση, Κ. κατάθλιψη

### 3.8 Περιστροφικές αντλίες με έμβολα

Οι περιστροφικές αντλίες με έμβολα δίνουν μεγάλο εύρος πίεσεως και περιστρέφονται με μικρό έως πολύ μεγάλο αριθμό στροφών. Υπάρχουν διάφοροι τύποι που είναι κατάλληλοι για ποικιλία συνθηκών αντλήσεων. Αν και η πίεση δημιουργείται από την παλινδρομική κίνηση εμβόλων, οι αντλίες αυτές κατατάσσονται στις περιστροφικές γιατί τα έμβολα παίρνουν κίνηση από ένα περιστρεφόμενο δρομέα. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τους κυριότερους τύπους αντλιών με έμβολα.

#### 3.8.1 Αντλίες με ακτινική διάταξη των εμβόλων

Ο περιστρεφόμενος δρομέας (σχήμα 51,2) είναι ένα μπλοκ κυλίνδρων με ακτινική διάταξη και περιστρέφεται έκκεντρα ως προς το δακτύλιο (1). Μέσα στους κυλίνδρους κινούνται ελεύθερα τα έμβολα (3). Καθώς ο δρομέας περιστρέφεται τα έμβολα απομακρύνονται προς την περιφέρεια λόγω της φυγοκέντρου δύναμης και επανέρχονται προς το κέντρο λόγω της εκκεντρότητας του δρομέα. Ο δακτύλιος μπορεί να είναι σταθερός ή να περιστρέφεται ελεύθερα μαζί με το δρομέα.

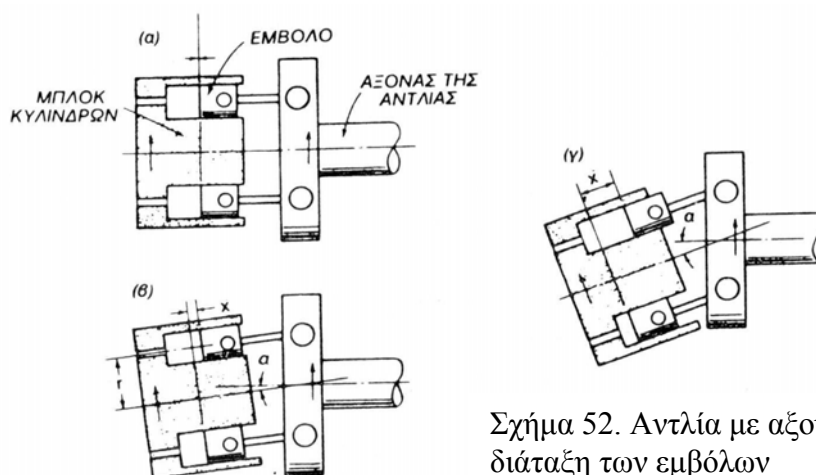


Σχήμα 51. Αντλία με ακτινική διάταξη των εμβόλων  
1. δακτύλιος, 2. περιστρεφόμενος δρομέας, 3. έμβολο, 4.  
σταθερό διάφραγμα, A. αναρρόφηση, B. κατάθλιψη

Ο κυλινδρικός χώρος στο κέντρο του δρομέα χωρίζεται σε δύο μέρη από το σταθερό διάφραγμα (4). Το ένα μέρος αποτελεί την αναρρόφηση (Α) και το άλλο την κατάθλιψη (Κ). Όταν ο δρομέας περιστρέφεται κατά τη φορά που δείχνει το βέλος τα έμβολα που βρίσκονται στο δεξιό μέρος του διαφράγματος απομακρύνονται από το κέντρο προοδευτικά αυξάνοντας τον όγκο του χώρου Α (αναρρόφηση), ενώ τα έμβολα στο αριστερό μέρος του διαφράγματος ωθούνται προοδευτικά προς το κέντρο αυξάνοντας την πίεση στο χώρο Κ (κατάθλιψη).

### 3.8.2 Αντλίες με αξονική διάταξη των εμβόλων

Οι αντλίες με αξονική διάταξη των εμβόλων (Bent - Axis Pumps) έχουν δύο περιστρεφόμενους δρομείς που παίρνουν κίνηση από τον άξονα της αντλίας (σχήμα 52). Ο



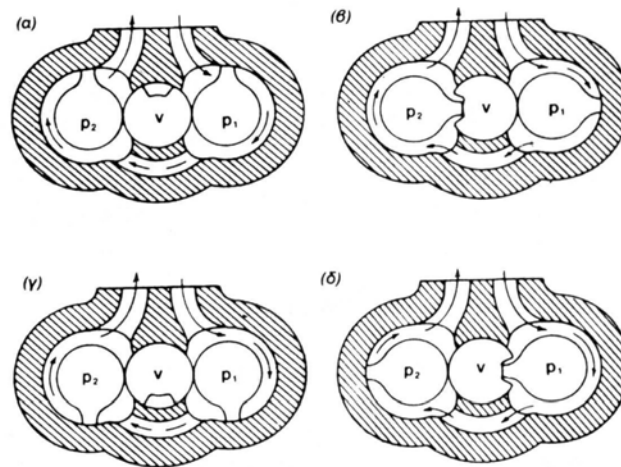
Σχήμα 52. Αντλία με αξονική διάταξη των εμβόλων

ένας δρομέας αποτελεί το μπλοκ των κυλίνδρων ενώ στον άλλο είναι αρθρωμένα τα έμβολα.

Κατά την περιστροφή των δύο δρομέων, όταν οι άξονες τους συμπίπτουν (σχήμα 52α) τα έμβολα δεν παλινδρομούν ως προς τους κυλίνδρους ενώ όταν οι δύο άξονες σχηματίζουν γωνία  $\alpha$  (σχήμα 52β,γ) τα έμβολα παλινδρομούν με μήκος διαδρομής  $\chi$ .



### 3.8.3 Αντλίες με περιστρεφόμενα έμβολα



Σχήμα 53. Αντλία με περιστρεφόμενα έμβολα.

Υπάρχουν πολλές διατάξεις αντλιών με περιστρεφόμενα έμβολα. Στο σχήμα 53 φαίνεται η αρχή λειτουργίας μιας αντλίας γνωστής με το όνομα Berry. Ο άξονας της αντλίας δίνει κίνηση στα έμβολα P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> και στην περιστρεφόμενη βαλβίδα V μέσω γραναζιών. Στο σχήμα φαίνονται τέσσερις θέσεις της αντλίας ανά 90° περιστροφής. Στη θέση (α) το υγρό αναρροφάται από το άνοιγμα δεξιά καθώς το έμβολο P<sub>1</sub> περιστρέφεται δεξιόστροφα. Στη θέση (β) το υγρό ωθείται προς το άνοιγμα αριστερά από το έμβολο P<sub>1</sub>. Μετά από 165 περίπου μοίρες περιστροφής του εμβόλου P<sub>1</sub> το υγρό παραλαμβάνεται από το έμβολο P<sub>2</sub> - θέση (γ) - και ωθείται προς το άνοιγμα καταθλίψεως -θέση (δ). Η περιστρεφόμενη βαλβίδα V εξασφαλίζει τη στεγανότητα μεταξύ αναρροφήσεως και καταθλίψεως.

**IV**

**Συστήματα αντλήσεως**

## 1. ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ

Το σύνολο των σωληνωτών αγωγών που συνδέονται με την αντλία για τη μεταφορά του υγρού μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες : α) το σωλήνα αναρροφήσεως, β) το σωλήνα καταθλίψεως και γ) τις βοηθητικές γραμμές.

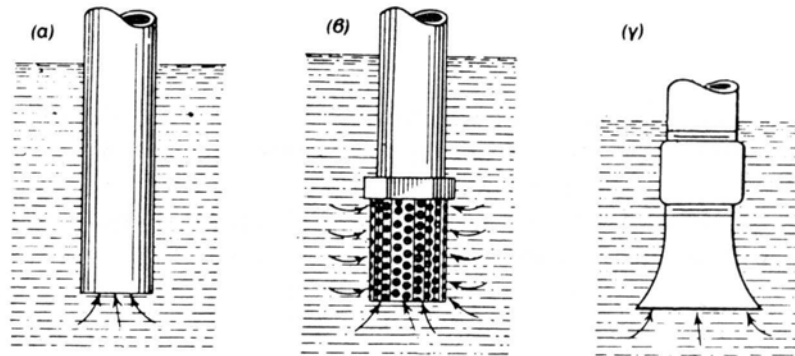
### 1.1 Σωλήνας αναρροφήσεως

Η σωστή εκλογή των εξαρτημάτων του σωλήνα αναρροφήσεως και η σωστή τοποθέτησή τους παίζει σπουδαίο ρόλο στην καλή λειτουργία της αντλίας. Ενδεχόμενα λάθη στην εκλογή του σωλήνα αναρροφήσεως μπορεί να προκαλέσουν ανωμαλίες, όπως ισχυρούς στροβιλισμούς, σπηλαιώση, υδραυλικό πλήγμα, μείωση της παροχής και του βαθμού αποδόσεως κ.α.

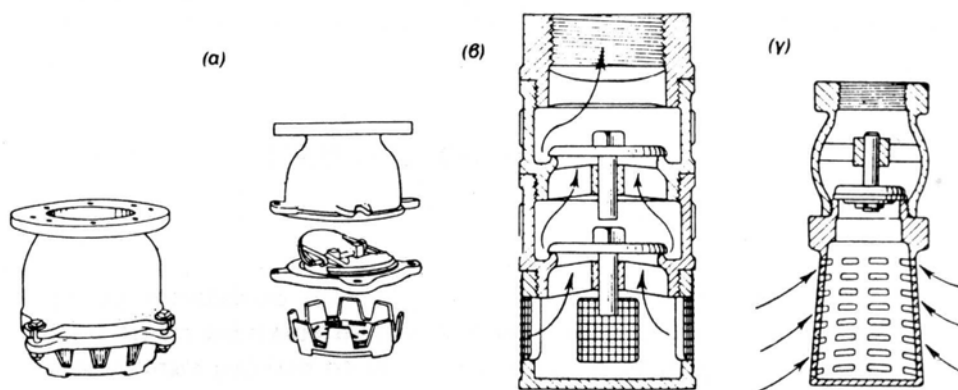
Στο σχήμα 54 φαίνονται τρία στόμια εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως. Στο στόμιο (α) οι απώλειες είναι μεγάλες και χρησιμοποιείται σε προσωρινές μόνο εγκαταστάσεις. Στα κωδωνοειδή στόμια (γ) οι απώλειες είναι μικρότερες. Η τοποθέτηση ενός φίλτρου (β) στο άκρο του στομίου εισόδου εμποδίζει τη μεταφορά ξένων υλών στην αντλία που θα είχε σαν συνέπεια τη μείωση της αποδόσεως και τη φθορά της. Συνήθως μετά το φίλτρο τοποθετείται μία ποδοβαλβίδα που κλείνει υδατοστεγώς το σωλήνα αναρροφήσεως (σχήμα 55). Όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας η ποδοβαλβίδα εμποδίζει τη διαφυγή του υγρού από το σωλήνα αναρροφήσεως και την αντλία οπότε δε χρειάζεται πλήρωση για την εκκίνησή της.

Η στεγανότητα του σωλήνα αναρροφήσεως είναι βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία της αντλίας. Είσοδος του αέρα στην αντλία προκαλεί μείωση ή διακοπή

της παροχής με παράλληλη μείωση του μανομετρικού ύψους. Ο αέρας μπορεί να εισχωρήσει από τις διάφορες συνδέσεις, αλλά και από το φίλτρο όταν η απόσταση του από την επιφάνεια του υγρού είναι μικρή. Οι προτεινόμενες διαστάσεις τοποθέτησής του σωλήνα αναρροφήσεως φαίνονται στο σχήμα 56 (Hicks, 1965).



Σχήμα 54. Στόμια εισόδου του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως (α) ευθύγραμμο, (β) με φίλτρο, (γ) κωδωνοειδές



Σχήμα 55. Τύποι ποδοβαλβίδων με φίλτρο

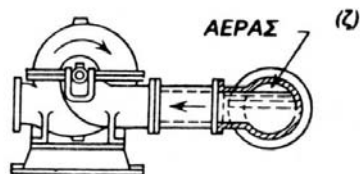
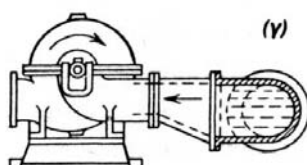
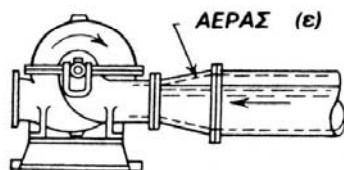
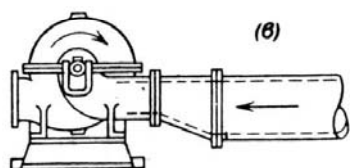
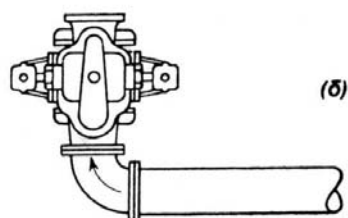
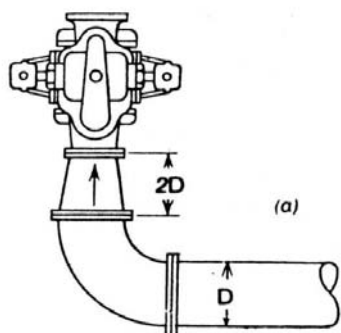
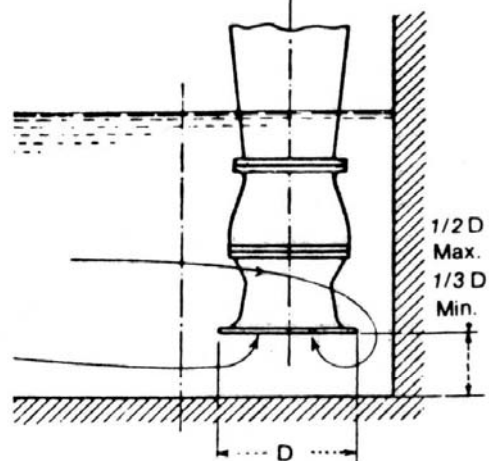
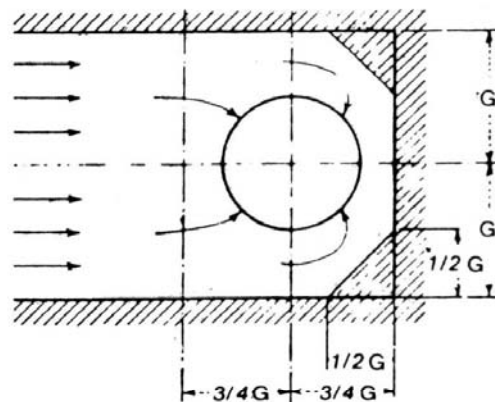
Για την αποφυγή μεγάλων απωλειών η διάμετρος του σωλήνα αναρροφήσεως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ότι η διάμετρος του στομίου εισόδου της αντλίας και η σύνδεση με την αντλία να γίνεται με κωνική στένωση (σχήμα 57α). Επίσης η σύνδεση του σωλήνα αναρροφήσεως με την αντλία πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο σωλήνας να είναι πάντοτε γεμάτος με υγρό (σχήμα 57β,γ). Οι απώλειες στη σύνδεση του σχήματος 57δ είναι πολύ μεγάλες, ενώ στις συνδέσεις 57ε,ζ υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού θύλακα με αέρα. Στο σχήμα 58 φαίνονται δύο τρόποι τοποθέτησής του σωλήνα αναρροφήσεως για την αποφυγή ανωμαλιών στη λειτουργία της αντλίας.

## 1.2 Σωλήνας καταθλίψεως

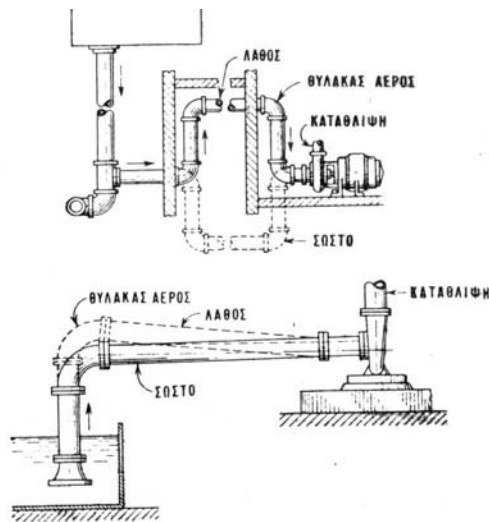
Το σπουδαιότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται στο σωλήνα καταθλίψεως είναι η απώλεια φορτίου λόγω τριβών ή τοπικών απωλειών. Για να περιοριστούν οι απώλειες όσο το δυνατό περισσότερο, πρέπει να επιλεγεί η σωστή διάμετρος του σωλήνα και να χρησιμοποιείται ο ελάχιστος δυνατός αριθμός βαλβίδων, συνδέσεων ή κάμψεων. Οι κάμψεις που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακτίνα καμπυλότητας. Αν η παροχή ρυθμίζεται με δικλίδα, ως συντελεστής τοπικής απώλειας για τον υπολογισμό του ολικού ύψους θα πρέπει να επιλεγεί αυτός που δίνεται όταν η δικλίδα είναι κλειστή. Κατά χρονικά διαστήματα πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν αποθέσεις αλάτων ή άλλων ξένων υλών στο εσωτερικό των σωλήνων. Οι διάφορες αποθέσεις μικραίνουν την διάμετρο των σωλήνων και αυξάνουν την τραχύτητα των τοιχωμάτων με αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών.

Οι γραμμικές απώλειες μειώνονται με αύξηση της διαμέτρου του σωλήνα. Μεγάλη όμως διάμετρος επιβαρύνει το κόστος της εγκατάστασής. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται οικονομικός συνδυασμός των συνθηκών λειτουργίας της αντλίας και της διαμέτρου των σωλήνων.

Σχήμα 56. Τοποθέτηση του στόμιου εισόδου του σωλήνα αναρροφήσεως σε ανοικτό αγωγό.



Σχήμα 57. Τρόποι συνδέσεως του σωλήνα αναρροφήσεως με το στόμιο εισόδου της αντλίας. (α), (β), (γ), σωστές συνδέσεις, (δ), (ε), (ζ), λαθεμένες συνδέσεις.



Σχήμα 38. Σωστές και λαθεμένες τοποθετήσεις του σωλήνα αναρροφήσεως

### 1.3 Βοηθητικές γραμμές

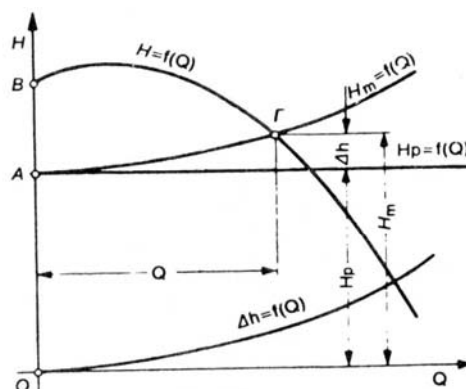
Ως βοηθητικές γραμμές αναφέρονται οι σωλήνες (μικρής διαμέτρου) που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά λαδιού για λίπανση ή νερού για υδρολίπανση της σαλαμάστρας. Σε ειδικές εγκαταστάσεις υπάρχει ανάγκη συχνού καθαρισμού του σωλήνα καταθλίψεως. Στις περιπτώσεις αυτές διοχετεύονται στο σωλήνα καταθλίψεως αέρας ή υδρατμοί υπό πίεση μέσω βοηθητικής γραμμής (που συνήθως είναι ένας εύκαμπτος σωλήνας). Βοηθητικές γραμμές χρησιμοποιούνται και για την πλήρωση της αντλίας.

## 2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΛΗΣΕΩΣ

### 2.1 Χαρακτηριστική καμπύλη της σωληνογραμμής και σημείο λειτουργίας.

Μια φυγόκεντρος αντλία για να μεταφέρει υγρό σε ένα ορισμένο ύψος, πρέπει να υπερνικήσει το στατικό ύψος  $H_p$  και τις υδραυλικές απώλειες  $\Delta h$ . Οι υδραυλικές απώλειες είναι ανάλογες του τετραγώνου της ταχύτητας ροής (επομένως του τετραγώνου της παροχής) και η μορφή της καμπύλης  $\Delta h=f(Q)$ , που εκφράζει το ύψος απωλειών συναρτήσει της παροχής  $Q$ , είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 59. Η καμπύλη αυτή ονομάζεται χαρακτηριστική καμπύλη της σωληνογραμμής.

Το άθροισμα του ύψους απωλειών και του στατικού ύψους είναι ίσο με το μανομετρικό ύψος. Στο σχήμα 59 το στατικό ύψος εκφράζεται με την ευθεία  $H_p=f(Q)$ . Προσθέτοντας το ύψος  $\Delta h$  στο ύψος  $H_p$  για κάθε τιμή του  $Q$ , θα προκύψει το αντίστοιχο μανομετρικό ύψος  $H_m=H_p+\Delta h$ . Ενώνοντας τα σημεία αυτά θα πάρουμε την καμπύλη του μανομετρικού ύψους  $H_m=f(Q)$ .



Σχήμα 59. Χαρακτηριστική καμπύλη της σωληνογραμμής και σημείο λειτουργίας



Αν τοποθετήσουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη  $H = f(Q)$  μιας αντλίας στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων με την ίδια κλίμακα, το σημείο τομής  $\Gamma$  των δύο καμπυλών ονομάζεται σημείο λειτουργίας του συστήματος. Το σημείο  $\Gamma$  δείχνει την παροχή  $Q$  και το μανομετρικό ύψος  $H_m$  που θα αποδώσει το σύστημα.

Είναι φανερό ότι η μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης της σωληνογραμμής  $\Delta h = f(Q)$  πρέπει να είναι τέτοια ώστε το σημείο λειτουργίας του συστήματος να συμπίπτει με την κανονική παροχή  $Q_n$  της αντλίας.

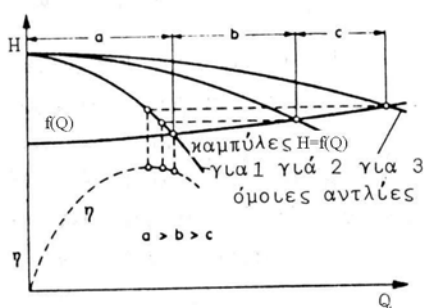
## 2.2 Μορφή της καμπύλης $H=f(Q)$ με αλλαγές στο στατικό ύψος

Μια απότομη καμπύλη είναι απαραίτητη εάν θέλουμε να διατηρήσουμε τις διακυμάνσεις της παροχής στα ελάχιστα δυνατά όρια όταν λαμβάνουν χώρα μεγάλες διακυμάνσεις στο ολικό στατικό ύψος. Από την άλλη μεριά, οι αντλίες που δουλεύουν κύρια με στραγγαλισμένη παροχή και έχουν λίγο – πολύ σταθερό στατικό ύψος θα πρέπει κατά προτίμηση να έχουν επίπεδη χαρακτηριστική καμπύλη έτσι ώστε κάτω από συνθήκες μερικού φορτίου να υπάρχουν μικρότερες απώλειες ύψους λόγω στραγγαλισμού και μικρότερο έργο στραγγαλισμού από την βαλβίδα ελέγχου (σχήμα 61).

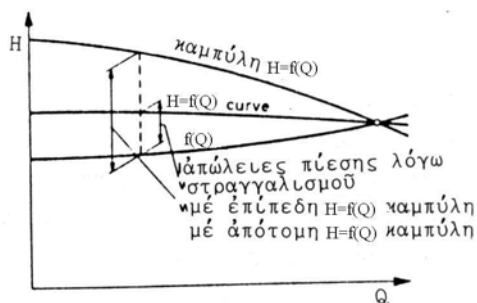
Στην περίπτωση των αντλιών τροφοδοσίας λεβήτων για σχετικά υψηλές πιέσεις κάτω από συνθήκες μερικού φορτίου, είναι μειονέκτημα η ύπαρξη μιας αντλίας με χαρακτηριστική καμπύλη πολύ απότομη, επειδή κάτω απ' αυτές τις συνθήκες η υπάρχουσα μεταξύ της αντλίας και του λέβητα μεγάλη διαφορά πίεσης θα επιτρέπει υπερφόρτιση της βαλβίδας ελέγχου.

### 2.3 Παράλληλη λειτουργία δύο ή τριών αντλιών του ίδιου μεγέθους.

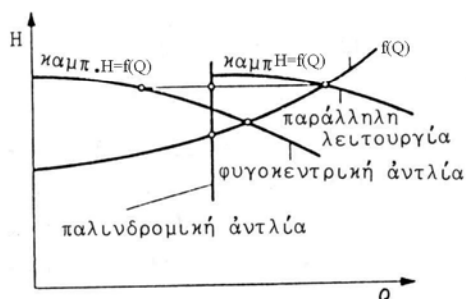
Όταν περισσότερες από μία αντλίες καταθλίβουν στον ίδιο σωλήνα, τότε η καμπύλη  $H = f(Q)$  για την λειτουργία της ομάδας βρίσκεται προσθέτοντας τις επιμέρους παροχές για το ύψος αυτό. Όπως και στην περίπτωση αντλίας που δουλεύει μόνη, το σημείο λειτουργίας είναι η τομή με την χαρακτηριστική καμπύλη της σωληνογραμμής (σχήμα 61).



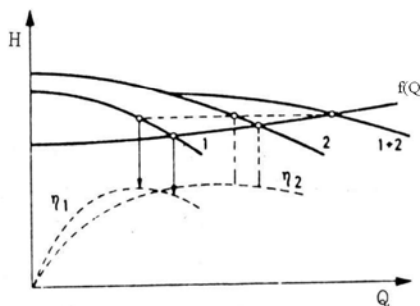
Σχήμα 60. Παράλληλη λειτουργία δύο ή τριών αντλιών του ίδιου μεγέθους



Σχήμα 61. Μορφή της καμπύλης  $H=f(Q)$  με αλλαγές στο στατικό ύψος



Σχήμα 62. Παλινδρομική αντλία σε παράλληλη λειτουργία με μια φυγοκεντρική



Σχήμα 63. Παράλληλη λειτουργία δύο ανόμοιων φυγοκεντρικών αντλιών.

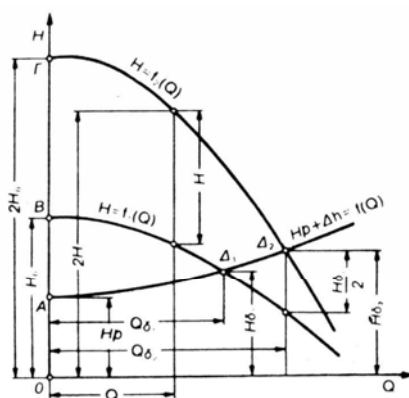
### 2.4 Παράλληλη λειτουργία δύο ανόμοιων φυγοκεντρικών αντλιών .

Χαράσσοντας οριζόντιες γραμμές από τα σημεία λειτουργίας που προσδιορίστηκαν για παράλληλη λειτουργία και προεκτείνοντας αυτές τις γραμμές μέχρι να τμήσουν την χαρακτηριστική καμπύλη κάθε αντλίας, είναι δυνατόν να βρούμε την παροχή καθώς και την απόδοση της κάθε αντλίας (σχήμα 62).

## 2.5 Παλινδρομική αντλία σε παράλληλη λειτουργία με μία φυγόκεντρο.

Η καμπύλη  $H=f(Q)$  της παλινδρομικής αντλίας είναι μια γραμμή παράλληλη προς τον άξονα των τεταγμένων. Η μέθοδος της εύρεσης της κοινής καμπύλης  $H=f(Q)$  φαίνεται στο σχήμα 63.

## 2.6 Σύνδεση δύο όμοιων αντλιών «εν σειρά».



Σχήμα 64. Σημείο λειτουργίας συστήματος δύο όμοιων αντλιών που συνδέονται «εν σειρά».

Δύο αντλίες λέγεται ότι συνδέονται «εν σειρά» όταν η χοάνη καταθλίψεως της μιας συνδέεται με το στόμιο εισόδου της άλλης. Στην περίπτωση αυτή η παροχή είναι ίση με την παροχή κάθε αντλίας ενώ το μανομετρικό ύψος είναι ίσο με το άθροισμα των μανομετρικών υψών τους (σχήμα 64).

Αν  $H=f(Q)$  είναι η χαρακτηριστική ύψους – παροχής μιας αντλίας και συνδεθεί «εν σειρά» με μια άλλη αντλία, που έχει την ίδια χαρακτηριστική ύψους – παροχής, η χαρακτηριστική  $H=f_2(Q)$  και των δύο μαζί βρίσκεται διπλασιάζοντας τις τεταγμένες διαφόρων σημείων της καμπύλης  $H=f_1(Q)$ . Στην περίπτωση που οι δύο αντλίες έχουν διαφορετικές χαρακτηριστικές ύψους – παροχής, οι τεταγμένες αθροίζονται.

Αν  $H_p+\Delta h=f(Q)$  είναι η χαρακτηριστική της σωληνογραμμής, το σημείο λειτουργίας της μιας αντλίας είναι το  $\Delta_1$ , ενώ το σημείο λειτουργίας του συστήματος είναι το  $\Delta_2$ .

**V**

**Εγκατάσταση και  
λειτουργία  
των αντλιών**

**1. ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΝΤΑΙΕΣ**

## 1.1 Εγκατάσταση

### 1.1.1 Γενικά

Η εγκατάσταση μιας αντλίας θεωρείται επιτυχημένη αν η λειτουργία του συστήματος είναι ασφαλής και οικονομική για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος πρέπει να μελετηθούν τα ειδικά χαρακτηριστικά της αντλίας, ώστε τόσο ο τύπος όσο και το μέγεθος της να ανταποκρίνονται στις συνθήκες αντλήσεως. Αν π.χ. μία αντλία, η οποία είναι κατασκευασμένη για άντληση καθαρού νερού, χρησιμοποιηθεί για άντληση ενός διαβρωτικού υγρού ή υγρού με ξένες ύλες, πέρα από το ότι θα εργάζεται με χαμηλό βαθμό αποδόσεως, θα καταστραφεί σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επίσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά η διάρκεια ζωής της αντλίας αν το ύψος αναρροφήσεως είναι μεγαλύτερο από αυτό που θεωρείται ασφαλές για τον τύπο της αντλίας.

Η οικονομική λειτουργία του συστήματος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το βαθμό αποδόσεώς του. Ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας εξαρτάται από το ύψος των υδραυλικών απωλειών του συστήματος, το οποίο αυξάνεται κατά πολύ όταν η παροχή ρυθμίζεται με δικλίδα καταθλίψεως. Η μείωση της παροχής γίνεται με μείωση της διαμέτρου της περωτής. Πρέπει να σημειωθεί ότι με μείωση της διαμέτρου της περωτής μειώνεται και ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας.

Η ρύθμιση της παροχής της αντλίας γίνεται και με μεταβολή του αριθμού στροφών. Με αύξηση του αριθμού στροφών αυξάνεται η παροχή και αντιστρόφως. Αυτός είναι ο πιο οικονομικός τρόπος ρυθμίσεως της παροχής, γιατί δεν αναπτύσσονται πρόσθετες υδραυλικές απώλειες από στραγγαλισμό της ροής ενώ οι αποκλίσεις από το μέγιστο βαθμό αποδόσεως της αντλίας είναι πολύ μικρές.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι αντλίες παίρνουν κίνηση από ασύγχρονους τριφασικούς επαγωγικούς ηλεκτροκινητήρες των οποίων ο αριθμός δεν μεταβάλλεται.

Για κλιμακωτή μεταβολή του αριθμού στροφών των κινητήρων αυτών χρησιμοποιούνται κινητήρες με περισσότερα από δύο ζεύγη πόλων ή μειωτήρες στροφών. Η συνεχής μεταβολή του αριθμού στροφών είναι δυνατή στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, αλλά οι κινητήρες αυτοί είναι πιο ακριβοί. Από άποψη μεταβολής του αριθμού στροφών πιο πλεονεκτικές είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσεως, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το αρχικό κόστος αγοράς τους είναι υψηλότερο και ότι δεν δίνουν σταθερή ροπή.

### **1.1.2 Τοποθέτηση του συστήματος**

Για την αποφυγή ανωμαλιών κατά την διάρκεια της αντλήσεως θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα εξής:

α) Το ύψος αναρροφήσεως πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Όταν η θερμοκρασία του υγρού είναι αρκετά υψηλή ο άξονας της αντλίας πρέπει να είναι χαμηλότερα από την επιφάνεια του υγρού. Συνήθως ο κατασκευαστής της αντλίας δίνει τα επιτρεπτά όρια του ύψους αναρροφήσεως.

β) Οι γωνίες πρέπει να αποφεύγονται και όταν είναι απαραίτητες να τοποθετούνται έτσι ώστε να μη προκαλούνται έντονες ανομοιομορφίες στις γραμμές ροής.

γ) Η απόσταση του φίλτρου από την επιφάνεια του νερού πρέπει να είναι τουλάχιστο τριπλάσια από τη διάμετρο του σωλήνα αναρροφήσεως. Αν ο σωλήνας αναρροφήσεως καταλήγει σε κωδωνοειδές στόμιο η απόσταση αυτή μπορεί να μειωθεί στο διπλάσιο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι έντονοι στροβιλισμοί του υγρού κατά την είσοδο του στο σωλήνα αναρροφήσεως, οι οποίοι παρασύρουν αέρα και τον οδηγούν στην αντλία μέσα από το σωλήνα αναρροφήσεως.

δ) Αν δεν υπάρχει ποδοβαλβίδα πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετηθεί στο σωλήνα καταθλίψεως βαλβίδα μη επιστροφής, για να προστατέψει την αντλία από ενδεχόμενο

υδραυλικό πλήγμα. Επίσης αν για οποιαδήποτε αιτία διακοπεί η λειτουργία του κινητήρα, η βαλβίδα μη επιστροφής προστατεύει τόσο την αντλία όσο και τον κινητήρα από αναστροφή της φοράς περιστροφής.

## **1.2 Πλήρωση της αντλίας**

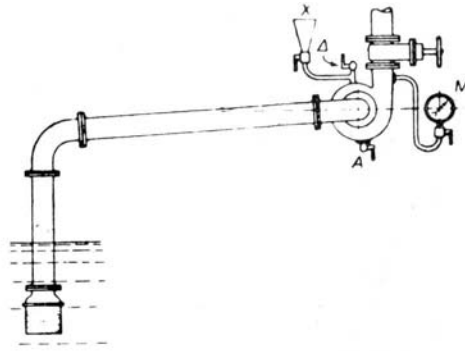
Για να αρχίσει η αναρρόφηση, κατά την εκκίνηση των φυγοκεντρικών αντλιών, πρέπει η αντλία και ο σωλήνας αναρροφήσεως να πληρωθούν με το αντλούμενο υγρό. Αν δεν εκδιωχθεί όλος ο αέρας, δεν είναι δυνατό να αρχίσει η λειτουργία της αντλίας. Αλλά και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μπορεί να δημιουργηθούν ανωμαλίες ή να σταματήσει η λειτουργία αν εισχωρήσει αέρας στο σωλήνα αναρροφήσεως.

Η ποδοβαλβίδα βοηθάει ως ένα σημείο στη συγκράτηση του υγρού στο σωλήνα αναρροφήσεως, (όταν σταματήσει η λειτουργία της αντλίας) αλλά δεν μπορεί να δώσει πλήρη στεγανότητα.

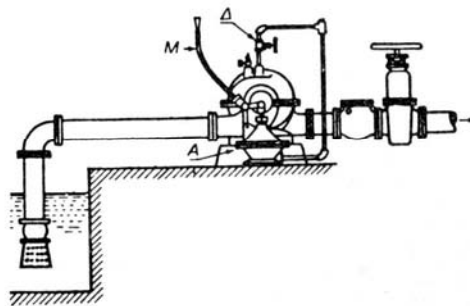
Η πλήρωση των αντλιών γίνεται με διάφορους τρόπους :

1) Τοποθέτηση της αντλίας χαμηλότερα από τη στάθμη του υγρού της δεξαμενής αναρροφήσεως. Στην περίπτωση αυτή η αντλία πληρώνεται κατά την εγκατάστασή της. Όταν σταματήσει η λειτουργία της δεν χρειάζεται επαναπλήρωση για την εκκίνηση.





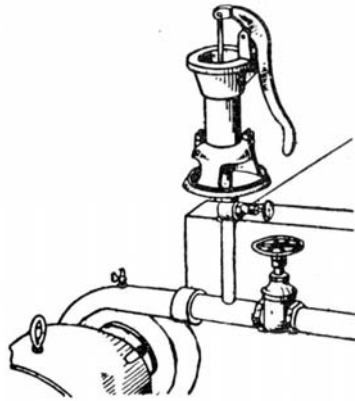
Σχήμα 65. Πλήρωση της αντλίας από εξωτερική πηγή.  
 χ. χωνί για την πλήρωση, Δ. δικλίδα διαφυγής του αέρα, Α. δικλίδα για το άδειασμα της αντλίας, Μ. μανόμετρο πίεσεως



Σχήμα 66. Πλήρωση με αντλία κενού.  
 Α. αντλία διαφράγματος, Μ. μοχλός για την κίνηση της αντλίας διαφράγματος, Δ. δικλίδα συνδέσεως των δύο αντλιών.

2) Η αντλία και ο σωλήνας αναρροφήσεως πληρώνονται από εξωτερική πηγή. Η πλήρωση της μπορεί να γίνει με ένα «χωνί» που οδηγεί το υγρό στην οπή που βρίσκεται στο πάνω μέρος του σπειροειδούς περιβλήματος (σχήμα 65). Στην ίδια οπή μπορεί να καταλήγει σωλήνας για την πλήρωση με υγρό υπό πίεση (δίκτυο υδρεύσεως).

3) Ο αέρας απομακρύνεται με τη βοήθεια αντλίας κενού. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αντλιών δημιουργίας κενού για την απομάκρυνση του αέρα από την αντλία και το σωλήνα αναρροφήσεως. Στο σχήμα 66 χρησιμοποιείται χειροκίνητη αεραντλία με διάφραγμα. Η απομάκρυνση του αέρα μπορεί να γίνει και με μία χειροκίνητη εμβολοφόρο αντλία (τουλούμπα) τοποθετημένη στο σωλήνα καταθλίψεως (σχήμα 67).



Σχήμα 67. Πλήρωση με  
εμβολοφόρο αντλία  
δημιουργίας κενού.

4) Αυτόματη απομάκρυνση του αέρα από το σωλήνα αναρροφήσεως και πλήρωσή του με το υγρό (αυτοαναρρόφηση). Έχουν κατασκευαστεί πολλοί τύποι αυτοαναρροφητικών αντλιών, που στηρίζονται σε διάφορες αρχές.

### 1.3 Λειτουργία

#### 1.3.1 Προετοιμασία και εκκίνηση της αντλίας

Πριν από την εκκίνηση του συστήματος πρέπει η αντλία να προετοιμασθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Να καθαριστούν καλά ο λιποθάλαμος και οι τριβείς. Να πληρωθεί ο λιποθάλαμος με το λάδι ή το γράσο που συνιστά ο κατασκευαστής (το λάδι ή το γράσο δεν πρέπει να περιέχουν νερό ή ξένες ύλες). Να ελεγχθεί αν η φορά περιστροφής του κινητήρα είναι η ίδια με φορά περιστροφής της αντλίας (στο περίβλημα κάθε αντλίας υπάρχει ένα βέλος που δείχνει τη φορά περιστροφής της) και τέλος να γίνει η πλήρωση της αντλίας.

Ο τρόπος εκκινήσεως της αντλίας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της. Οι αντλίες με μικρή ή μέση ειδική ταχύτητα (φυγόκεντρες αντλίες) πρέπει να εκκινούν με τη δικλίδα καταθλίψεως κλειστή για μείωση της ισχύος που απορροφάται κατά την εκκίνηση. Από τη στιγμή που η αντλία πάρει τις κανονικές της στροφές η δικλίδα καταθλίψεως πρέπει να ανοίγει σταδιακά. Αν η αντλία εργαστεί αρκετό διάστημα με

τη δικλίδα καταθλίψεως κλειστή υπάρχει κίνδυνος υπερθερμάνσεως της. Ο κίνδυνος αυτός αποφεύγεται με τοποθέτηση βαλβίδας που ανοίγει αυτομάτως όταν ο αριθμός στροφών της περωτής φτάσει ένα όριο, στο οποίο αναπτύσσεται ικανοποιητική πίεση για το ανασήκωμα της βαλβίδας από την έδρα της.

Οι αντλίες με μεγάλη ειδική ταχύτητα πρέπει να εκκινούν με τη δικλίδα καταθλίψεως εντελώς ανοικτή. Αν ο σωλήνας καταθλίψεως εκβάλει σε χώρο όπου υπάρχει υγρό με πίεση, πρέπει να εφοδιαστεί με βαλβίδα μη επιστροφής για προστασία από αναστροφή της ροής.

Όταν η αντλία αρχίσει να εργάζεται πρέπει να ελεγχθεί η διαρροή της σαλαμάστρας για την υδρολίπανση. Αν η διαρροή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την κανονική ο στυπιοθλίπτης σφίγγεται ή χαλαρώνεται αντιστοίχως.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της αντλίας πρέπει να γίνεται περιοδικός έλεγχος για να διαπιστωθούν τυχόν ανωμαλίες που είναι δυνατό να προκαλέσουν ζημιές στην αντλία ή το σύστημα.

Μετά την εργασία η αντλία πρέπει να συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η καλή συντήρηση αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη μεγάλη διάρκεια ζωής της αντλίας και για τη διατήρηση της αποδόσεώς της σε υψηλά επίπεδα.

## 2. ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

### 2.1 Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση των περιστροφικών αντλιών πρέπει να γίνεται με πολύ προσοχή ώστε κατά τη λειτουργία τους να μην αναπτύσσονται στον περιστρεφόμενο δρομέα άλλες μηχανικές τάσεις εκτός από αυτές που δημιουργούνται από τις υδραυλικές πιέσεις.

Αν ο περιστρεφόμενος δρομέας υποστεί ακόμη και πολύ μικρές παραμορφώσεις, μπορεί να παρεμβληθεί μεγάλη ποσότητα υγρού μεταξύ των κινούμενων και των σταθερών τμημάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας ζωής της αντλίας. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να καταστραφεί η αντλία αν στο υγρό περιέχονται ξένες ύλες. Για την αποφυγή τέτοιων παραμορφώσεων πρέπει η αντλία να συνδέεται στη σωληνογραμμή ή στον κινητήρα με ελαστικούς συνδέσμους. Με τον τρόπο αυτό δε μεταβιβάζονται στην αντλία μηχανικές τάσεις που δημιουργούνται από κραδασμούς και από διαστολές ή συστολές.

Σοβαρές ζημιές μπορεί να υποστεί η αντλία όταν εργάζεται για αρκετό διάστημα χωρίς να αντλεί υγρό (κενή). Αν η πίεση στην αναρρόφηση είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική ο κίνδυνος δεν είναι σοβαρός, αν όμως η αναρρόφηση γίνεται με υποπίεση ο κίνδυνος ζημιών είναι μεγάλος. Για το λόγο αυτό πρέπει όλοι οι σύνδεσμοι να είναι αεροστεγείς, ώστε να μη μπαίνει αέρας στο περίβλημα της αντλίας. Στα περισσότερα συστήματα με περιστροφικές αντλίες δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση βαλβίδων ασφαλείας. Σε πολλές όμως περιπτώσεις χρησιμοποιούνται βαλβίδες για τη ρύθμιση της πίεσεως του υγρού ώστε να μην υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο.

### 2.2 Λειτουργία

Για την ασφαλή λειτουργία των περιστροφικών αντλιών πρέπει να μελετηθούν οι ιδιότητες του υγρού που θα αντληθεί και η επίδραση τους στα χαρακτηριστικά λειτουργίας της αντλίας.

Η θερμοκρασία του υγρού επηρεάζει κατά διάφορους τρόπους τη λειτουργία της αντλίας. Αν η θερμοκρασία του υγρού διαφέρει κατά πολύ από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, θα έχουμε υπερβολικές διαστολές ή συστολές των διαφόρων εξαρτημάτων και των συνδέσμων της αντλίας με αποτέλεσμα να μεταβληθούν τα διάκενα, οπότε μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της. Επίσης με αύξηση της θερμοκρασίας του υγρού αυξάνεται η μέγιστη τάση των ατμών, οπότε είναι πιθανό να δημιουργηθούν προβλήματα στην αναρρόφηση λόγω εμφανίσεως της σπηλαιώσεως. Τέλος με μεταβολή της θερμοκρασίας μεταβάλλεται το ιξώδες του υγρού.

Το ιξώδες είναι μία από τις βασικές ιδιότητες που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των περιστροφικών αντλιών. Μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας προκαλούν σημαντικές μεταβολές στο ιξώδες του υγρού με αποτέλεσμα να επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της αντλίας. Αν η αντλία εργάζεται σε μεγάλο εύρος ταχυτήτων και πιέσεων, για τη σωστή εκλογή του μεγέθους του κινητήρα και του αριθμού στροφών της αντλίας πρέπει να προσδιοριστεί η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του ιξώδους του υγρού που αντλείται, ώστε να υπολογιστεί η μέγιστη διαρροή και η επί πλέον απαιτούμενη ισχύς.

Για την ασφαλή λειτουργία της αντλίας πρέπει να ελεγχθεί και η λιπαντική ικανότητα του υγρού, που αντλείται, για την προστασία των τριβέων. Επίσης να ελεγχθεί αν το υλικό κατασκευής της αντλίας διαβρώνεται από το αντλούμενο υγρό ή από προσμίξεις που τυχόν υπάρχουν σ' αυτό. Αν το υγρό περιέχει αέρια ή στερεά πρέπει να επιλεγεί ο τύπος της αντλίας που διασφαλίζει τη μικρότερη δυνατή διαρροή από την κατάθλιψη προς την αναρρόφηση (αν στο υγρό περιέχεται αέρια φάση οι αντλίες με λοβούς δίνουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας). Αν στο υγρό περιέχονται διαλυμένες ουσίες, οι οποίες είναι δυνατό να κρυσταλλωθούν σε κρυστάλλους

μεγάλης σκληρότητας , υπάρχει κίνδυνος να παρεμβληθούν μεταξύ των κινουμένων και των σταθερών τμημάτων της αντλίας, οπότε η λειτουργία της δεν θα είναι ικανοποιητική ή θα προκληθούν ζημιές.

Οι περιστροφικές αντλίες είναι κατάλληλες και για τις περιπτώσεις όπου απαιτείται ακριβής παροχή. Εφ ' όσον η διαφορά πίεσεως μεταξύ καταθλίψεως και αναρροφήσεως και η τιμή του ιξώδους δεν υπερβαίνουν ένα ορισμένο όριο, με την κατάλληλη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής τους είναι δυνατό να δώσουν την επιθυμητή παροχή με σφάλμα μηδέν.

**VI**

**Εργασίες συντήρησης**

**και**

**επισκευής αντλιών**

## **1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

## **1.1 Εργασίες φυγοκεντρικών αντλιών**

Η συντήρηση και επισκευή των φυγοκεντρικών αντλιών περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες :

- Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας
- Αντικατάσταση - επισκευή μηχανικής σαλαμάστρας
- Αντικατάσταση ρουλεμάν
- Επισκευή συνδέσμου
- Αντικατάσταση χιτωνίου άξονα
- Αντικατάσταση ή καθαρισμός περωτών
- Αντικατάσταση ή επισκευή δακτυλίων φθοράς
- Εργασίες βοηθητικών κυκλωμάτων
- Λίπανση

### **1.1.1 Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας.**

Η περιγραφή γίνεται στο παράρτημα I, κεφάλαιο I.

### **1.1.2 Αντικατάσταση μηχανικής σαλαμάστρας.**

Η περιγραφή γίνεται στο παράρτημα I, κεφάλαιο II.



### **1.1.3 Επισκευή συνδέσμου.**

Η περιγραφή γίνεται στο παράρτημα I, κεφάλαιο III.

### **1.1.4 Αντικατάσταση ρουλεμάν.**

Η αφαίρεση των ρουλεμάν γίνεται με κατάλληλο εξολκέα. Απαγορεύονται τα κτυπήματα με σφυριά, βαριοπούλες κλπ, διότι υπάρχει κίνδυνος προκλήσεως βλάβης.

Για την τοποθέτηση των ρουλεμάν εφαρμόζονται οι παρακάτω μέθοδοι :

α Σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόζεται συναρμογή ολίσθησης δηλαδή μόλις δυνατή μετακίνηση με το χέρι κατόπιν λίπανσης με ψιλό λάδι.

β Σε άλλες περιπτώσεις εφαρμόζεται συναρμογή σύσφιξης . Το ρουλεμάν δηλαδή τοποθετείται στον άξονα με την βοήθεια ενός επαγωγικού θερμαντήρα.

Ο τρόπος που θα επιλεγεί εξαρτάται από το τι προτείνει κάθε φορά ο κατασκευαστής.

### **1.1.5 Αντικατάσταση χιτωνίου άξονα.**

Αντικατάσταση χιτωνίου άξονα γίνεται όταν υπάρχει σοβαρή διάβρωση στο σημείο στεγανοποίησης της απλής ή μηχανικής σαλαμάστρας ή φθορά στο σημείο επαφής με το δακτύλιο φθοράς του «λαιμού» ή διαπιστωμένη εσωτερική διαρροή μεταξύ χιτωνίου και άξονα.

Η συγκράτηση του χιτωνίου στον άξονα γίνεται κυρίως με τους τέσσερις παρακάτω τρόπους :

- Με στερέωση μέσω της περωτής στον άξονα και σφήνα μεταξύ χιτωνίου και άξονα.
- Με βοηθητικό παξιμάδι και σφήνα μεταξύ χιτωνίου και άξονα.
- Με σπείρωμα μεταξύ χιτωνίου και άξονα.
- Με τη βοήθεια εγκαρσίων κοχλιών (ακέφαλες αλλενόβιδες).

Η τοποθέτηση του χιτωνίου στον άξονα γίνεται πάντοτε εν ψυχρώ με συναρμογή ολίσθησης και χρήση κατάλληλου λιπαντικού.

Τα υλικά στεγανοποίησης μεταξύ χιτωνίου και άξονα είναι είτε παρέμβυσμα από περμανίτη, αλουμίνιο, τεφλόν είτε o-ring από τεφλόν, νίτον, απλό λάστιχο εξαρτωμένου από το είδος προϊόντος και τις συνθήκες λειτουργίας. Σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί υλικό κατώτερο του προτεινομένου από τον κατασκευαστή.

### **1.1.6 Αντικατάσταση - Καθαρισμός περωτών.**

Η κύρια αιτία μη καλής λειτουργίας αντλίας λόγω περωτής είναι η διάβρωση της περωτής από μηχανική ή χημική φθορά και κατά δεύτερο λόγο από επικαθίσεις στερεών στα περύγιά της. Τα προβλήματα μιας περωτής γίνονται αντιληπτά κυρίως από μείωση της απόδοσης της αντλίας και από αύξηση των κραδασμών της.

Η συγκράτηση της περωτής επάνω στον άξονα για τη μη περιστροφή της γίνεται με τη βοήθεια σφήνας - σφηνότοπου και για την μη αξονική μετατόπισή της με την βοήθεια κοχλία, περικοχλίου, ασφάλειας ή των χιτωνίων του άξονα.

Η αντικατάσταση περωτής περιλαμβάνει συνήθως τις παρακάτω εργασίες:

- Τοποθέτηση δακτυλίων φθοράς στην περωτή

- Τορνίρισμα περωτής και δακτυλίων φθοράς στις διαστάσεις των στοιχείων της αντλίας.
- Τοποθέτηση της περωτής στον άξονα και ζυγοστάθμιση.

Ο καθαρισμός της περωτής γίνεται με μηχανικά μέσα, ακολουθεί έλεγχος των διακένων των δακτυλίων φθοράς μεταξύ περωτής και κελύφους και εάν απαιτείται γίνεται αντικατάσταση των δακτυλίων, τορνίρισμα αυτών και ζυγοστάθμιση της περωτής.

Η τοποθέτηση της περωτής γίνεται εν ψυχρώ με συναρμογή ολίσθησης και χρήση ψιλού λιπαντικού.

### **1.1.7 Αντικατάσταση - Επισκευή δακτυλίων φθοράς.**

Αντικατάσταση ή επισκευή δακτυλίων φθοράς γίνεται όταν η φθορά αυτών ξεπεράσει τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια ανοχών. Το πρόβλημα γίνεται αντιληπτό κυρίως από την μείωση της απόδοσης της αντλίας.

Αποκατάσταση του προβλήματος αυτού είναι δυνατόν να γίνει ανάλογα με τη φθορά, είτε με αντικατάσταση και των δύο δακτυλίων φθοράς (κελύφους και περωτής) είτε ενός εξ αυτών και επισκευής του άλλου που παραμένει με τορνίρισμα.

Η τοποθέτηση του δακτυλίου φθοράς στην περωτή γίνεται εν θερμό (80-90 °C) και του δακτυλίου φθοράς στο κέλυφος, στο καπάκι κελύφους ή στο διάφραγμα με υδραυλική πίεση. Η ασφάλιση αυτών έναντι περιστροφής γίνεται με εγκάρσια ή αξονική τοποθέτηση των αλενόβιδων.

Τα διάκενα μεταξύ των δακτυλίων φθοράς κελύφους και περωτής πρέπει να είναι τα ενδεδειγμένα από τον κατασκευαστή και εξαρτώνται από την διάμετρο, το υλικό και τη θερμοκρασία λειτουργίας (πίνακας 5).

Το υλικό και η σκληρότητα των δακτυλίων φθοράς εξαρτώνται από το προϊόν και τη θερμοκρασία αυτού και συνήθως είναι χυτοσίδηρος ή φωσφορούχος μπρούντζος και κατά δεύτερο λόγο φερίτικός ανοξείδωτος χάλυβας ή επιβελτιωμένος ανθρακοχάλυβας. Σε ειδικές περιπτώσεις δακτυλίων φθοράς υψηλής σκληρότητας, το μέγεθος αυτής δίδεται από τον κατασκευαστή των αντλιών.

### **1.1.8 Εργασίες βοηθητικών κυκλωμάτων.**

Οι αντλίες έχουν ανάλογα με το προϊόν και τη θερμοκρασία τους τα παρακάτω βοηθητικά κυκλώματα:

- Νερού ψύξης
- Ατμού ψύξης
- Αυτολίπανσης
- Seal oil

Το κύκλωμα νερού ψύξης χρησιμοποιείται για την ψύξη της περιοχής σαλαμάστρας, του συστήματος λίπανσης ρουλεμάν και κουζινέτων και των ποδαρικών για την μη μεταβολή της ευθυγράμμισης σε αντλίες με μεγάλη θερμοκρασία.

Το κύκλωμα ατμού ψύξης χρησιμοποιείται για την ψύξη των καπακιών των μηχανικών σαλαμάστρων.

Το κύκλωμα αυτολίπανσης χρησιμοποιεί το προϊόν της αντλίας και ψύχει και καθαρίζει το εσωτερικό της μηχανικής σαλαμάστρας.

Το κύκλωμα του seal oil χρησιμοποιεί πετρέλαιο (ντίζελ) θερμοκρασίας 300 - 310 °C από εξωτερική πηγή και ψύχει, λιπαίνει και καθαρίζει το εσωτερικό των σαλαμάστρων (απλών και μηχανικών).

Βασικό πρόβλημα όλων των παραπάνω κυκλωμάτων είναι το βούλωμα αυτών από άλατα, βρωμιές και λοιπές επικαθίσεις. Το πρόβλημα γίνεται αντιληπτό από την αύξηση της θερμοκρασίας του κυκλώματος στην είσοδο προς την ψυχόμενη περιοχή. Αποκατάσταση του προβλήματος γίνεται με χημικό καθαρισμό στο κύκλωμα του νερού και με μηχανικά μέσα στα υπόλοιπα κυκλώματα.

Μετά την αποκατάσταση της ροής των κυκλωμάτων πρέπει να ελεγχθεί η ποσότητα του ψυκτικού μέσου και εάν απαιτείται να ρυθμιστεί.

Στο κύκλωμα της αυτολίπανσης συνήθως υπάρχει εναλλάκτης ο οποίος πρέπει να καθαρίζεται, εάν το κύκλωμα μετά από αυτόν παρουσιάζει υψηλή θερμοκρασία.

### **1.1.9 Λίπανση.**

Η λίπανση των αντλιών γίνεται με λάδι ή γράσο στο ρουλεμάν και με λάδι στα κουζινέτα.

- Χρήση του κατάλληλου λιπαντικού σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Χρήση της σωστής ποσότητας του λιπαντικού (έλεγχος στάθμης).
- Έλεγχος κατάστασης λιπαντικού (μαύρισμα, νερά κλπ).
- Έλεγχος για τυχόν διαρροές λαδιού.
- Η αντικατάσταση λιπαντικού γίνεται μόνο σε μηχανήματα εκτός λειτουργίας, ενώ η συμπλήρωση αυτού μπορεί να γίνει και σε μηχανήματα σε λειτουργία.

## **1.2 Εργασίες παλινδρομικών αντλιών.**

Η συντήρηση και επισκευή των παλινδρομικών αντλιών περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες :

- Εργασίες βαλβίδων αναρρόφησης και κατάθλιψης
- Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας
- Αντικατάσταση εμβόλου / διαφράγματος
- Εργασίες συστήματος μετατροπής της περιστροφικής κίνησης σε παλινδρομική.

### **1.2.1 Εργασίες βαλβίδων αναρρόφησης και κατάθλιψης.**

Ελαττωματική λειτουργία των βαλβίδων αναρρόφησης και κατάθλιψης επιτρέπει την επιστροφή του αντλούμενου προϊόντος και γίνεται αντιληπτή από την πτώση της πίεσης κατάθλιψης.

Στην περίπτωση αυτή γίνονται οι παρακάτω ενέργειες :

- Αποσυναρμολόγηση και καθαρισμός των βαλβίδων και εδρών αυτών από τυχόν βρωμιές / επικαθίσεις.
- Έλεγχος των βαλβίδων και εδρών. Αντικατάσταση αυτών εφ ' όσον έχουν χημική ή μηχανική διάβρωση και συναρμολόγηση.

### **1.2.2 Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας.**

Η περιγραφή γίνεται στο παράρτημα I, κεφάλαιο I.

### **1.2.3 Αντικατάσταση εμβόλου / διαφράγματος.**

Ελαττωματική λειτουργία του εμβόλου παλινδρομικής αντλίας γίνεται αντιληπτή από την διαρροή προϊόντος προς τον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ αντλίας - ευθυντηρίας και από την μείωση της απόδοσης της αντλίας.

Στην περίπτωση αυτή γίνονται οι παρακάτω ενέργειες:

- Αποσυναρμολόγηση της αντλίας και έλεγχος της κατάστασης του εμβόλου για τυχόν φθορές.

-Επισκευή του εμβόλου (ρεκτιφιέ και χρήση σαλαμάστρας μεγαλύτερου πάχους ή αναγόμωση) στην περίπτωση έλλειψης ανταλλακτικών ή οικονομικότερης λύσης.

- Αντικατάσταση του εμβόλου.

Η μοναδική βλάβη μεμβράνης παλινδρομικής αντλίας είναι η διάρρηξη αυτής με αποτέλεσμα την εισροή προϊόντος στον ενδιάμεσο χώρο αντλίας - ευθυντηρίας και την πτώση της απόδοσης της αντλίας.

Αποκατάσταση της βλάβης γίνεται με αποσυναρμολόγηση της κεφαλής της αντλίας και αντικατάστασης της μεμβράνης.

#### **1.2.4 Εργασίες συστήματος μετατροπής της περιστροφικής κίνησης σε παλινδρομική.**

Στο σύστημα μετατροπής της περιστροφικής κίνησης σε παλινδρομική (σχήμα 68) συμβαίνουν σπανίως βλάβες και οι πιο συνηθισμένες από αυτές είναι η στρέβλωση ή σπάσιμο του διωστήρα και η φθορά των ρουλεμάν.

Αποκατάσταση των βλαβών γίνεται αποκλειστικά με αντικατάσταση του διωστήρα και των ρουλεμάν.

### **1.2.5 Λίπανση.**

Η διαδικασία είναι η ίδια όπως και στις φυγόκεντρες αντλίες.

### **1.3 Εργασίες περιστροφικών αντλιών.**

Η συντήρηση και επισκευή των περιστροφικών αντλιών περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες :

- Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας
- Αντικατάσταση ρουλεμάν - κουζινέτων
- Αντικατάσταση φθαρμένων γρاناζιών κοχλιών
- Λίπανση

#### **1.3.1 Ρύθμιση ή αντικατάσταση απλής σαλαμάστρας.**

Η περιγραφή γίνεται στο παράρτημα I, κεφάλαιο I.

#### **1.3.2 Αντικατάσταση ρουλεμάν - κουζινέτων.**

Η διαδικασία αντικατάστασης των ρουλεμάν είναι η ίδια όπως στις φυγόκεντρες αντλίες.

Όσον αφορά τις εργασίες αντικατάστασης των κουζινέτων αυτές διακρίνονται σε:

- εξάρμοση και αντικατάσταση των τριβέων στα διαιρούμενα κουζινέτα.



- αφαίρεση με εξολκέα του τριβέα και τοποθέτηση νέου με πρεσάρισμα στα μη διαιρούμενα κουζινέτα.

### **1.3.3 Αντικατάσταση φθαρμένων γραναζιών - κοχλιών.**

Φθορά γραναζιών, κοχλιών και κελύφους περιστρεφόμενων αντλιών γίνεται αντιληπτή από την μειωμένη απόδοση αυτών, λόγω εσωτερικής διαρροής. Αποκατάσταση της λειτουργίας αυτών γίνεται μόνο με αντικατάσταση των φθαρμένων εξαρτημάτων.

### **1.3.4 Λίπανση.**

Η διαδικασία είναι η ίδια όπως και προηγούμενα.

## **2. ΕΛΕΓΧΟΙ - ΑΝΟΧΕΣ**

Κατά την λειτουργία αλλά και κατά την επισκευή των αντλιών γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι, που σκοπό έχουν την σωστή και οικονομικά συμφερότερη λειτουργία αυτών.

Κατά την λειτουργία των αντλιών γίνονται οι έλεγχοι :

### **2.1 Διαρροή σαλαμάστρας.**

Διαρροή μηχανικής σαλαμάστρας αντλίας επιβάλλει την επισκευή ή αντικατάστασή της.

Σε μία αντλία με απλή σαλαμάστρα (packing) το μέγεθος της διαρροής εξαρτάται από την πίεση του στυπιοθαλάμου και είναι από 4 cm<sup>3</sup>/min (60 σταγόνες ανά λεπτό) έως

200 cm<sup>3</sup>/min. Υπερβολική σύσφιξη του στυπιοθλίπτη έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση καταστροφή της σαλαμάστρας και του χιτωνίου ή άξονα της αντλίας.

## **2.2 Συστήματος λίπανσης.**

Χαμηλή στάθμη λαδιού ελαιοδοχείου επιβάλλει συμπλήρωση αυτού μέχρι του απαιτούμενου επιπέδου.

Αλλοίωση της ποιότητας λαδιού (μαύρισμα, νερά κλπ) απαιτεί καθαρισμό του ελαιοδοχείου, αντικατάσταση λαδιού και παρακολούθηση της ποιότητας αυτού. Σε περίπτωση επανάληψης του φαινομένου απαιτείται διερεύνηση των αιτιών και αποκατάσταση αυτών.

Υψηλή θερμοκρασία εδράνων απαιτεί διερεύνηση του αιτίου πρόκλησης.

## **2.3 Δονήσεων.**

Έλεγχος δονήσεων γίνεται στα σημεία έδρασης του άξονα και στα κελύφη των αντλιών και κινητήρων. Στα ελεγχόμενα σημεία λαμβάνονται μετρήσεις και τα δεδομένα μεταφέρονται σε πρόγραμμα υπολογισμού, όπου αναλύονται και αξιολογούνται.

## **2.4 Θορύβου λειτουργίας.**

Είναι ένας έλεγχος που πρέπει να γίνεται καθημερινά. Οι πιο συνηθισμένες αλλαγές του θορύβου λειτουργίας των αντλιών είναι το ξεκίνημα βλάβης στα ρουλεμάν και η σπηλαίωση των αντλιών λόγω έλλειψης αναρρόφησης (βουλωμένα φίλτρα κλπ).

## **2.5 Απόδοσης αντλίας.**

Ο έλεγχος αυτός γίνεται όταν υπάρχει πρόβλημα μειωμένης παροχής ή υπερφόρτωση του κινητήρα της αντλίας. Για τον έλεγχο αυτό είναι απαραίτητα τα όργανα παροχής, μανομετρικού και έντασης ηλεκτρικού ρεύματος.

Η βασική αιτία του προβλήματος αυτού είναι η φθορά εσωτερικά της αντλίας (κελύφους, πτερωτής, δακτυλίων φθοράς). Σαν δευτερεύουσα αιτία μπορεί να θεωρηθεί η πτώση της θερμοκρασίας του προϊόντος.

## **2.6 Ροής βοηθητικών κυκλωμάτων.**

Η ενδεδειγμένη παροχή μέσω των βοηθητικών κυκλωμάτων του νερού ψύξης , αυτολίπανσης και seal oil είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία των αντλιών. Έλεγχος της ροής αυτής γίνεται με ροοδείκτες και με λήψη της θερμοκρασίας στις γραμμές των κυκλωμάτων αυτών. Μείωση της ροής γίνεται συνήθως από εναποθέσεις αλάτων και βρωμιών.

## **2.7 Στήριξη αντλίας.**

Περιοδικά ή όταν αυξημένες δονήσεις των αντλιών - κινητήρων το επιβάλλουν, γίνεται έλεγχος της σύσφιξης των περικοχλίων της βάσης και των κοχλίων αντλιών και κινητήρων.

Κατά την επισκευή των αντλιών γίνονται οι έλεγχοι :

## 2.8 Διακένων.

Ο έλεγχος αυτός γίνεται σε κάθε επισκευή αντλίας και αφορά το διάκενο μεταξύ των δακτυλίων φθοράς. Στην περίπτωση που από τον έλεγχο βρεθεί διάκενο, που πλησιάζει το διπλάσιο του ελάχιστου προτεινόμενου του πίνακα 5 ή του προδιαγεγραμμένου από τον κατασκευαστή τότε είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του ενός ή και των δύο δακτυλίων φθοράς.

## 2.9 Συναρμογής.

Ο έλεγχος αυτός εφαρμόζεται στα σημεία εφαρμογής ρουλεμάν με άξονα και ρουλεμανοθάλαμο, δακτυλίων φθοράς με κέλυφος και πτερωτή, άξονα με σύνδεσμο, πτερωτή και χιτώνιο.

Γενικά εφαρμόζεται :

- Συναρμογή ολίσθησης (μόλις δυνατή μετακίνηση με το χέρι κατόπιν λίπανσης με ψιλό λάδι) στα ρουλεμάν με ρουλεμανοθάλαμο και στον άξονα με πτερωτή και χιτώνιο.
- Συναρμογή σύσφιξης (τοποθέτηση με επαγωγικό θερμαντήρα) των ρουλεμάν στον άξονα. Η ανοχή συναρμογής με σύσφιξη συνήθως είναι από 5 έως 20 μικρά και το μέγεθος της εξαρτάται από τον τύπο και την ονομαστική διάμετρο των ρουλεμάν.
- Συναρμογή σύσφιξης (τοποθέτηση με πλαστικό σφυρί, θέρμανση) των δακτυλίων φθοράς με κέλυφος και πτερωτή και του συνδέσμου με τον άξονα. Η ανοχή συναρμογής με σύσφιξη είναι συνήθως από 30 έως 100 μικρά και το μέγεθός της εξαρτάται από το υλικό, την διάμετρο και το μήκος των δακτυλίων φθοράς και του συνδέσμου.

## **2.10 Στρέβλωσης.**

Ο έλεγχος αυτός αφορά την απόκλιση του άξονα από την ευθεία γραμμή (στράβωμα) και γίνεται σε τόρνο ή σε ειδικά καβαλέτα με την βοήθεια ωρολογιακού μικρομέτρου. Απόκλιση μεγαλύτερη από 0,075 mm απαιτεί επισκευή του άξονα.

## **2.11 Ζυγοστάθμισης.**

Ο έλεγχος αυτός γίνεται κυρίως στις περωτές των αντλιών με την βοήθεια ειδικού μηχανήματος για την εξάλειψη μη συμμετρικών φυγόκεντρων δυνάμεων.

## **2.12 Ευθυγράμμισης.**

Ο έλεγχος αυτός γίνεται μεταξύ αντλίας και κινητήρα ή αντλίας γριναζοκιβωτίου και γριναζοκιβωτίου κινητήρα, όπου υπάρχει γριναζοκιβώτιο. Σκοπός του ελέγχου είναι η τοποθέτηση των αξόνων των παραπάνω μηχανημάτων σε ευθεία γραμμή, για την εξάλειψη ανεπιθύμητων δυνάμεων αποτέλεσμα των οποίων είναι αυξημένες δονήσεις και φθορές όλων των εξαρτημάτων των μηχανημάτων αυτών.

Οι επιτρεπόμενες ανοχές ευθυγράμμισης στα σημεία στήριξης του γριναζοκιβωτίου και του κινητήρα, σε κατακόρυφο και οριζόντιο επίπεδο είναι 0,1 mm.

Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στο παράρτημα I, κεφάλαιο IV.

## **3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

Στους πίνακες 2,3,4 παρουσιάζονται τα συμπτώματα διαφόρων προβλημάτων φυγοκεντρικών, εμβολοφόρων και περιστροφικών αντλιών αντίστοιχα καθώς και οι πιθανές αιτίες δημιουργίας των προβλημάτων αυτών.

#### **4. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Πριν από την έναρξη οποιασδήποτε εργασίας αντλίας θα πρέπει να λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα ασφαλείας :

- Ηλεκτρική αποσύνδεση (tag - out) πριν από την έναρξη επισκευής οποιασδήποτε αντλίας.
- Απομόνωση, εκτόνωση και αποστράγγιση του προϊόντος της αντλίας και των βοηθητικών κυκλωμάτων πριν από όλες τις εργασίες επισκευής αντλίας εκτός από τις εργασίες επισκευής συνδέσμου, ευθυγράμμισης και βοηθητικών κυκλωμάτων νερού ψύξης.
- Τοποθέτηση τυφλών στις γραμμές αναρρόφησης και κατάθλιψης της αντλίας, όταν η επισκευή της διακόπτεται για την επόμενη ημέρα και στην αντλία παραμένουν σημεία ανοικτά προς την ατμόσφαιρα.
- Πλύση της αντλίας από το προϊόν της πριν την αποσυναρμολόγησή της.
- Τοποθέτηση του προστατευτικού κυκλώματος του συνδέσμου πριν από την ηλεκτρική επανασύνδεση της αντλίας (tag - in).

## **ΠΙΝΑΚΑΣ 2**

### **ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

## Προβλήματα αναρρόφησης

<b>ΣΥΜΠΤΩΜΑ</b>	<b>ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ</b>
Η αντλία δεν καταθλίβει	1,2,3,4,6,11,14,16,17,22,23
Μειωμένη παροχή	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,17,20,22,23,29,30,31
Μειωμένο μανομετρικό	5,14,16,17,20,22,29,30,31
Η αντλία χάνει αναρρόφηση	2,3,5,6,7,8,11,12,13
Η αντλία απαιτεί υπερβολική ισχύ	15,16,17,18,19,20,23,24,26,27,29,33,34,37
Υπερβολική διαρροή στυπιοθαλάμου	13,24,26,32,33,34,35,36,38,39,40
Μικρή ζωή απλής σαλαμάστρας	12,13,24,26,28,32,33,34,35,36,37,38,39,40
Η αντλία δονείται ή είναι θορυβώδεις	2,3,4,9,10,11,21,23,24,25,26,27,28,30,35,36,41,42,43,44,45,46,47
Μικρή ζωή ρουλεμάν	24,26,27,28,35,36,41,42,43,44,45,46,47
Η αντλία υπερθερμαίνεται και «αρπάζει»	1,4,21,22,24,27,28,35,36,41

1. Αέρας στην αναρρόφηση.
2. Η αντλία και η σωλήνα αναρρόφησης δεν είναι πλήρως γεμάτες με προϊόν .
3. Πολύ μεγάλο ύψος αναρρόφησης.



4. Μικρό περιθώριο μεταξύ πίεσης αναρρόφησης και τάσης ατμών του προϊόντος.
5. Μεγάλη ποσότητα αέρα ή αερίου φάσης στο προϊόν.
6. Θύλακας αέρα στη γραμμή αναρρόφησης.
7. Είσοδος αέρα στη γραμμή αναρρόφησης.
8. Είσοδος αέρα μέσω του στυπιοθαλάμου.
9. Πολύ μικρό μέγεθος «ποτηριού».
10. Βούλωμα «ποτηριού».
11. Το άκρο της σωλήνας αναρρόφησης δεν είναι πλήρως εμβαπτισμένο στο προϊόν.
12. Βουλωμένη σωλήνα seal oil.
13. Ο δακτύλιος του seal oil δεν είναι στη θέση του.

### **Προβλήματα συστήματος**

14. Πολύ χαμηλές στροφές.
15. Πολύ υψηλές στροφές.
16. Λανθασμένη φορά περιστροφής.
17. Υψηλότερο μανομετρικό του συστήματος από το μανομετρικό της αντλίας.
18. Χαμηλότερο μανομετρικό του συστήματος από το μανομετρικό της αντλίας.
19. Πυκνότητα προϊόντος διαφορετική από την πυκνότητα σχεδιασμού.
20. Ιξώδες προϊόντος διαφορετικό από το ιξώδες σχεδιασμού.

21. Λειτουργία σε πολύ μικρή παροχή.
22. Μη κατάλληλη παράλληλη λειτουργία αντλιών.

### **Μηχανικά προβλήματα**

23. Ξένα σώματα στη πτερωτή.
24. Κακή ευθυγράμμιση.
25. Κακή στερέωση αντλίας.
26. Στραβός άξονας.
27. Μεγάλη τριβή περιστρεφόμενων και σταθερών τμημάτων.
28. Φθαρμένα έδρανα.
29. Φθαρμένοι δακτύλιοι φθοράς.
30. Κατεστραμμένη πτερωτή.
31. Ελαττωματικό gasket διαφράγματος με αποτέλεσμα την εσωτερική διαρροή.
32. Φθορά άξονα ή χιτωνίου ή διάβρωση αυτών στην περιοχή απλής σαλαμάστρας.
33. Μη καλά τοποθετημένη απλή σαλαμάστρα.
34. Ακατάλληλος τύπος απλής σαλαμάστρας.
35. Λειτουργία άξονα εκτός κέντρου αντλίας λόγω φθαρμένων εδράνων ή κακής ευθυγράμμισης.
36. Μη ζυγοσταθμισμένος ρότορας.

37. Πολύ σφικτός στυπιοθλίπτης με αποτέλεσμα την μη ροή seal oil και λίπανσης της απλής σαλαμάστρας.
38. Μη καλή παροχή ψυκτικού μέσου για την ψύξη στυπιοθαλάμων.
39. Μεγάλο διάκενο στο πυθμένα του στυπιοθαλάμου μεταξύ άξονα και κελύφους με αποτέλεσμα η απλή σαλαμάστρα να συμπιέζεται προς το εσωτερικό της αντλίας.
40. Βρωμιά στο seal oil με αποτέλεσμα την διάβρωση του άξονα ή του χιτωνίου.
41. Υπερβολικές αξονικές δυνάμεις προερχόμενες από μηχανικές αστοχίες του εσωτερικού της αντλίας ή από αστοχία της υδραυλικής εξισορρόπησης.
42. Υπερβολικό γράσο ή λάδι στο χώρο των εδράνων ή έλλειψη ψύξης με αποτέλεσμα την υπερβολική θερμοκρασία των εδράνων.
43. Έλλειψη λίπανσης.
44. Ακατάλληλη εγκατάσταση εδράνων.
45. Βρωμιά στα έδρανα.
46. Σκουριά εδράνων από εισερχόμενο νερό στον χώρο αυτών.
47. Υπερβολική ψύξη υδρόψυκτων εδράνων με αποτέλεσμα την συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας στον χώρο των εδράνων.

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

#### **ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

<b>ΣΥΜΠΤΩΜΑ</b>	<b>ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ</b>
-----------------	-----------------------------------

Θόρυβος από πλευρά αντλίας	1,2,7,8,9,10,14,15,16
Θόρυβος από πλευρά συστήματος κίνησης	17,18,19,20
Νερό στον στροφαλοθάλαμο	25
Διαρροή λαδιού από το στροθαλοθάλαμο	26,27
Γρήγορη φθορά απλής σαλαμάστρας ή εμβόλου	11,12,28,29
Διαβρωμένες βαλβίδες ή έδρες αυτών	3,11,30
Κακή λειτουργία βαλβίδων	31,32
Διαρροή κελύφους	10,13,33,34
Απώλεια αναρρόφησης	1,4,5,6
Υπερθέρμανση πλευράς συστήματος κίνησης	10,19,21,22,23,24

### **Προβλήματα αναρρόφησης**

1. Ανεπαρκής πίεση αναρρόφησης.
2. Μερική απώλεια αναρρόφησης.
3. Σπηλαίωση.
4. Πολύ υψηλό ύψος αναρρόφησης.

5. Διαρροή «ποτηριού».
6. Πολύ υψηλή απαίτηση ανάπτυξης μανομετρικού.

### **Προβλήματα συστήματος**

7. «Κτύπημα» συστήματος.
8. Κακοστηριγμένες, απότομης αλλαγής διεύθυνσης και μικρής διαμέτρου σωληνώσεις.
9. Αέρας στο προϊόν.
10. Υπερβολική πίεση ή ταχύτητα.
11. Βρώμικο περιβάλλον.
13. Υδραυλικός κριός.

### **Μηχανολογικά προβλήματα**

14. Φθαρμένες ή σπασμένες βαλβίδες.
15. Φθαρμένη απλή σαλαμάστρα.
16. Ξένο σώμα κάτω από τη βαλβίδα.
17. Χαλαρά κύρια έδρανα.
18. Φθαρμένα έδρανα.
19. Χαμηλή στάθμη λαδιού.

20. Χαλαρό έμβολο.
21. Σφικτά κύρια έδρανα.
22. Ανεπαρκής εξαερισμός.
23. Πολύ σφικτοί ιμάντες.
24. Μη ευθυγραμμισμένος κινητήρας.
25. Συμπύκνωση.
26. Φθαρμένες τσιμούχες.
27. Πολύ υψηλή στάθμη λαδιού.
28. Αντλία μη αλφαδιασμένη και σταθερή.
29. Χαλαρή απλή σαλαμάστρα.
30. Διάβρωση.
31. Κόλλημα βαλβίδων.
32. Σπασμένα ελατήρια βαλβίδων.
33. Χαλαρή τάπα κυλίνδρου.
34. Κατεστραμμένο O - ring.

## **ΠΙΝΑΚΑΣ 4**

### **ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

<b>ΣΥΜΠΤΩΜΑ</b>	<b>ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ</b>
Η αντλία δεν καταθλίβει	1,2,3,4,5,6,8,9,16
Θορυβώδεις αντλία	6,10,11,17,18,19

Γρήγορη φθορά αντλίας	11,12,13,20,24
Η αντλία δεν πιάνει την παροχή της	3,5,6,7,9,16,21,22
Η αντλία ξεκινά και μετά χάνει αναρρόφηση	14,15,17,20,23

### **Προβλήματα αναρρόφησης**

1. Αντλία όχι κατάλληλα πληρωμένη.
2. Μη εμβαπτισμένη σωλήνα αναρρόφησης.
3. Βουλωμένο φίλτρο.
4. Διαρροή «ποτηριού».
5. Πολύ υψηλό ύψος αναρρόφησης.
6. Είσοδος αέρα στην αναρρόφηση.
7. Πολύ μικρή διάμετρος σωλήνα αναρρόφησης.

### **Προβλήματα συστήματος**

8. Λανθασμένη φορά περιστροφής.
9. Χαμηλές στροφές.
10. Ανεπαρκής τροφοδοσία αντλίας.
11. Υπερβολική πίεση.



12. Βρωμιά στο προϊόν.
13. Ξηρή λειτουργία αντλίας.
14. Μεγαλύτερο ιξώδες από το προδιαγεγραμμένο.
15. Εμπόδιο στην γραμμή κατάθλιψης.

### **Μηχανικά προβλήματα**

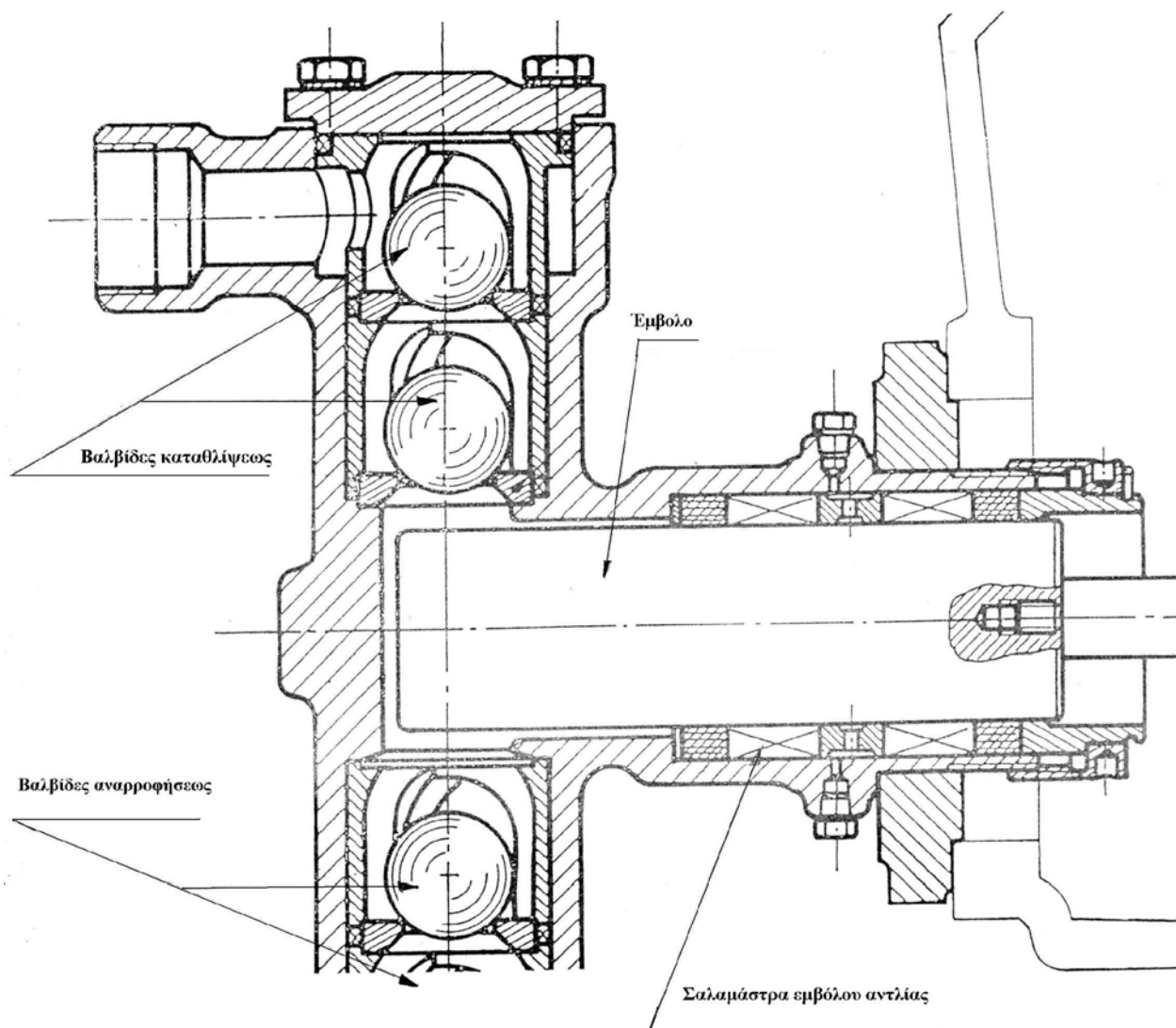
16. Φθαρμένη αντλία.
17. Στραβός κινητήριος άξονας.
18. Σύνδεσμος εκτός ζυγοστάθμισης ή ευθυγράμμισης.
19. Ανοιγοκλείσιμο ανακουφιστικής βαλβίδας.
20. Τάσεις κελύφους αντλίας από σωληνώσεις.
21. Είσοδος αέρα από απλή σαλαμάστρα.
22. Μη τοποθετημένη σωστά ανακουφιστική βαλβίδα.
23. Πολύ σφικτή απλή σαλαμάστρα.
24. Διάβρωση.

ΔΙΑΚΕΝΑ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΦΘΟΡΑΣ

ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΔΙΑΚΕΝΟ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΑΡΙ 610

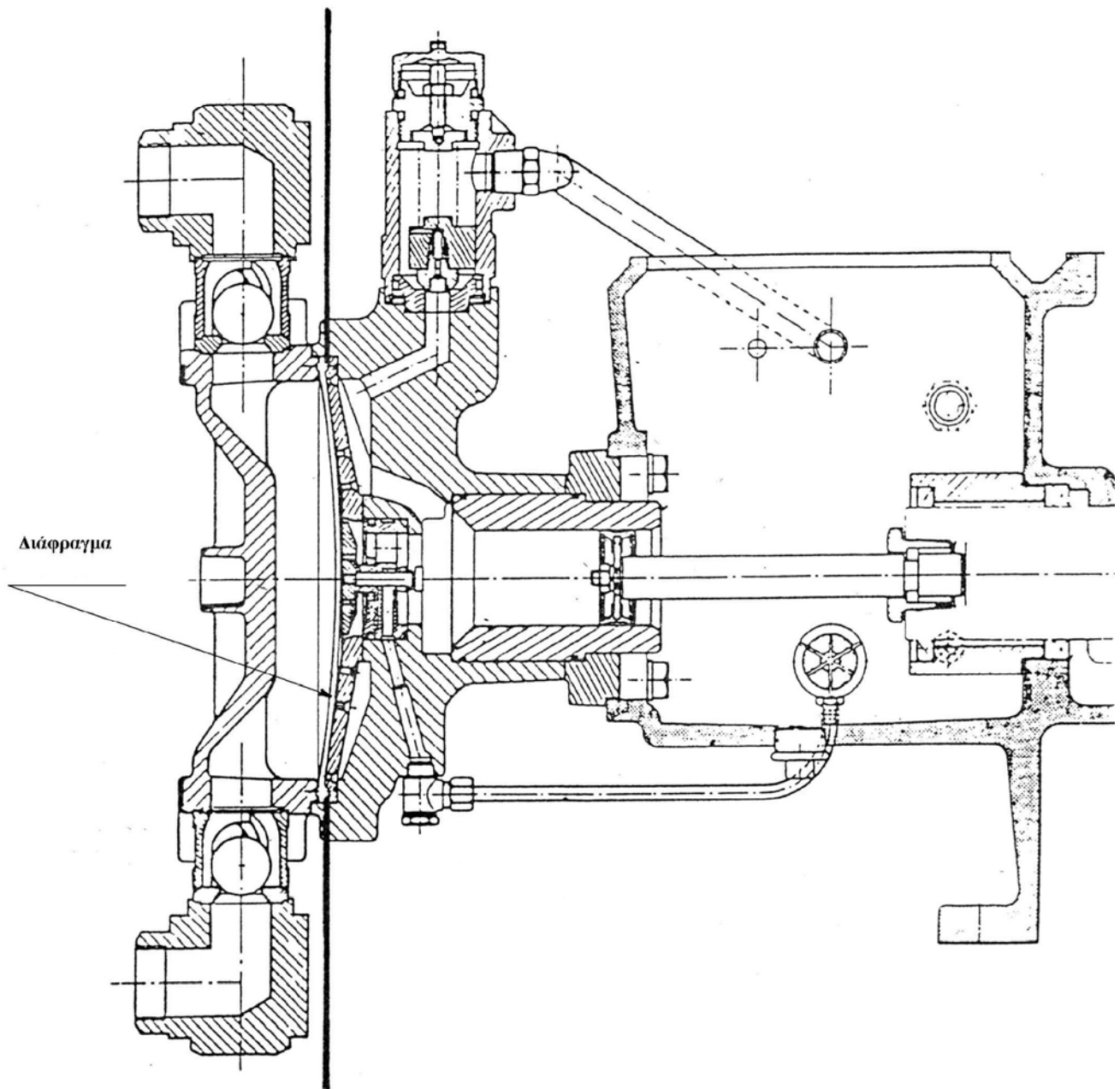
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ ΦΘΟΡΑΣ (mm)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ≤ 260°C		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ? 260°C	
	Χυτοσίδηρος - Μπρούντζος - 12% Cr- Ανοξειδωτος χάλυβας με επιφανειακή σκλήρυνση	Ανοξειδωτος χάλυβας - Ανθρακοχάλυβας	Χυτοσίδηρος - Μπρούντζος - 12% Cr- Ανοξειδωτος χάλυβας με επιφανειακή σκλήρυνση	Ανοξειδωτος χάλυβας - Ανθρακοχάλυβας
Μέχρι 50,8	0,26	0,39	0,39	0,51
50,9-63,4	0,28	0,41	0,41	0,53
63,5-76,1	0,30	0,43	0,43	0,55
76,2-88,8	0,36	0,49	0,49	0,61
88,9-126,9	0,40	0,53	0,53	0,65
127-152,3	0,43	0,56	0,56	0,68
152,4-177,7	0,46	0,59	0,59	0,71
177,8-203,1	0,48	0,60	0,60	0,73
203,2-228,5	0,50	0,63	0,63	0,75
228,6-253,9	0,53	0,66	0,66	0,78
254-279,3	0,56	0,69	0,69	0,81
279,4-304,7	0,59	0,72	0,72	0,84
304,8-330,1	0,61	0,74	0,74	0,86
330,2-355,5	0,64	0,77	0,77	0,89
355,6-380,9	0,66	0,79	0,79	0,91
381-406,3	0,69	0,82	0,82	0,94
406,4-431,7	0,71	0,84	0,84	0,96
431,8-457,1	0,74	0,87	0,87	0,99
457,2-482,5	0,76	0,89	0,89	1,01
482,6-507,9	0,79	0,92	0,92	1,04
508-533,3	0,81	0,94	0,94	1,06
533,4-558,7	0,84	0,97	0,97	1,09
558,8-584,1	0,86	0,99	0,99	1,11
584,2-609,5	0,89	1,02	1,02	1,14
609,6-634,9	0,91	1,04	1,04	1,16

ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗ ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΣ  
ΑΝΤΙΑ



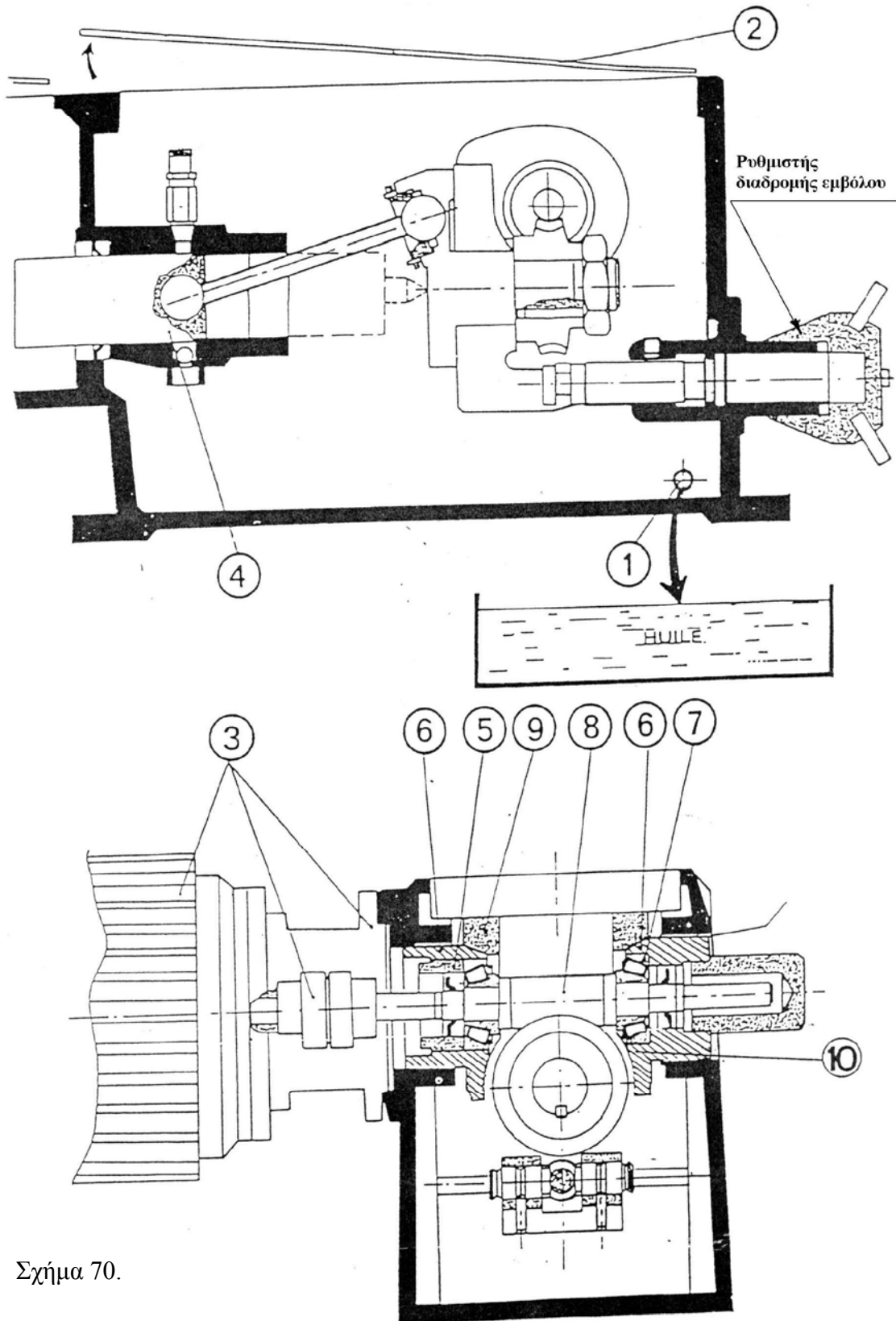
Σχήμα 68.

ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ  
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ



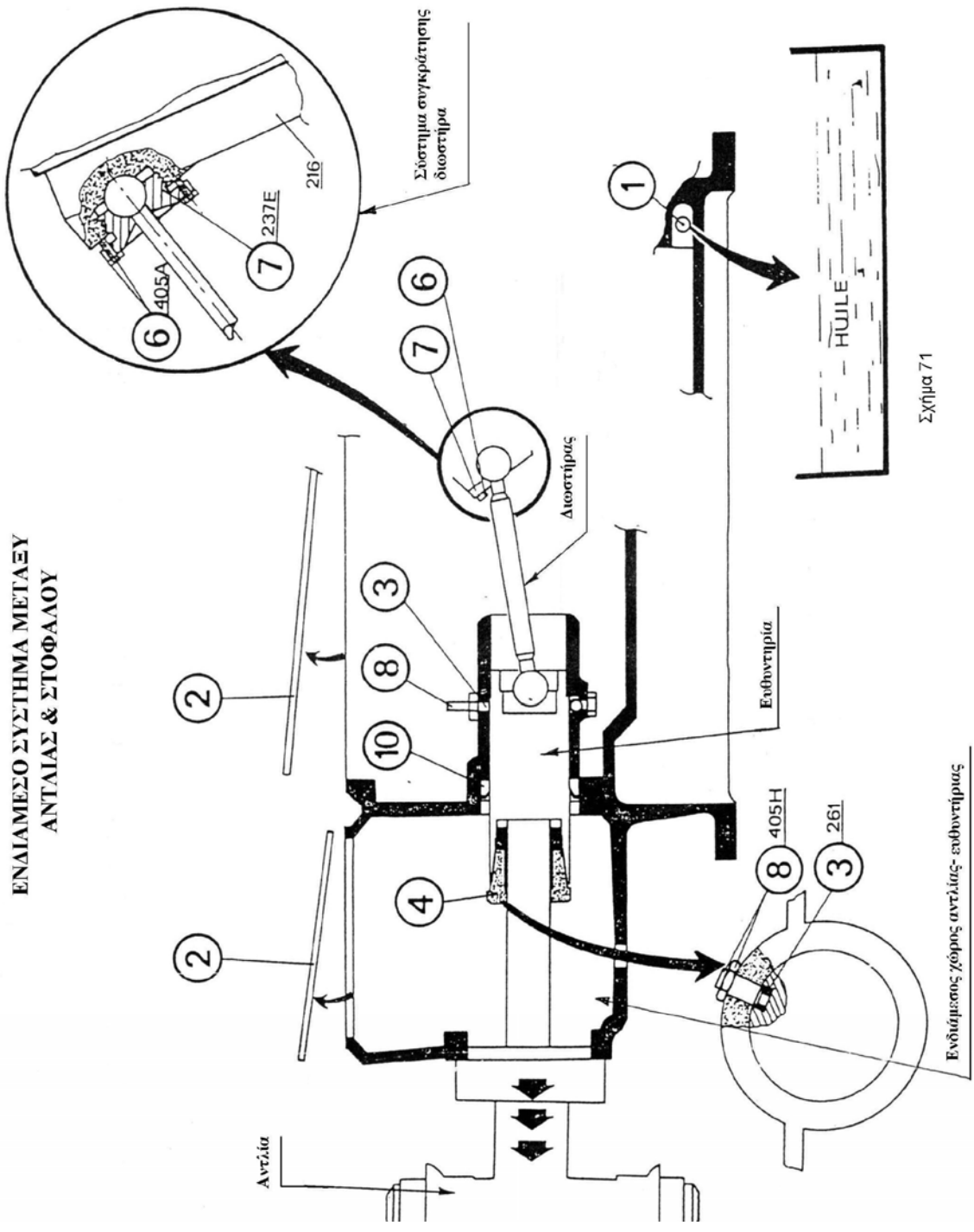
Σχήμα 69.

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ  
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ  
ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗ**



Σχήμα 70.

**ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΛΕΥ  
ΑΝΤΙΑΙΣ & ΣΤΟΦΑΛΛΟΥ**



Σχήμα 71

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

**I**

**Τεχνική οδηγία  
χρήσης σαλαμάστρας**



## **1. ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η παροχή όλων των απαιτούμενων στοιχείων και πληροφοριών για την σωστή χρήση μιας απλής σαλαμάστρας

## **2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

Η τεχνική αυτή οδηγία εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις χρήσης απλής σαλαμάστρας για τη στεγανοποίηση αξόνων αντλιών και βανών.

## **3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

### **3.1 Επιλογή**

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου σαλαμάστρας εξαρτάται από τους παρακάτω βασικούς παράγοντες

- α. Προϊόν (είδος, ΡΗ).
- β. Θερμοκρασία και πίεση προϊόντος.
- γ. Γραμμική ταχύτητα του άξονα ή του χιτωνίου του άξονα (εάν υπάρχει) σε m / sec.

Το απαιτούμενο πάχος μιας σαλαμάστρας υπολογίζεται από τον τύπο :

$$t = (D-d) / 2.$$

Όπου : D είναι η διάμετρος του στυπιοθαλάμου .

d είναι η διάμετρος του άξονα, χιτωνίου ή βάκτρου.

### 3.2 Κοπή

Το πλέον συνηθισμένο είδος σαλαμάστρας που χρησιμοποιείται στις αντλίες και τις βάνες είναι σε «κορδόνι» από το οποίο κόβονται τα δακτυλίδια της σαλαμάστρας.

Το απαιτούμενο μήκος κορδονιού για την κατασκευή ενός δακτυλιδιού προκύπτει από τον τύπο :

$$L = (D + d) / 2 \cdot \pi \cdot 1,03$$

Όπου : D είναι η διάμετρος του στυπιοθαλάμου.

d είναι η διάμετρος του άξονα, χιτωνίου ή βάκτρου.

1,03 = 3% ανοχές τοποθέτησης - σύσφιξης.

Για την κοπή μιας σαλαμάστρας χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρόποι:

α. *Με μέτρηση του κορδονιού*

Υπολογισμός του απαιτούμενου μήκους του κορδονιού (L) με βάση τον παραπάνω τύπο και κοπή αυτού με μαχαίρι δίνοντας στα άκρα αυτού ελαφρά κλίση προς το εσωτερικό (επιφάνεια άξονα).

*β. Με περιέλιξη κορδονιού σε άξονα*

Περιέλιξη του κορδονιού σαλαμάστρας γύρω από έναν άξονα (από ξύλο, πλαστικό κλπ) της ίδιας διαμέτρου με την διάμετρο της αντλίας ή του βάκτρου της βάνας. Κοπή του κορδονιού με μαχαίρι κατά μία γενέτειρα του άξονα και με μία ελαφριά κλίση ( $5^{\circ}$  –  $8^{\circ}$ ) περίπου ως προς την ακτίνα αυτού.

*γ. Με χρήση ειδικού εργαλείου*

Το εργαλείο αυτό αποτελείται από μία βάση, ένα κανόνα με υποδιαιρέσεις σε ίντσες ή χιλιοστά (οπίσθια πλευρά), που αφορούν το πάχος της σαλαμάστρας και τη διάμετρο του άξονα, βάκτρου ή χιτωνίου και από δύο υποδοχείς σαλαμάστρας εκ των οποίων η μία είναι σταθερή και η άλλη κινητή.

Για την κοπή ενός δακτυλιδιού σαλαμάστρας ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Μεταφορά του κανόνα έτσι ώστε να συμπέσει το μέγεθος της σαλαμάστρας με την χάραξη του σταθερού υποδοχέα.
- Μεταφορά του κινητού υποδοχέα έτσι ώστε να συμπέσει η χάραξή του με το μέγεθος του άξονα του κανόνα.
- Τοποθέτηση της σαλαμάστρας στους υποδοχείς και κοπή αυτής χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές εγκοπές των υποδοχέων για διαμέτρους μικρότερες της  $1 \frac{1}{2}$  in και τις εξωτερικές εγκοπές για διαμέτρους μεγαλύτερες της  $1 \frac{1}{2}$  in.

### **3.3 Αντικατάσταση**

Για την αντικατάσταση μιας σαλαμάστρας εκτελούνται τα παρακάτω:

- Αποσυναρμολόγηση του στυπιοθλίπτη και απομάκρυνσή του από το στυπιοθάλαμο.

- Εξαγωγή των δακτυλίων σαλαμάστρας με χρήση ειδικών εργαλείων . Εξαγωγή δακτυλίου λίπανσης - ψύξης με ειδικό εξολκέα.
- Καθαρισμός του στυπιοθαλάμου και έλεγχος αυτού για τυχόν φθορές.
- Μέτρηση του βάθους του στυπιοθαλάμου και εύρεση του απαιτούμενου αριθμού δακτυλίων λαμβάνοντας υπόψη το πλάτος του δακτυλίου λίπανσης - ψύξης και το μήκος του στυπιοθλίπτη μέσα στο στυπιοθάλαμο, το οποίο κατά την αρχική τοποθέτηση δεν θα είναι μικρότερο από το ήμισυ του πάχους του κορδονιού.
- Προσεκτική τοποθέτηση των δακτυλίων σαλαμάστρας στον άξονα.
- Εισαγωγή του δακτυλίου σαλαμάστρας στην αρχή του στυπιοθαλάμου τοποθετώντας με πίεση των δακτύλων πρώτα την ένωση του δακτυλίου και μετά το υπόλοιπο αυτού. Σε περίπτωση δυσκολίας κατά την εισαγωγή του δακτυλίου στο στυπιοθάλαμο λόγω πάχους, τοποθετείται ο δακτύλιος σε καθαρή επιφάνεια και συμπιέζεται με κύλιση σωλήνα και όχι με κτύπημα για μη καταστροφή της λιπαντικής του ικανότητας. Προώθηση κάθε δακτυλίου στη τελική του θέση με τη βοήθεια διαιρούμενων δακτυλίων ή άλλων ειδικών εργαλείων και την εξάσκηση μικρής πίεσης. Για μια σαλαμάστρα δύο δακτυλίων οι ενώσεις αυτών θα έχουν απόκλιση 180 μοιρών, για σαλαμάστρα τριών δακτύλων 120 μοίρες και για σαλαμάστρα τεσσάρων ή και περισσότερων δακτυλίων οι ενώσεις αυτών θα έχουν απόκλιση 90 μοιρών ακολουθώντας την ίδια φορά. Τέλος θα πρέπει να προσεχθεί η σειρά εισαγωγής του δακτυλίου λίπανσης - ψύξης, έτσι ώστε μετά τη ρύθμιση της σαλαμάστρας ο δακτύλιος να ευθυγραμμίζεται με τη δίοδο εισόδου του λιπαντικού - ψυκτικού υγρού.
- Συναρμολόγηση του στυπιοθλίπτη με τον στυπιοθάλαμο και σύσφιξη των παξιμαδιών ρύθμισης με το χέρι και στη συνέχεια με κλειδί με περιστροφή αυτών από 22,5 μοίρες μέχρι το πολύ 60 μοίρες.

- Πλήρωση της βάνας ή αντλίας με προϊόν και έλεγχος διαρροής σαλαμάστρας. Σε περίπτωση διαρροής της βάνας γίνεται σύσφιξη του στυπιοθλίπτη έως ότου εξαλειφθεί η διαρροή. Στην περίπτωση μεγάλης διαρροής της αντλίας γίνεται σύσφιξη του στυπιοθλίπτη με μικρή περιστροφή των παξιμαδιών (από 22,5 μοίρες μέχρι το πολύ 60 μοίρες), έως ότου η διαρροή φθάσει σε βαθμό, ώστε να μη δημιουργήσει πρόβλημα κατά την εκκίνηση της αντλίας.
- Λειτουργία της αντλίας και έλεγχος διαρροής και θερμοκρασίας σαλαμάστρας. Στην περίπτωση διαρροής φέρουμε αυτή σε αποδεκτά επίπεδα με μικρές διαδοχικές περιστροφές των παξιμαδιών (22,5 μέχρι 60 μοίρες) αφήνοντας κάποιο χρόνο λειτουργίας (2 -5 λεπτά) μεταξύ αυτών. Στη περίπτωση υπερθέρμανσης της σαλαμάστρας, λασκάρουμε τα παξιμάδια του στυπιοθλίπτη πάντοτε με μικρά βήματα έως ότου υπάρξει μικρή αποδεκτή διαρροή για τη ψύξη της . Σημειώνεται ότι η κύρια αιτία καταστροφής της σαλαμάστρας είναι η υπερβολική σύσφιξη του στυπιοθλίπτη.

#### **4. ΕΛΕΓΧΟΙ - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

Για το σωστό σχεδιασμό ενός συστήματος στεγανοποίησης με απλή σαλαμάστρα λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

α. Η τραχύτητα επιφάνειας άξονα, χιτωνίου ή βάκτρου πρέπει να είναι μικρότερη από 0,4  $\mu$  Ra και η τραχύτητα επιφάνειας του στυπιοθαλάμου μικρότερη από 16  $\mu$  Ra. Γενικά όσο μικρότερη είναι η τραχύτητα του άξονα ή χιτωνίου τόσο μικρότερη θα είναι η φθορά της σαλαμάστρας και όσο μικρότερη είναι η τραχύτητα των επιφανειών του στυπιοθαλάμου τόσο μεγαλύτερη θα είναι η στεγανοποίηση.

β. Η σκληρότητα του άξονα ή του χιτωνίου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 180 HB για μη μεταλλική σαλαμάστρα και μεγαλύτερη από 500 HB για μεταλλική σαλαμάστρα.

γ. Τα διάκενα πρέπει να είναι μικρότερα από τις παρακάτω τιμές:

- Μεταξύ άξονα ή χιτωνίου και πυθμένα στυπιοθαλάμου : 0,25mm.

- Μεταξύ άξονα ή χιτωνίου και στυπιοθλίπτη ή δακτυλίου λίπανσης : 0,4mm.

- Μεταξύ στυπιοθλίπτη ή δακτυλίου λίπανσης και στυπιοθαλάμου : 0.2 mm

δ. Η εκκεντρότητα του άξονα (στραβογύρισμα) πρέπει να είναι μικρότερη από 0,025 mm.

Κατά την αντικατάσταση μιας σαλαμάστρας πρέπει να γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι:

α. Καθαρότητας στυπιοθαλάμου και διόδου λιπαντικού - ψυκτικού υγρού.

β. Φθοράς άξονα η χιτωνίου και στυπιοθαλάμου.

γ. Διακένων.

δ. Εκκεντρότητας άξονα.

## 5. ΓΕΝΙΚΑ

Πριν την αποσυναρμολόγηση ενός στυπιοθλίπτη αντλίας πρέπει οπωσδήποτε να έχει προηγηθεί εκτόνωση και αποστράγγισή της, ενώ στην περίπτωση βάννας να έχει προηγηθεί τουλάχιστον εκτόνωσή της.

**II**

**Εργασίες επισκευής  
μηχανικών σαλαμάστρων**

**1. ΣΚΟΠΟΣ**



Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των διαφόρων τύπων μηχανικών σαλαμάστρων, των συνηθισμένων βλαβών τους και του ορθού τρόπου επισκευής, συναρμολόγησης και ελέγχου αυτών.

## **2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

### **2.1 Βασικά στοιχεία μηχανικής σαλαμάστρας**

Σκοπός της μηχανικής σαλαμάστρας μιας αντλίας είναι να περιορίζει στο ελάχιστο δυνατό την διαφυγή προϊόντος από την αντλία μέσω του στυπιοθαλάμου προς την ατμόσφαιρα.

Σε μια μηχανική σαλαμάστρα η κύρια φραγή επιτυγχάνεται μεταξύ του περιστρεφόμενου και σταθερού δακτυλίου φραγής (δυναμική φραγή) και η φθορά των τριβόμενων επιφανειών περιορίζεται από την ύπαρξη ενός φιλμ προϊόντος μεταξύ αυτών. Η επαφή του περιστρεφόμενου και σταθερού δακτυλίου εξασφαλίζεται από το ελατήριο, όταν η αντλία είναι σταματημένη ή χάνει αναρρόφηση και από την πίεση κυρίως του προϊόντος στην περίπτωση κανονικής λειτουργίας της αντλίας.

Επιπλέον υπάρχουν τα παρακάτω είδη φραγής:

- α. Μεταξύ περιστρεφόμενου δακτυλίου και άξονα ή χιτωνίου.
- β. Μεταξύ σταθερού δακτυλίου και πλάκας σαλαμάστρας.
- γ. Μεταξύ χιτωνίου και άξονα.
- δ. Μεταξύ στυπιοθαλάμου και πλάκας σαλαμάστρας.

### **2.2 Είδη μηχανικών σαλαμάστρων - Χρήση**

Ανάλογα με την διάταξη οι μηχανικές σαλαμάστρες κατατάσσονται σε :

1. Απλής φραγής.

α. Εγκατεστημένη εντός στυπιοθαλάμου.

β. Εγκατεστημένη εκτός στυπιοθαλάμου.

2. Πολλαπλής φραγής.

α. Διπλή σαλαμάστρα (double seals - πλάτη με πλάτη).

β. Διπλή εν σειρά σαλαμάστρα (tandem seals - μία κύρια και μία βοηθητική).

Ανάλογα με τον σχεδιασμό οι μηχανικές σαλαμάστρες κατατάσσονται σε :

1. Εξισορροπημένες και μη εξισορροπημένες (balanced, unbalanced).

2. Περιστρεφόμενου ή σταθερού κάρβουνου.

3. Ενός ή πολλαπλών ελατηρίων.

Τέλος δύο μεγάλες κατηγορίες μηχανικών σαλαμάστρων, που περιλαμβάνουν κατά ένα μεγάλο μέρος τα προαναφερθέντα είδη μηχανικών σαλαμάστρων είναι :

1. Τύπου φυσούνας (bellows type).

2. Τύπου φυσιγγίου (cartridge type).

Οι μηχανικές σαλαμάστρες απλής φραγής είναι οι απλούστερες και συνηθέστερες. Εξ αυτών οι εγκατεστημένες εκτός στυπιοθαλάμου είναι σπάνιες και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις προϊόντων διαβρωτικών ή χαμηλής πίεσης.

Οι σαλαμάστρες πολλαπλής φραγής χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που απαιτούν:

α. Ένα ουδέτερο υγρό για λίπανση.

β. Βελτιωμένη αντίσταση διάβρωσης.

γ. Μία απομονωμένη περιοχή ή ζώνη ασφαλείας.

Η επιλογή εξισορροπημένης μηχανικής σαλαμάστρας ή μη εξαρτάται από την πίεση του προϊόντος στον στυπιοθάλαμο. Εάν η πίεση του προϊόντος είναι μεγάλη και χρησιμοποιηθεί μη εξισορροπημένη σαλαμάστρα τότε το φιλμ προϊόντος μεταξύ των επιφανειών φραγής καταστρέφεται, με αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη φθορά των τριβομένων επιφανειών. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται εξισορροπημένη σαλαμάστρα με χαρακτηριστικό την εμφάνιση γόνατου στο δακτύλιο φραγής από κάρβουνο.

Η επιλογή μηχανικής σαλαμάστρας σταθερού ή περιστρεφόμενου κάρβουνου καθορίζεται από την ταχύτητα του άξονα της αντλίας.

Η επιλογή μηχανικής σαλαμάστρας ενός ελατηρίου ή πολλαπλών ελατηρίων εξαρτάται από τον διαθέσιμο χώρο και το προϊόν. Οι μηχανικές σαλαμάστρες με ένα ελατήριο είναι πιο συχνές, δεν «μπλοκάρουν» εύκολα από βρωμιά και αντέχουν λόγω κατασκευής περισσότερο σε διάβρωση.

Οι μηχανικές σαλαμάστρες τύπου φυσούνας χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις προϊόντων υψηλής θερμοκρασίας ή διάβρωσης (χημική και μηχανική διάβρωση).

Οι μηχανικές σαλαμάστρες τύπου φυσιγγίου κατέχουν σήμερα περίπου 5% των εφαρμογών με ολοένα αυξανόμενη τάση για λόγους κύρια μειωμένης συντήρησης.

### **2.3 Βοηθητικά κυκλώματα μηχανικών σαλαμάστρων.**

Ο κορμός της αντλίας και η πλάκα της σαλαμάστρας φέρουν στην περιοχή του στυπιοθαλάμου κάποιες αναμονές στις οποίες συνδέονται διάφορα βοηθητικά κυκλώματα. Μέσω των κυκλωμάτων αυτών διοχετεύονται διάφορα ρευστά (προϊόν

αντλίας, seal oil, ατμός κλπ) με σκοπό τον καθαρισμό και την ψύξη των εξαρτημάτων της μηχανικής σαλαμάστρας, την αποφυγή δημιουργίας κενού και την ασφάλεια.

Στην αναμονή 1 της μηχανικής σαλαμάστρας απλής φραγής του σχήματος 72A συνδέεται είτε το ίδιο το προϊόν της αντλίας (αυτολίπανση), είτε άλλο καθαρότερο και ψυχρότερο προϊόν (seal oil) για λόγους καθαρισμού και ψύξης. Το προϊόν αυτό καταλήγει στο εσωτερικό της αντλίας. Στην αναμονή 2 του ίδιου σχεδίου συνδέεται συνήθως ατμός ή άζωτο κύρια για λόγους ψύξης και ασφάλειας.

Στη διπλή σαλαμάστρα (πλάτη με πλάτη) του σχήματος 72B οι αναμονές 1 και 1' χρησιμεύουν για την είσοδο και έξοδο ενός ουδέτερου υγρού υπό πίεση για λίπανση και ψύξη. Σε περίπτωση διαρροής της πρώτης σαλαμάστρας το ουδέτερο υγρό εισέρχεται στο εσωτερικό της αντλίας.

Στη διπλή εν σειρά σαλαμάστρα του σχήματος 72B οι αναμονές 1 και 2 έχουν την ίδια χρήση με τις αντίστοιχες αναμονές της σαλαμάστρας απλής φραγής. Τέλος η αναμονή 3 χρησιμοποιείται για την διοχέτευση τυχόν διαρροών προϊόντων στο κύκλωμα.

## **2.4 Βλάβες μηχανικών σαλαμάστρων.**

Η διάρκεια ζωής μιας μηχανικής σαλαμάστρας μειώνεται σημαντικά σε περίπτωση σχετικής κίνησης μεταξύ των εξαρτημάτων της, που προέρχεται από γωνιακή ή παράλληλη απόκλιση, αξονικό παίξιμο ή στραβογύρισμα των αξόνων.

Οι βλάβες που συνήθως παρουσιάζονται στις μηχανικές σαλαμάστρες, τα συμπτώματα αυτών και οι διορθωτικές ενέργειες που πρέπει να γίνουν για την πρόληψή τους είναι οι εξής :

### *1. Εξάτμιση*

### α. Συμπτώματα

- Ελαφρά σημειακή και γραμμική φθορά του προσώπου του δακτυλίου από κάρβουνο.
- Ακτινικές επιφανειακές ρωγμές του μεταλλικού δακτυλίου.
- Αποθέσεις σκόνης κάρβουνου στην εξωτερική πλευρά των δακτυλίων.

### β. Διορθωτικές ενέργειες

- Έλεγχος επιλογής υλικών.
- Έλεγχος - αύξηση ροής βοηθητικών κυκλωμάτων

## 2. Μικροεξάτμιση

### α. Συμπτώματα

- Μεγάλη φθορά του κάρβουνου.
- Το πρόσωπο του κάρβουνου είναι σαν «καθρέπτης».
- Ο μεταλλικός δακτύλιος είναι σε πολύ καλή κατάσταση.
- Αποθέσεις σκόνης κάρβουνου στην εξωτερική πλευρά των δακτυλίων.

### β. Διορθωτικές ενέργειες

- Έλεγχος επιλογής υλικών.
- Έλεγχος - αύξηση ροής βοηθητικών κυκλωμάτων.

### 3. Μηχανική φθορά

#### α. Συμπτώματα

- Βαθιά περιφερειακή ψωρίαση στο πρόσωπο του μεταλλικού δακτυλίου.
- Βαθιές αυλακώσεις στο πρόσωπο του κάρβουνου.
- Ξένα σωματίδια παραμένουν στο κάρβουνο, που γίνεται σαν τροχός σκάβοντας το μεταλλικό δακτύλιο.

#### β. Διορθωτικές ενέργειες

- Χρήση σκληρού υλικού και στους δύο δακτυλίους.
- Χρήση καθαρού ρευστού καθαρισμού και ψύξης από εξωτερική πηγή.
- Μερικές εφαρμογές απαιτούν διπλές σαλαμάστρες.

### 4. Ξηρή λειτουργία

Συμβαίνει όταν καθόλου ή ανεπαρκές υγρό υπάρχει ανάμεσα στα δύο τριβόμενα πρόσωπα.

#### α. Συμπτώματα

- Γυαλισμένη ψωρίαση, αποχρωματισμός, υπερθέρμανση προσώπου μεταλλικού δακτυλίου.
- Γραμμές γραμμοφώνου, στρογγυλεμένες ακμές προσώπου κάρβουνου.
- Πιθανή σκλήρυνση και θραύση ελαστικών δακτυλίων.

## β. Διορθωτικές ενέργειες

- Έλεγχος βοηθητικών κυκλωμάτων για τυχόν φραγή τους.
- Έλεγχος πίεσης στυπιοθαλάμου και τάσης ελατηρίων.
- Έλεγχος συμβατότητας υλικών.

5. *Προβλήματα σαλαμάστρων από προϊόντα μεγάλου ιξώδους και από συνένωση επιφανειών φραγής λόγω μεγάλης ακινησίας της αντλίας.*

### α. Συμπτώματα

- Αποκόλληση κομματιών από την επιφάνεια του κάρβουνου.
- Γυαλισμένο ή με ελαφρές γραμμώσεις πρόσωπο μεταλλικού δακτυλίου.
- Πιθανό σπάσιμο κάρβουνου στην εγκοπή συγκράτησης.

## β. Διορθωτικές ενέργειες

- Έλεγχος ικανότητας της σαλαμάστρας για το ιξώδες του προϊόντος.
- Θέρμανση με ατμό της σαλαμάστρας και των βοηθητικών κυκλωμάτων τουλάχιστον για 30 min πριν το ξεκίνημα της αντλίας.

## 6. Απανθράκωση

Συμβαίνει όταν ελάχιστες ποσότητες προϊόντος του φιλμ μεταξύ των επιφανειών φραγής διαφεύγουν και απανθρακώνονται στην ατμοσφαιρική πλευρά της σαλαμάστρας.

### α. Συμπτώματα

Συσσωρευση στερεών.

β. Διορθωτικές ενέργειες

Χρήση μόνιμης παροχής ατμού στην ατμοσφαιρική πλευρά της σαλαμάστρας.

## 7. Παραμόρφωση προσώπου

α. Συμπτώματα

Η σαλαμάστρα χάνει αμέσως στο ξεκίνημα. Κατά την αποσυναρμολόγηση παρουσιάζονται μη ομοιόμορφα σημάδια στα πρόσωπα φραγής.

β. Διορθωτικές ενέργειες.

- Εάν τα σημάδια φαίνονται στο περιστρεφόμενο δακτύλιο και αυτό είναι από στελλίτη η αιτία είναι το ελατήριο.
- Εάν τα σημάδια είναι στο κάρβουνο και ο ελαστικός δακτύλιος είναι από ελαστομερές, ελέγχεται εάν έχει καμφθεί ο πείρος.

## 8. Βλάβες ελαστικών δακτυλίων φραγής (o-rings)

α. Συμπτώματα

- Κάποια πλευρά του ελαστικού δακτυλίου φραγής έχει την εμφάνιση ότι τρώγεται ή έχει χάσει την αρχική του σύσταση και σπάζει.
- Αποχρωματισμός (μπλέ/μάυρο) ελαστικού δακτυλίου φραγής από τεφλόν.
- Σκλήρυνση και θραύση ελαστικού δακτυλίου φραγής από συνθετικό ελαστικό.
- Παραμόρφωση, ξεφλούδισμα ή κόψιμο ελαστικών δακτυλίων φραγής.



## β. Διορθωτικές ενέργειες

- Έλεγχος υλικού και διαστάσεων ελαστικών δακτυλίων φραγής.
- Έλεγχος επιλογής αρχικής σαλαμάστρας.
- Έλεγχος μπλοκαρίσματος βοηθητικών κυκλωμάτων ψύξης και λίπανσης σαλαμάστρων.
- Έλεγχος χαμηλής πίεσης αναρρόφησης, ξηρής λειτουργίας κλπ.

## 9. Μηχανική διάβρωση - σπάσιμο κάρβουνου.

Συμβαίνει όταν η διαφορική πίεση μεταξύ εισόδου και εξόδου του υγρού καθαρισμού και ψύξης είναι πολύ υψηλή ή όταν το υγρό αυτό περιέχει διαβρωτικά στερεά.

### α. Συμπτώματα

- Αφαίρεση μέρους του κάρβουνου

### β. Διορθωτικές ενέργειες

- Μείωση ταχύτητας ροής υγρού καθαρισμού και ψύξης.
- Χρήση εάν είναι δυνατόν σταθερού δακτυλίου από καρβίδιο πυριτίου ή βολφραμίου.

## 10. Βλάβες χιτωνίου

### α. Συμπτώματα

- Διάβρωση χιτωνίου στο σημείο φραγής με περιστρεφόμενο δακτύλιο. Η φθορά του χιτωνίου μπορεί να προκληθεί από κραδασμούς ή διάβρωση.

β. Διορθωτικές ενέργειες

- Μείωση κραδασμών αντλίας.
- Βελτίωση υλικού χιτωνίου ή επισκευή χιτωνίου με αναβαθμισμένο υλικό στο σημείο φραγής.

## 2.5 Επισκευή - Συναρμολόγηση

Η επισκευή των μηχανικών σαλαμάστρων περιλαμβάνει τις παρακάτω εργασίες:

- Αποσυναρμολόγηση και καθαρισμός εξαρτημάτων μηχανικής σαλαμάστρας.
- Έλεγχος και καθαρισμός βοηθητικών κυκλωμάτων.
- Έλεγχος εξαρτημάτων για φθορές.
- Λείανση - ανάκτηση περιστρεφόμενου και σταθερού δακτυλίου στη μηχανή λείανσης εφ' όσον η φθορά αυτών το επιτρέπει.
- Αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων.
- Συναρμολόγηση - εγκατάσταση μηχανικής σαλαμάστρας.

Κατά την συναρμολόγηση των εξαρτημάτων μηχανικής σαλαμάστρας πρέπει να ακολουθηθούν οι παρακάτω οδηγίες :

- Όλες οι γωνίες από τις οποίες «περνάνε» οι ελαστικοί δακτύλιοι φραγής (o-rings) είναι πολύ καλά λειασμένες.
- Εάν οι ελαστικοί δακτύλιοι φραγής είναι από ελαστομερές, χρησιμοποιείται γράσο ή κατάλληλο λάδι για διευκόλυνση τοποθέτησης.

- Εάν οι ελαστικοί δακτύλιοι φραγής είναι από τεφλόν τότε χρησιμοποιείται ένας άξονας - χιτώνιο της ίδιας διαμέτρου με τον άξονα - χιτώνιο της αντλίας και τοποθετείται ο περιστρεφόμενος δακτύλιος με τον ελαστικό δακτύλιο φραγής επάνω στον άξονα - χιτώνιο με τη βοήθεια μιας χειροπρέσσας.

Ακολουθεί βύθιση των παραπάνω εξαρτημάτων σε ζεστό νερό (80-90 °C) για πέντε λεπτά και στη συνέχεια η ψύξη τους σε κρύο νερό.

Τέλος αφαιρείται ο βοηθητικός άξονας - χιτώνιο και τοποθετείται ο περιστρεφόμενος δακτύλιος σε χρόνο μικρότερο από δύο ώρες στη θέση του. Διαφορετικά ο ελαστικός δακτύλιος από τεφλόν θα επανέλθει στις αρχικές του διαστάσεις και σχήμα και θα χρειαστεί να επαναληφθεί η διαδικασία φορμαρίσματος.

- Στην περίπτωση τοποθέτησης νέου ελαστικού δακτυλίου από τεφλόν σε περιστρεφόμενο δακτύλιο ή χιτώνιο άξονα θερμαίνεται ο ελαστικός δακτύλιος μέχρι να μαλακώσει και τοποθετείται στο κανάλι με την βοήθεια ενός ξύλου ή χειρολαβής κατσαβιδιού.

- Τοποθετείται ο ελαστικός δακτύλιος επάνω στο σταθερό δακτύλιο φραγής, αλείφεται με γράσο, ευθυγραμμίζεται η εγκοπή του σταθερού δακτυλίου φραγής με τον πείρο συγκρατήσεως και πιέζεται μέχρι την τελική του θέση με την βοήθεια παρεμβύσματος, περιστρεφόμενου δακτυλίου, μεταλλικής πλάκας και χειροπρέσσας όπως φαίνεται στο σχήμα 75.

- Πριν την τελική τοποθέτηση στην αντλία, καθαρίζονται με διαλυτικό τα πρόσωπα φραγής του περιστρεφόμενου και σταθερού δακτυλίου από γράσο, λάδι ή ξένα σώματα.

### 3. ΕΛΕΓΧΟΙ

Σε κάθε επισκευή μηχανικής σαλαμάστρας πρέπει να γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι:

- Έλεγχος καθαρότητας και φθοράς εξαρτημάτων μηχανικής σαλαμάστρας.
- Έλεγχος επιπεδότητας προσώπων σταθερού και περιστρεφόμενου δακτυλίου με την βοήθεια κατόπτρου και μονοχρωματικής πηγής φωτός.
- Έλεγχος φοράς ελατηρίου. Βλέποντας την μηχανική σαλαμάστρα από την πλάκα φραγής το ελατήριο πρέπει να έχει την ίδια φορά σπείρας με την φορά περιστροφής του άξονα.
- Έλεγχος παραλληλότητας προσώπων σταθερού δακτυλίου και πλάκας φραγής.
- Έλεγχος αξονικής ολίσθησης περιστρεφόμενου δακτυλίου φραγής επάνω στο χιτώνιο - άξονα.
- Έλεγχος ροής βοηθητικών κυκλωμάτων.

Στην περίπτωση που η συχνότητα των επισκευών δεν δικαιολογείται από το προϊόν ή τα υλικά των εξαρτημάτων της μηχανικής σαλαμάστρας, τότε θα πρέπει επιπλέον να γίνουν και οι παρακάτω έλεγχοι.

- Ευθύτητα άξονα (μέγιστη απόκλιση : 0,05 mm).
- Εκκεντρότητα άξονα (μέγιστη απόκλιση : 0,05 mm).
- Ανοχές ρουλεμάν σε αξονική και ακτινική μετατόπιση του άξονα (μέγιστη απόκλιση : 0,05mm).
- Εκκεντρότητα χιτωνίου (μέγιστη απόκλιση : 0,05 mm).
- Εκκεντρότητα στυπιοθαλάμου (μέγιστη απόκλιση : 0,05 mm).

- Καθετότητα προσώπου στυπιοθαλάμου σε σχέση με τον άξονα (μέγιστη απόκλιση :0,05 mm).
- Ευθυγράμμιση συνδέσμου (μέγιστη απόκλιση : 0,1mm).
- Εκκεντρότητα μετά την ολοκλήρωση της συναρμολόγησης (μέγιστη απόκλιση : 0,05 mm).

#### **4. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει να γίνει αποσυναρμολόγηση σαλαμάστρας εάν προηγουμένως δεν έχουν γίνει οι παρακάτω ενέργειες :

- Διαδικασία tag - out του ηλεκτροκινητήρα ή κλείσιμο βανών ατμοτουρπίνας ή διακοπή καυσίμων στις νηζελομηχανές.
- Κλείσιμο βανών αναρρόφησης και κατάθλιψης αντλίας και βοηθητικών κυκλωμάτων.
- Αποστράγγιση αντλίας και τοποθέτηση τυφλών.

1

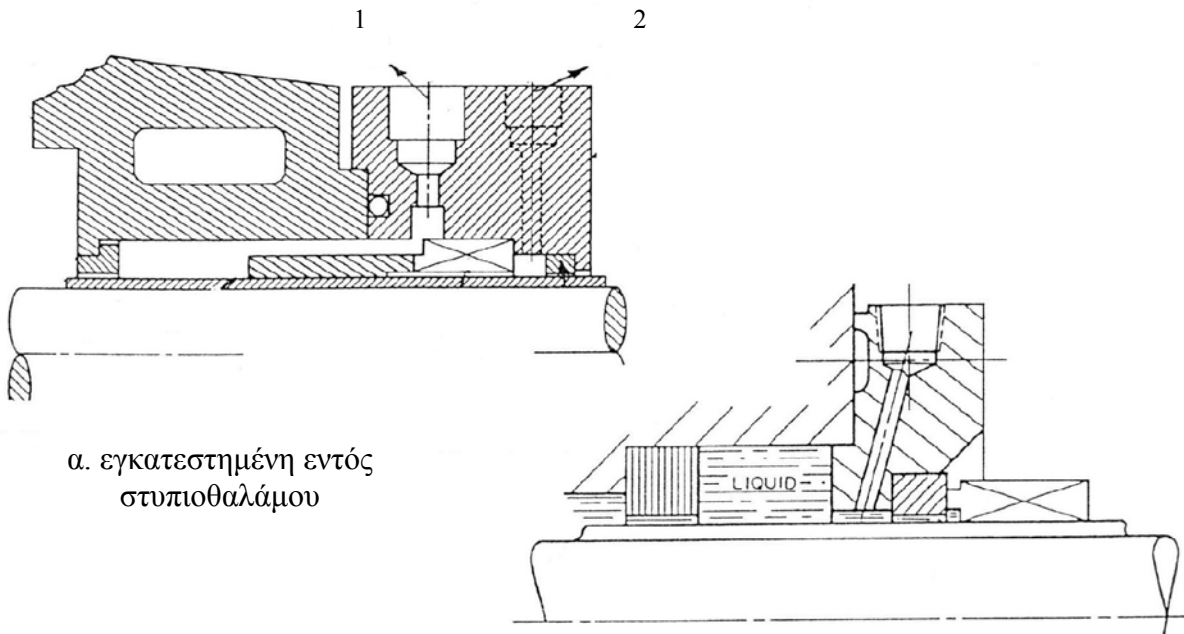
3

α. διπλή σαλαμάστρα (πλάτη με πλάτη)

153  
2

ΕΙΔΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΦΡΑΓΗΣ

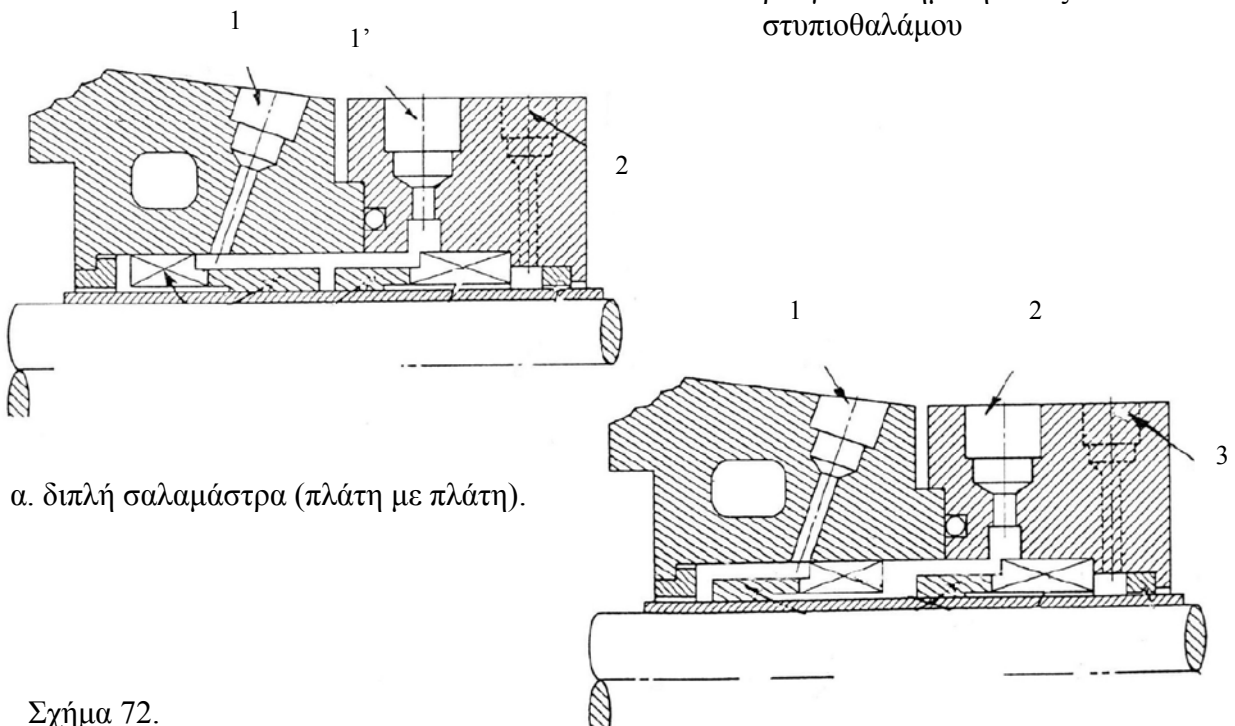
Α. ΑΠΛΗΣ ΦΡΑΓΗΣ



α. εγκατεστημένη εντός στυπιοθαλάμου

β. εγκατεστημένη εκτός στυπιοθαλάμου

Β. ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΦΡΑΓΗΣ

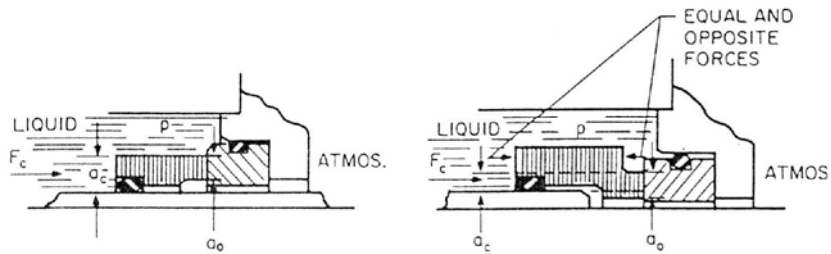


α. δίπλη σαλαμάστρα (πλάτη με πλάτη).

β. δίπλη εν σειρά σαλαμάστρα (TANDEM). +

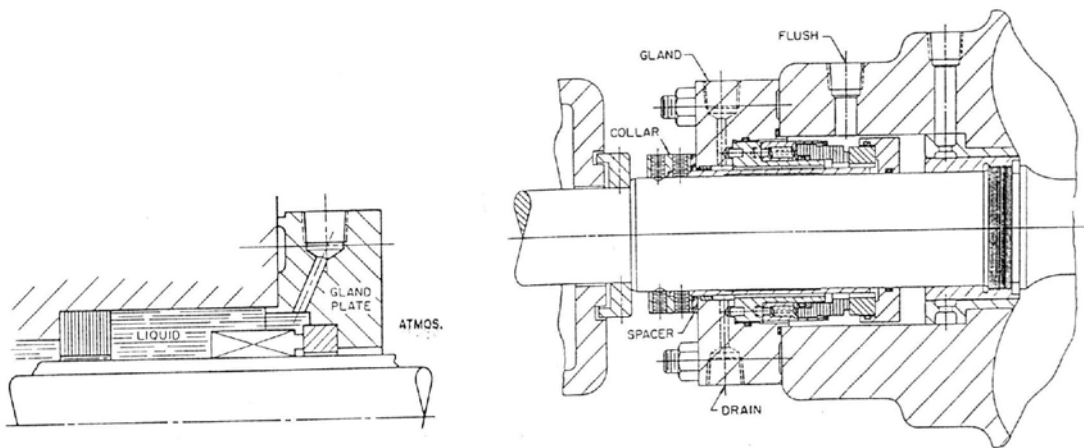
Σχήμα 72.

ΕΙΔΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ  
ΜΕ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΥΤΩΝ



α. Μη εξισορροπημένες

β. Εξισορροπημένες



α. Σταθερού κάρβουνου

β. Περιστρεφόμενου κάρβουνου



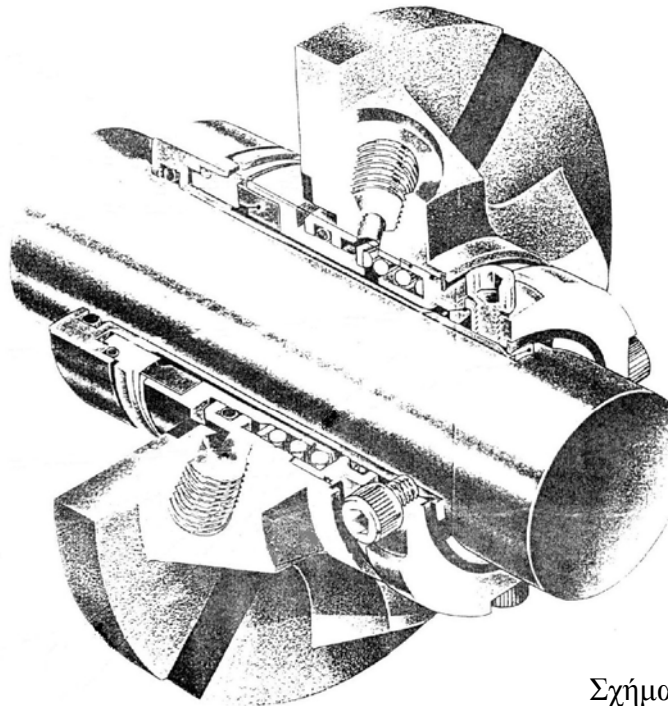
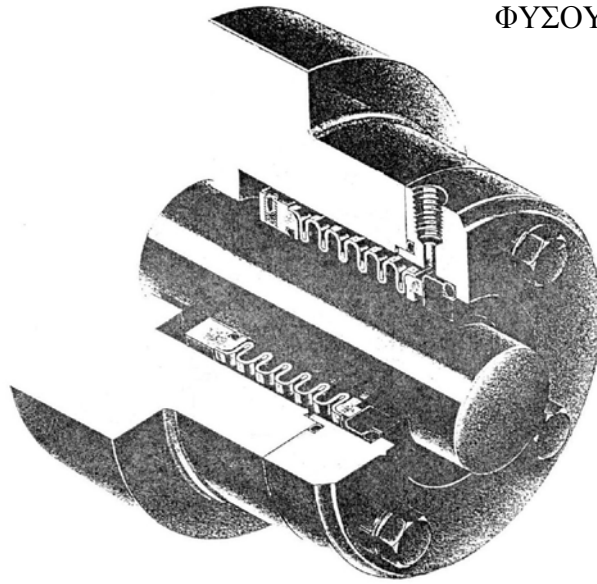
α. Ενός ελατηρίου

β. Πολλαπλών ελατηρίων

Σχήμα 73.

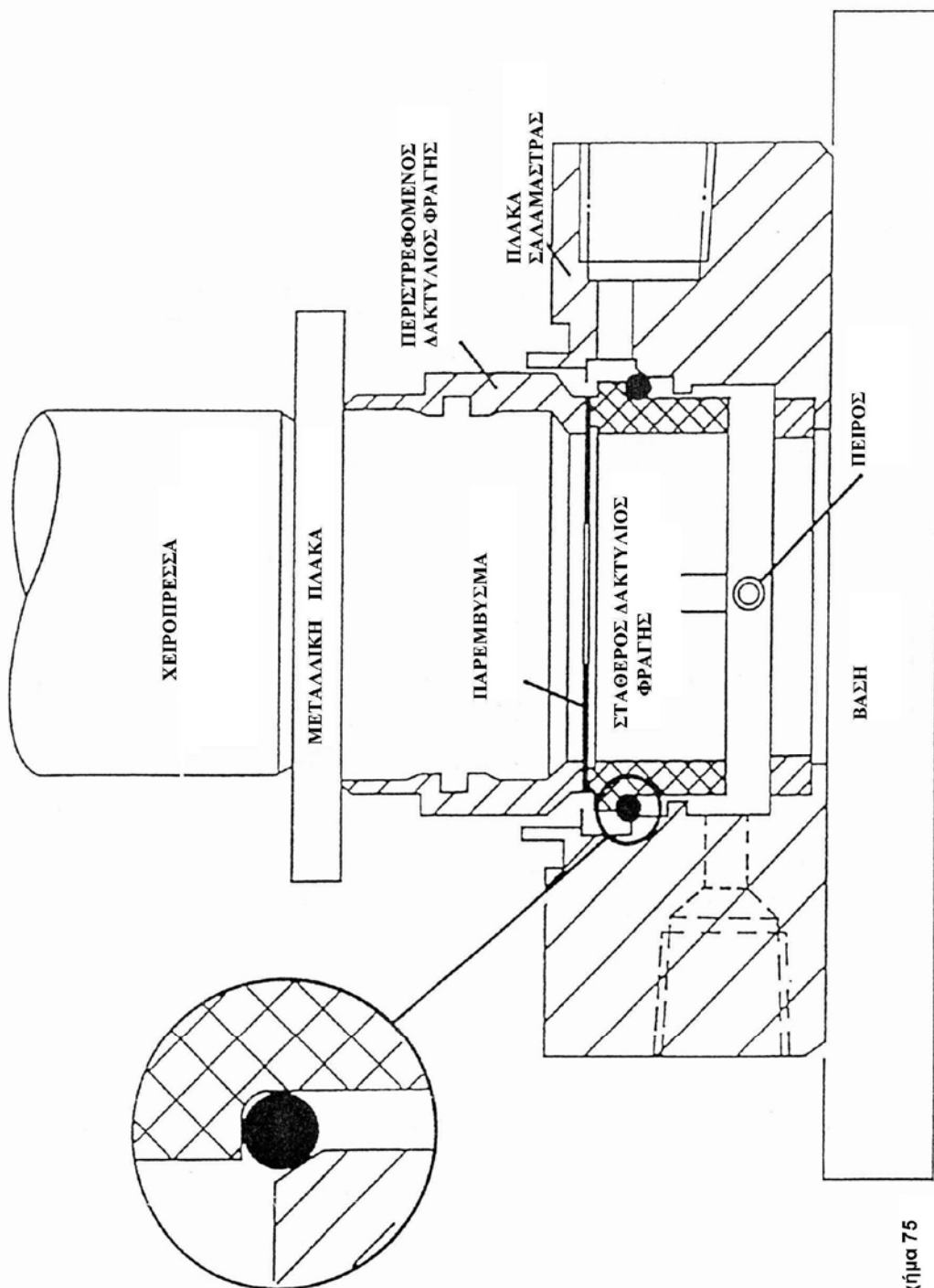


ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ  
ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΕΣ ΤΥΠΟΥ  
ΦΥΣΟΥΝΑΣ & ΦΥΣΙΓΓΙΟΥ



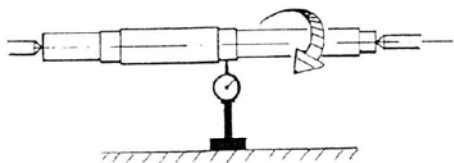
Σχήμα 74.

**ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΝΑΡΜΟΓΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ  
ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΑΣ**

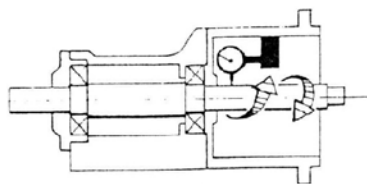


Σχήμα 75

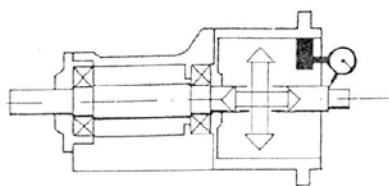
## ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΑΛΑΜΑΣΤΡΩΝ



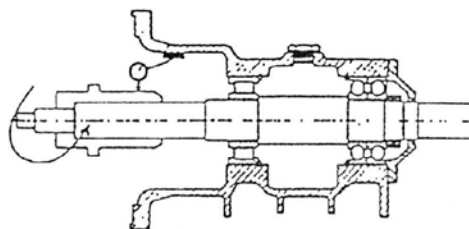
1. Ευθύτητα άξονα



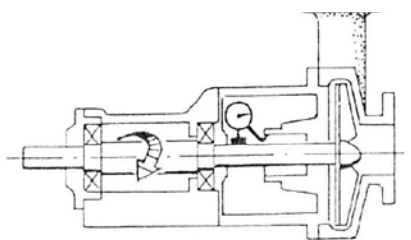
2. Εκκεντρότητα άξονα



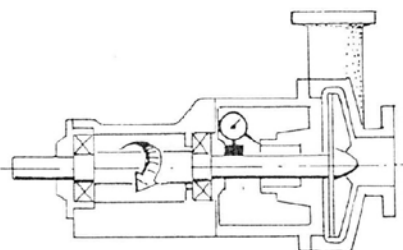
3. Ανοχές ρουλεμάν



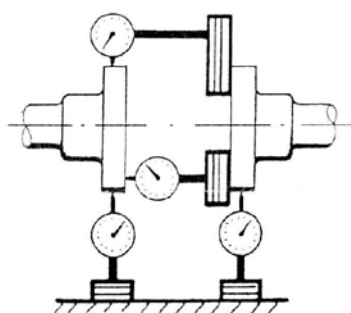
4. Εκκεντρότητα χιτωνίου



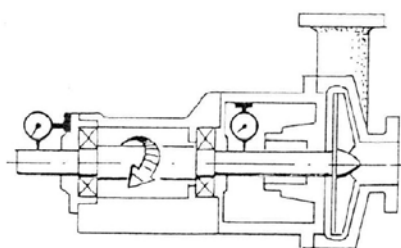
5. Εκκεντρότητα στυπιοθαλάμου



6. Καθετότητα προσώπου  
στυπιοθαλάμου



7. Ευθυγράμμιση συνδέσμου



8. Έλεγχος μετά τη  
συναρμολόγηση

Σχήμα 76.

### **III**

## **Χρήση συνδέσμων**

## **1. ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των διαφόρων τύπων συνδέσμων (couplings) μεταξύ κινητηρίου μηχανήματος, γραναζοκιβωτίου εάν υπάρχει και κινουμένου μηχανήματος και του ορθού τρόπου εκτέλεσης εργασιών επισκευής και εγκατάστασης αυτών.

## **2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ.**

### **2.1 Είδη συνδέσμων**

Μερικά είδη συνδέσμων παρουσιάζονται παρακάτω και είναι αυτά που καλύπτουν το 95 % περίπου των εφαρμογών.

1. Ελαστικοί σύνδεσμοι.
  - α. Σύνδεσμος με ελάσματα (μεμβράνες).
  - β. Σύνδεσμος με οδόντωση.
  - γ. Σύνδεσμος με ελατηριωτό πλέγμα.
2. Σταθεροί σύνδεσμοι.
  - α. Φλαντζωτός σύνδεσμος.
  - β. Διαιρούμενος σύνδεσμος.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου συνδέσμου, που απαιτείται για μια εφαρμογή εξαρτάται κυρίως από την μεταφερόμενη ισχύ, ταχύτητα περιστροφής, απόκλιση ευθυγράμμισης, κόστος και αξιοπιστία.

Οι ελαστικοί σύνδεσμοι επιτρέπουν μικρή απόκλιση ευθυγράμμισης σε αντίθεση με τους σταθερούς, όπου επιβάλλεται πλήρης ευθυγράμμιση. Οι σταθεροί σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε κατακόρυφα μηχανήματα και έχουν συνήθως δυνατότητα ρύθμισης (αξονική μετατόπιση) της θέσης του άξονα του κινουμένου μηχανήματος.

Τέλος οι σύνδεσμοι διακρίνονται σε λιπαινόμενους και μη λιπαινόμενους. Από τους παραπάνω συνδέσμους οι ελαστικοί σύνδεσμοι με οδόντωση και ελατηριωτό πλέγμα είναι λιπαινόμενοι και η λίπανσή τους γίνεται με γράσο.

## **2.2 Βλάβες συνδέσμων.**

Ανάλογα με τον τύπο του συνδέσμου παρουσιάζονται οι παρακάτω βασικές βλάβες

α. Οι ελαστικοί σύνδεσμοι με ελάσματα παρουσιάζουν συνήθως θραύση των ελασμάτων τους.

β. Στους ελαστικούς συνδέσμους με οδόντωση φθείρεται συνήθως η οδόντωση και

γ. Στους ελαστικούς συνδέσμους με ελατηριωτό πλέγμα παρατηρείται συνήθως θραύση του ελατηριωτού πλέγματος.

Όλοι οι τύποι των συνδέσμων είναι δυνατόν να παρουσιάσουν επίσης φθορά στην συναρμογή τους με τον άξονα, φθορά στον σφηνότοπο των αξόνων και των συνδέσμων ή ακόμη και κοπή των σφηνών.

Αιτίες των παραπάνω βλαβών είναι κυρίως η κακή ευθυγράμμιση, η κακή συναρμολόγηση και η έλλειψη λίπανσης.

### **2.3 Αποσυναρμολόγηση - Επισκευή - Συναρμολόγηση.**

Η εξαγωγή των ακραίων τεμαχίων των συνδέσμων από τους άξονες γίνεται μόνο με την χρήση κατάλληλου εξολκέα εν θερμό ( $\cong 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Απαγορεύονται τα κτυπήματα με σφυριά, βαριοπούλες κλπ, διότι θα προκληθεί βλάβη στις σαλαμάστρες, στα ρουλεμάν των μηχανημάτων, καθώς και στα ακραία τεμάχια των συνδέσμων και στους άξονες αυτών.

Ανάλογα με τον τύπο του συνδέσμου και την εκδηλωθείσα βλάβη η επισκευή του συνδέσμου είναι δυνατόν να περιλάβει:

- α. Αντικατάσταση ελασμάτων (μεμβράνης).
- β. Αντικατάσταση εσωτερικού - εξωτερικού οδοντωτού ζεύγους.
- γ. Αντικατάσταση ελατηριωτού πλέγματος.
- δ. Αντικατάσταση άξονα και ακραίου τεμαχίου συνδέσμου ή γόμωση με ηλεκτρόδιο και τονίρισμα αυτών στις επιθυμητές διαστάσεις.

Κατά την συναρμολόγηση των συνδέσμων γίνονται οι παρακάτω εργασίες :

- α. Έλεγχος των επιφανειών συναρμογής (ακραίων τεμαχίων - συνδέσμων) για διάβρωση, «κτυπήματα», «αρπάγματα» κλπ.
- β. Έλεγχος διαστάσεων για την επίτευξη ικανοποιητικής συναρμογής. Η διάμετρος των αξόνων θα πρέπει να είναι περίπου 0,02 mm μεγαλύτερη της εσωτερικής διαμέτρου των ακραίων τεμαχίων.

γ. Έλεγχος διαστάσεων και κατάστασης σφηνών και σφηνοτόπων.

δ. Τοποθέτηση των ακραίων τεμαχίων των συνδέσμων στους άξονες, αφού πρώτα θερμανθούν τα ακραία τεμάχια σε ηλεκτρική αντίσταση ή επαγωγικό θερμαντήρα σε θερμοκρασία περίπου 150 °C. Η τοποθέτηση γίνεται ελεύθερα χωρίς την χρήση εργαλείων. Η συναρμογή σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις είναι σφικτή. Εξαιρέση ελεύθερης συναρμογής είναι η περίπτωση του ακραίου τεμαχίου σταθερού φλαντζωτού συνδέσμου από την πλευρά του μηχανήματος, όπου απαιτείται ρύθμιση της θέσης του άξονα.

ε. Αρχική ευθυγράμμιση των αξόνων σε όλες τις περιπτώσεις που έχει απομακρυνθεί ή μετακινηθεί από την αρχική του θέση, έστω και ένα από τα μηχανήματα εκατέρωθεν ενός ελαστικού συνδέσμου. Η αρχική ευθυγράμμιση γίνεται με μηχανικό ωρολόι, πασσέτο, filler κλπ και καλύπτει την γωνιακή, παράλληλη και αξονική απόκλιση.

Διευκρινίζεται ότι :

- Γωνιακή απόκλιση παρουσιάζεται όταν οι άξονες κινητηρίου και κινουμένου μηχανήματος σχηματίζουν γωνία διάφορη των 0 μοιρών.
- Παράλληλη απόκλιση παρουσιάζεται όταν οι αξονικές γραμμές των αξόνων κινητηρίου και κινουμένου μηχανήματος δεν συμπίπτουν.
- Αξονική απόκλιση παρουσιάζεται όταν τα πρόσωπα των αξόνων απέχουν απόσταση διαφορετική από την επιβαλλόμενη.

στ. Ορθή τοποθέτηση παρεμβύσματος, τσιμουχών και o-rings όπου απαιτούνται (σύνδεσμοι με οδόντωση και ελατηριωτό πλέγμα).

ζ. Πολύ καλή πλήρωση των συνδέσμων με οδόντωση ή ελατηριωτό πλέγμα με γράσο. Η πλήρωση γίνεται με το χέρι ή γρασαδόρο εάν υπάρχουν υποδοχές γρασαρίσματος και λαμβάνεται μέριμνα ώστε να μην αφήνονται στον εσωτερικό χώρο κενά αέρος.



η. Τελική ευθυγράμμιση των μηχανημάτων που έχουν ελαστικό σύνδεσμο με συσκευή Laser, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η γωνιακή και παράλληλη απόκλιση.

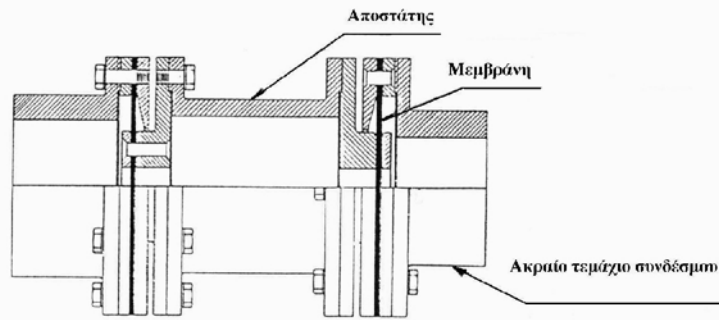
### **3. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Τόσο κατά την λειτουργία, όσο κατά την διάρκεια οποιαδήποτε επισκευής θα πρέπει να λαμβάνονται τα παρακάτω μέτρα ασφαλείας :

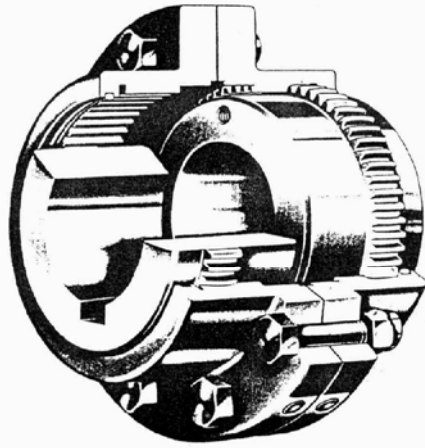
α. Σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει να λειτουργεί μηχάνημα χωρίς το προστατευτικό κάλυμμα του συνδέσμου.

β. Σε καμιά περίπτωση δεν αφαιρείται το προστατευτικό κάλυμμα συνδέσμου για την εκτέλεση εργασιών επισκευής, εάν προηγουμένως δεν έχει γίνει διαδικασία αποσυνδέσεως (tag - out) του ηλεκτροκινητήρα, κλείσιμο βανών ατμοτουρμπίνας ή διακοπή καυσίμων στις ντηζελομηχανές.

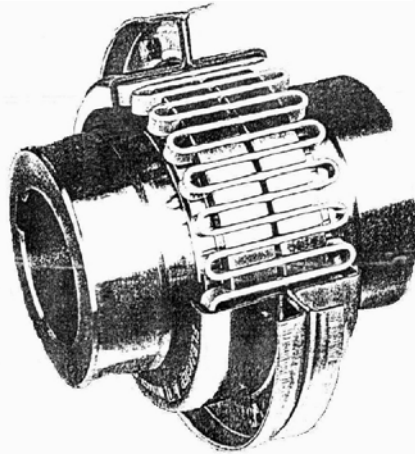
## ΕΙΔΗ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ



α. Σύνδεσμος με ελάσματα (μεμβράνες).



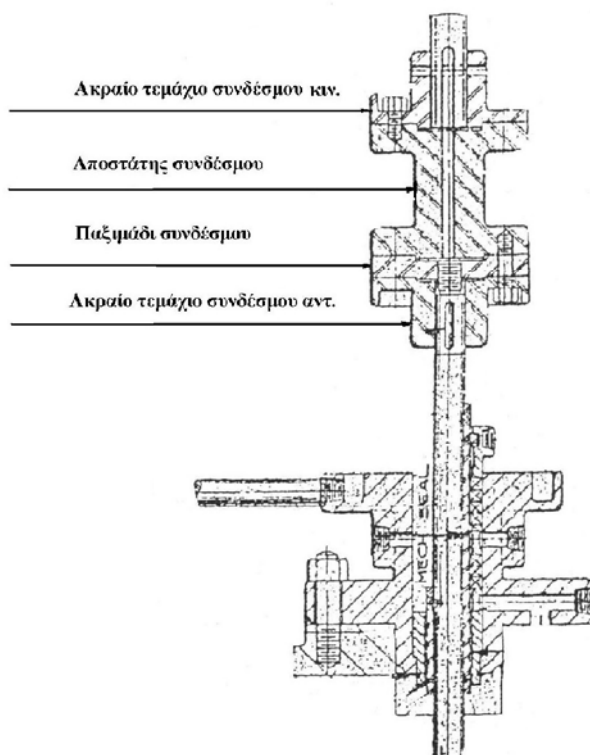
β. Σύνδεσμος με οδόντωση



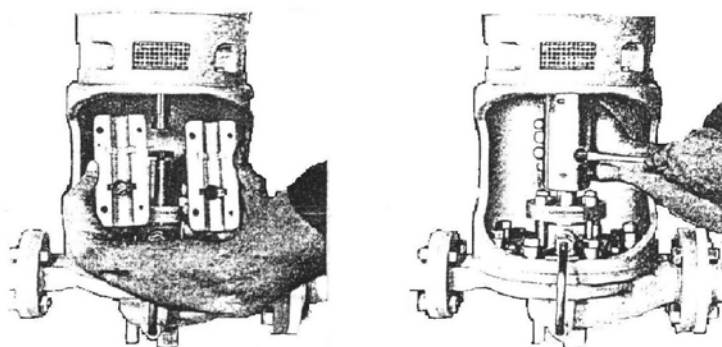
γ. Σύνδεσμος με ελατηριωτό πλέγμα.

Σχήμα 76.

# ΕΙΔΗ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ



α. Φλαντζωτός σύνδεσμος



Σχήμα 78.

β. Διαιρούμενος σύνδεσμος

**IV**

**Ευθυγράμμιση**

**περιστρεφόμενων μηχανημάτων**

**με συσκευή LASER**

## 1. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της τεχνικής οδηγίας είναι η ευθυγράμμιση των περιστρεφόμενων μηχανημάτων με την βοήθεια της συσκευής ακτίνων LASER.

## 2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η τεχνική αυτή οδηγία εφαρμόζεται στην ευθυγράμμιση οριζοντίων και κατακόρυφων μηχανημάτων. Αναλυτικότερα εφαρμόζεται μεταξύ κινουμένου μηχανήματος (αντλίας, συμπιεστή, ανεμιστήρα), γραναζοκιβωτίου εάν υπάρχει και κινητηρίου μηχανήματος (ηλεκτροκινητήρα, τουρμπίνας, ΜΕΚ). Παρακάτω περιγράφεται η μέθοδος ευθυγράμμισης αρχική ή τελική, ψυχρή ή θερμή ανάλογα με την κατάσταση του μηχανήματος και την ώρα της ευθυγράμμισης.

- Αρχική χαρακτηρίζεται η ευθυγράμμιση, που γίνεται σε αντλίες ή συμπιεστές πριν την σύνδεσή των με τις σωληνώσεις αναρρόφησης και κατάθλιψης.
- Τελική χαρακτηρίζεται η ευθυγράμμιση, που γίνεται σε μηχανήματα μετά την σύνδεση με τις τυχόν σωληνώσεις τους.
- Ψυχρή χαρακτηρίζεται η ευθυγράμμιση ενός μηχανήματος, που βρίσκεται σε θερμοκρασία κάτω από 100 °C κατά την ώρα της ευθυγράμμισης.
- Θερμή χαρακτηρίζεται η ευθυγράμμιση ενός μηχανήματος, που βρίσκεται σε θερμοκρασία πάνω από 100 °C κατά την ώρα της ευθυγράμμισης.

Ευθυγράμμιση περιστρεφόμενου μηχανήματος γίνεται κατά την αρχική εγκατάστασή του, κατόπιν επισκευής του μηχανήματος ή εφόσον αυτή κριθεί αναγκαία κατά την λειτουργία του. Διευκρινίζεται ότι σε μηχανήματα κατά την αρχική εγκατάστασή τους ή που προέρχονται από επισκευή και η θερμοκρασία λειτουργίας τους είναι πάνω από 100 °C, τότε γίνεται ψυχρή και θερμή ευθυγράμμιση.

### **3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ**

Η συσκευή ευθυγράμμισης με ακτίνες LASER αποτελείται από τα παρακάτω εξαρτήματα :

- α. Την κεντρική μονάδα που περιλαμβάνει την οθόνη, το πληκτρολόγιο, τον υπολογιστή και την μπαταρία λειτουργίας.
- β. Τους δύο πομποδέκτες ακτινών LASER (σταθερός και κινητός).
- γ. Τις τέσσερις βάσεις πομποδεκτών από τις οποίες οι δύο είναι μαγνητικές και οι δύο αλυσωτές. Οι βάσεις αυτές χρησιμοποιούνται για την στήριξη των περιστρεφόμενων μηχανημάτων.
- δ. Τον εκτυπωτή για την καταγραφή των στοιχείων της ευθυγράμμισης.

### **4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ**

Για την ευθυγράμμιση περιστρεφόμενου μηχανήματος με την συσκευή LASER ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

### *Αρχική ευθυγράμμιση*

4.1 Τοποθέτηση και σύσφιξη των κινητηρίων και κινουμένων μηχανημάτων στην βάση τους, αποφεύγοντας την χρήση πολλών λεπτών ελασμάτων (προσθηκών).

4.2 Τοποθέτηση των μαγνητικών ή αλυσόδετων βάσεων στήριξης των πομποδεκτών στα ακραία τμήματα του συνδέσμου ή στα άκρα των αξόνων μηχανήματος.

4.3 Τοποθέτηση του σταθερού πομποδέκτη (Stationary Unit) στην πλευρά του κινουμένου μηχανήματος και του κινητού πομποδέκτη (Movable Unit) στην πλευρά του κινητηρίου μηχανήματος.

4.4 Σύνδεση των πομποδεκτών με την κεντρική μονάδα.

4.5 Ξεκίνημα της κεντρικής μονάδας και επιλογή του αντίστοιχου προγράμματος για ευθυγράμμιση κατακόρυφου ή οριζοντίου μηχανήματος.

4.6 Μέτρηση των αποστάσεων A, B, C σύμφωνα με το σχήμα 79. Εισαγωγή των αποστάσεων αυτών στην κεντρική μονάδα σε χιλιοστά. Προηγείται η πληκτρολόγηση της απόστασης από τον αντίστοιχο κωδικό της A, B, C.

4.7 Περιστροφή των αξόνων, ώστε βλέποντας τους πομποδέκτες από την πλευρά του κινητηρίου μηχανήματος να βρεθούν αυτοί σε οριζόντια θέση.

4.8 Οδήγηση των ακτινών LASER με την βοήθεια των δύο ρυθμιστικών κοχλιών, έτσι ώστε η δέσμη του ενός πομποδέκτη να πέφτει ακριβώς στο κέντρο του σταυρού του δέκτη του άλλου πομποδέκτη, όταν ο σταυρός βρίσκεται ακριβώς επάνω στον δέκτη.

4.9 Άνοιγμα των κλείστρων των δύο πομποδεκτών, και μηδενισμός της συσκευής.

4.10 Περιστροφή των αξόνων με τους πομποδέκτες κατά 180 μοίρες και πάτημα του πλήκτρου. Εμφανίζεται τότε στην οθόνη η απόκλιση σε χιλιοστά του κινητήριου μηχανήματος επάνω στο οριζόντιο επίπεδο. (Δηλαδή πόσο πρέπει να μετακινηθεί το κινητήριο μηχανήμα αριστερά ή δεξιά ως προς το κινούμενο).

4.11 Περιστροφή των αξόνων με τους πομποδέκτες κατά 90 μοίρες σε κατακόρυφη θέση και πάτημα του πλήκτρου. Εμφανίζεται τότε στην οθόνη η απόκλιση σε χιλιοστά του κινητήριου μηχανήματος επάνω στο κατακόρυφο επίπεδο. (Δηλαδή πόσο πρέπει να μετακινηθεί το κινητήριο μηχανήμα επάνω ή κάτω ως προς το κινούμενο).

4.12 Διόρθωση της θέσης του κινητήριου μηχανήματος, εφ' όσον οι αποκλίσεις σε κατακόρυφο και οριζόντιο επίπεδο υπερβαίνουν τα 0,3 mm.

α. Με προσθήκη ή αφαίρεση ελασμάτων για διόρθωση των αποκλίσεων, που βρέθηκαν σε κατακόρυφο επίπεδο.

β. Με περιστροφή για διόρθωση των αποκλίσεων, που βρέθηκαν σε οριζόντιο επίπεδο.

4.13 Επανάληψη των εργασιών των παραγράφων από 4.7 μέχρι και 4.12 μέχρις ότου οι αποκλίσεις σε κατακόρυφο και οριζόντιο επίπεδο βρεθούν μικρότερες η ίσες του 0,3 mm.

### *Τελική ευθυγράμμιση*

4.14 Σύνδεση των κινούμενων μηχανημάτων με τις σωληνώσεις του.



4.15 Επανάληψη των εργασιών των παραγράφων από 4.2 έως και 4.13 μέχρις ότου οι αποκλίσεις σε κατακόρυφο και οριζόντιο επίπεδο βρεθούν μικρότερες ή ίσες του 0,1 mm.

#### *Καταγραφή αποτελεσμάτων ευθυγράμμισης*

4.16 Σύνδεση του εκτυπωτή με την κεντρική μονάδα για καταγραφή των στοιχείων ευθυγράμμισης σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο.

α. Για την καταγραφή σε οριζόντιο επίπεδο γίνεται επανάληψη των εργασιών των παραγράφων 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 και γίνεται η εκτύπωση.

β. Για την καταγραφή σε κατακόρυφο επίπεδο επαναλαμβάνεται η παράγραφος 4.11 και ακολουθεί η εκτύπωση.

## **5. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Η συσκευή ευθυγράμμισης ακτινών LASER είναι τελείως ακίνδυνη για τον άνθρωπο λόγω της πολύ μικρής εκπεμπόμενης ισχύος της (< 0,5 mW). Η μόνη προφύλαξη που θα πρέπει να λαμβάνεται είναι η μη απ' ευθείας έκθεση του ματιού στην δέσμη ακτινών LASER.

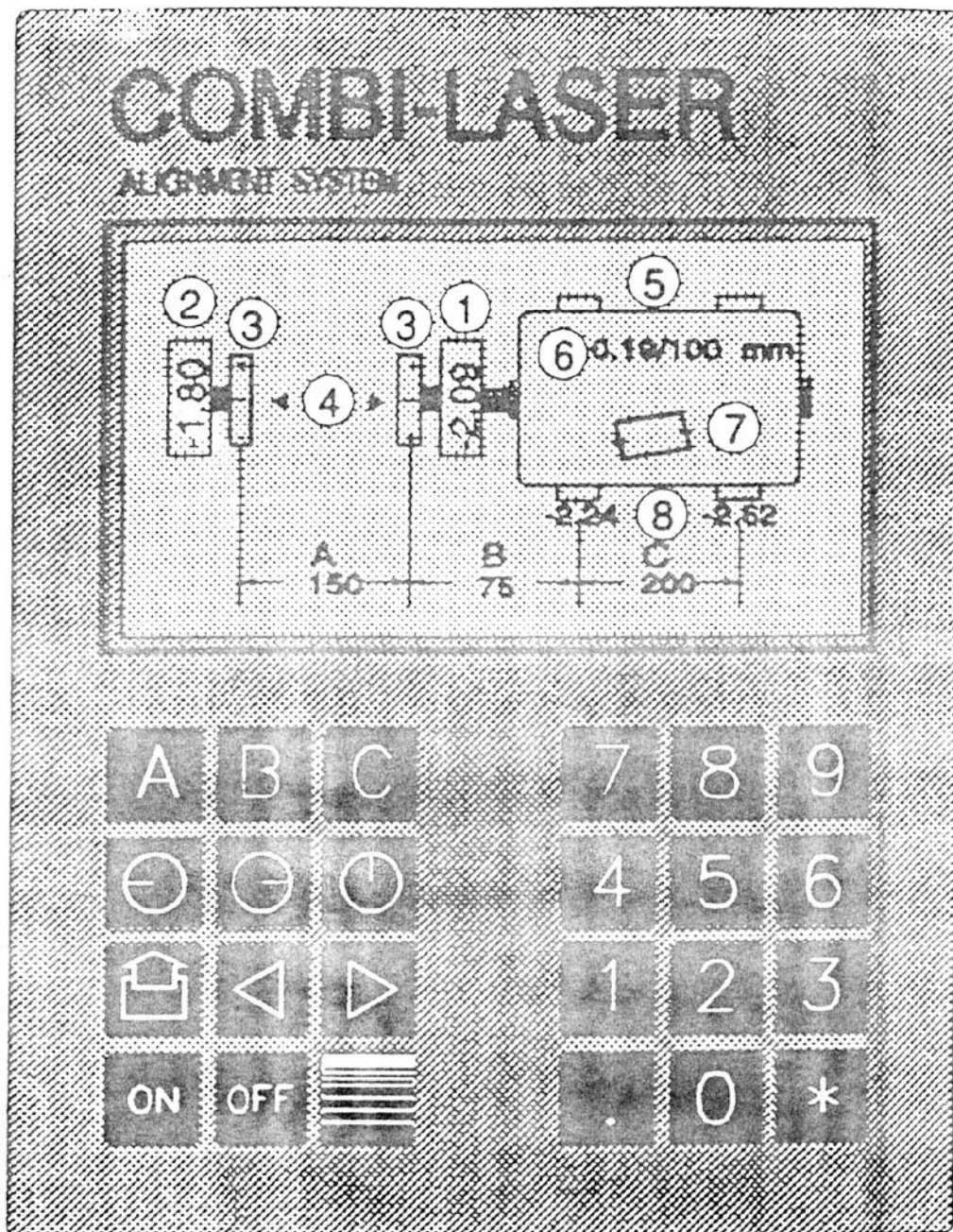
## 6. ΓΕΝΙΚΑ

6.1 Για περιστρεφόμενο εξοπλισμό με κινούμενα ή κινητήρια μηχανήματα χωρίς συνδέσεις σωλήνων γίνεται μόνο τελική ευθυγράμμιση.

6.2 Κατά την διάρκεια της ευθυγράμμισης δεν ενδείκνυται η μετακίνηση των ευθυγραμμιζομένων μηχανημάτων με συρματόσχοινα, παλάγκα ή γρύλους.

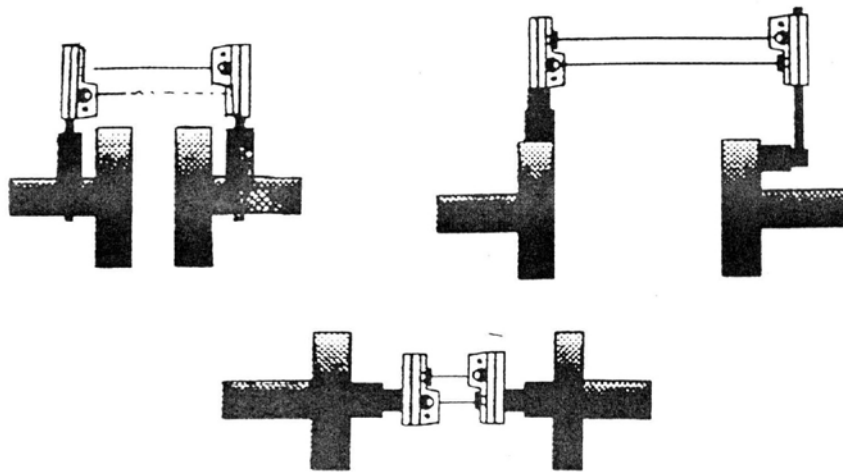
6.3 Κατά την ευθυγράμμιση θα πρέπει να αποφεύγονται κατά το δυνατόν τα κτυπήματα των ευθυγραμμιζομένων μηχανημάτων, για να μη μειωθεί η ευαισθησία των πομποδεκτών.

6.4 Η κεντρική μονάδα της συσκευής και ο εκτυπωτής λειτουργούν με επανοφορτιζόμενη μπαταρία. Γι ' αυτό το λόγο οι μπαταρίες τους θα πρέπει να επαναφορτίζονται μετά το πέρας κάθε ευθυγράμμισης.

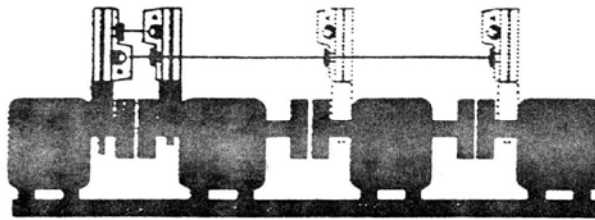


Σχήμα 78.

ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΕΩΣ ΠΟΜΠΟΔΕΚΤΩΝ

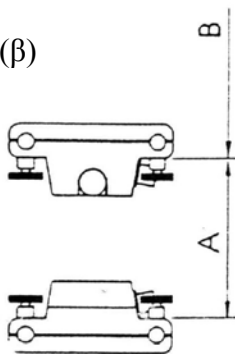


(α)

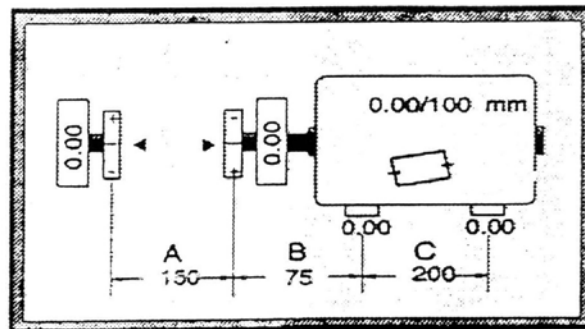


ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ Α,Β,Σ.

(β)

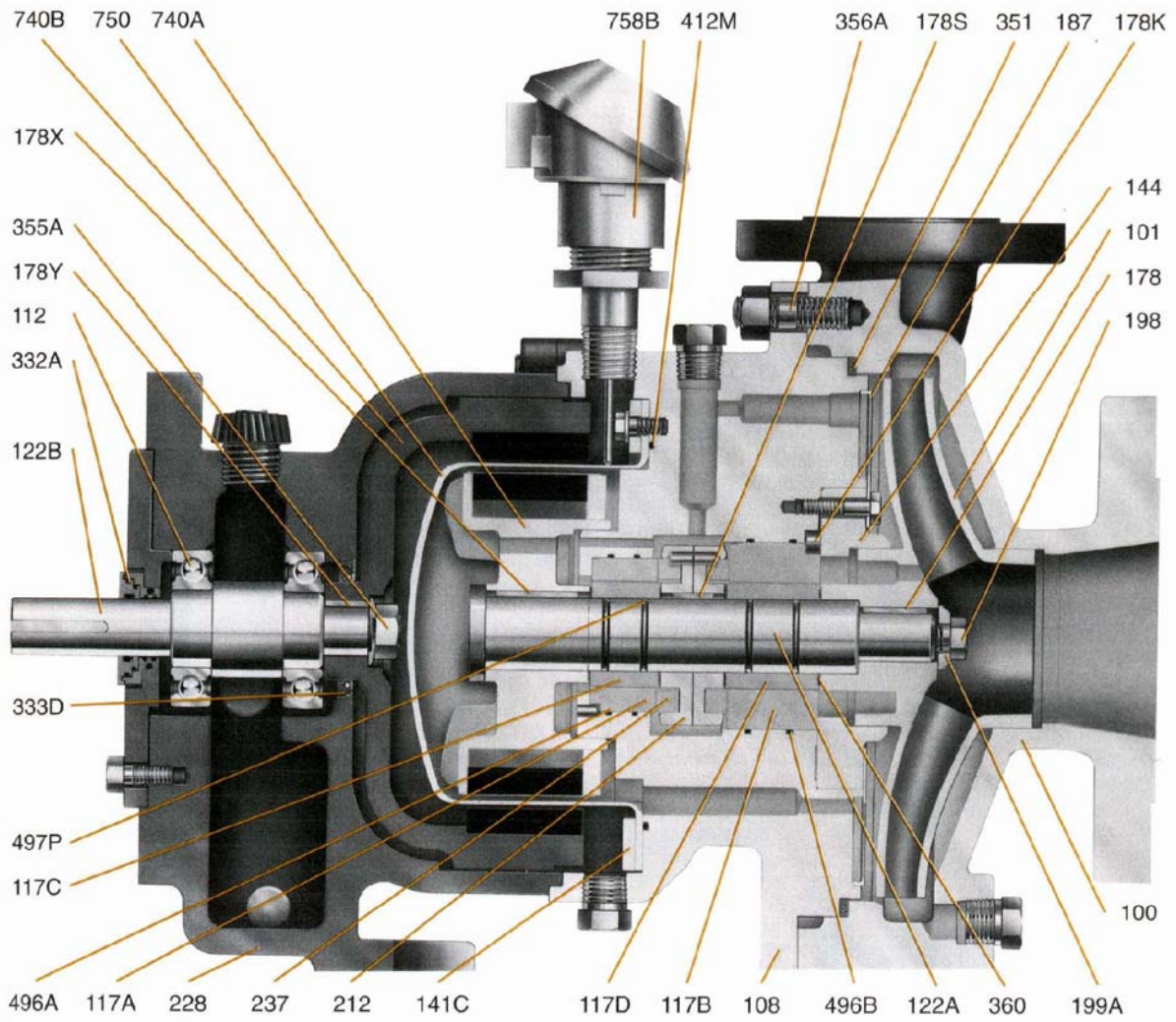


(γ)

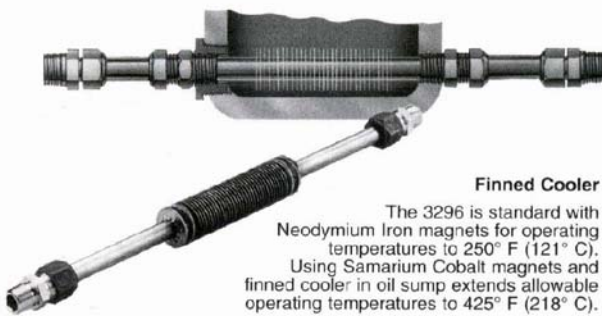


Σχήμα 79.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ**  
**ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ**  
**ΑΝΤΛΙΩΝ**

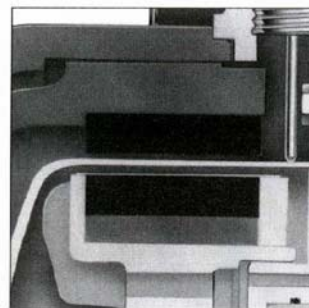


## High Temperature Capability



**Finned Cooler**

The 3296 is standard with Neodymium Iron magnets for operating temperatures to 250° F (121° C). Using Samarium Cobalt magnets and finned cooler in oil sump extends allowable operating temperatures to 425° F (218° C).



**Mechanically Locked Magnets**

Mechanically locked Samarium Cobalt magnets to drive assembly (with finned cooler in oil sump, metal tolerance rings and Kal-Rez containment shell O-ring) extends operating temperatures to 600° F (315° C).

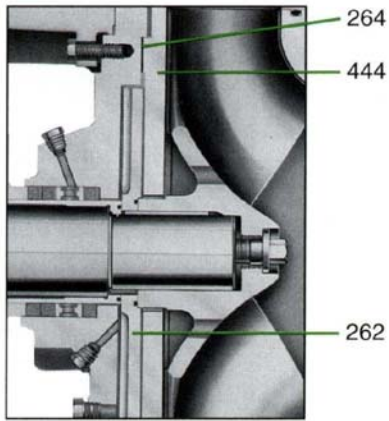
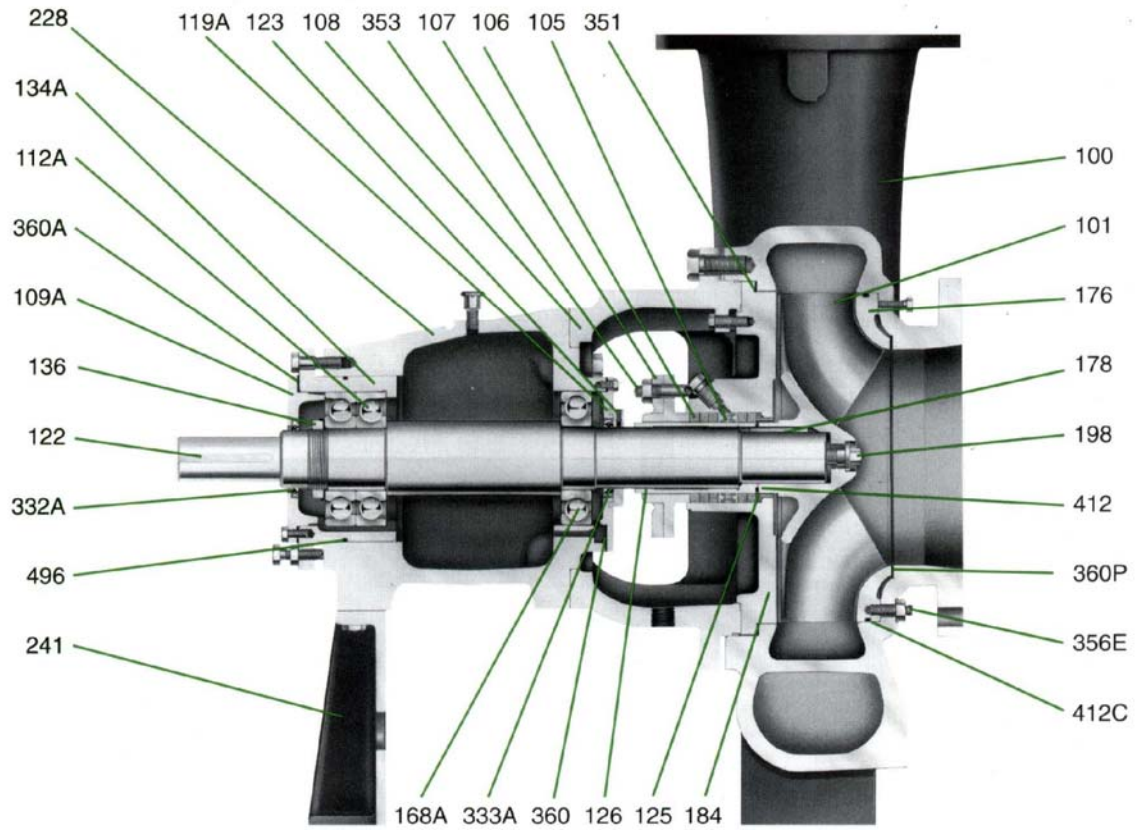


## Parts List and Materials of Construction

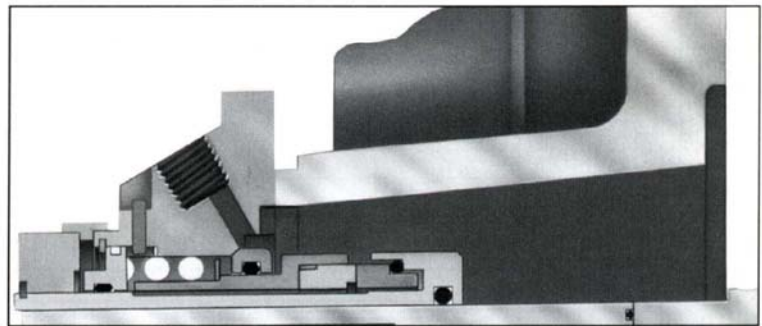
Item Number	Part Name	Material		
		316SS	Alloy 20	Hastelloy C
100	Casing	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
101	Impeller	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
108	Adapter	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
112	Ball Bearing		Steel	
117A	Stationary Sleeve Bearing (Outboard)		Silicon Carbide	
117B	Stationary Sleeve Bearing (Inboard)		Silicon Carbide	
117C	Rotating Sleeve Bearing (Outboard)		Silicon Carbide	
117D	Rotating Sleeve Bearing (Inboard)		Silicon Carbide	
122A	Driven Shaft	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
122B	Drive Shaft		AISI 4140	
141C	Containment Shell Clamp Ring		316SS	
144	Wear Ring	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
178	Impeller Key		Hastelloy C	
178K	Stationary Inboard Bearing Key		Hastelloy C	
178S	Bearing Holder Key		Hastelloy C	
178X	Driven Magnet Carrier Key		Hastelloy C	
178Y	Drive Magnet Carrier Key		Steel	
187	Flush Screen	316SS	Hastelloy C	Hastelloy C
198	Impeller Cap Screw and Washer		Hastelloy C	
199A	Impeller Lockwasher		Hastelloy C	
212	Thrust Bearing Holder	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
228	Bearing Frame		Ductile Iron	
237	Thrust Collar		Silicon Carbide	
332A	Labyrinth Oil Seal		Carbon-Filled Teflon <sup>®</sup>	
333D	Lip Seal		Buna Rubber	
351	Casing Gasket		Grafoil	
355A	Flange Hex Nut		Steel	
356A	Casing Stud and Nut		304SS	
360	Spacer Gasket		Grafoil	
412M	O-ring Containment Shell to Adapter		PFA Viton	
496A	O-ring, Stationary Bearing (Outboard)		PFA Viton	
496B	O-ring, Stationary Bearing (Inboard)		PFA Viton	
497P	O-ring, Driven Shaft		PFA Viton	
740A	Driven Magnet Assembly	316SS	Alloy 20	Hastelloy C
740B	Drive Magnet Assembly		Ductile Iron	
750	Containment Shell		Hastelloy C-276	
758B	Thermocouple		—	

## Construction Details All dimensions in inches and (mm).

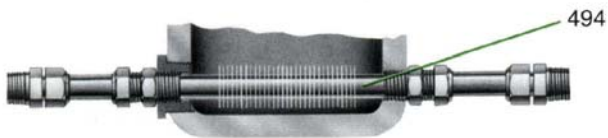
		S Group	M Group
Driven Shaft	Diameter at Impeller	.75 (19)	1.0 (25)
	Diameter at Sleeve and Thrust Bearings	1.125 (29)	1.5 (38)
Drive Shaft	Diameter at Coupling	.875 (22)	1.125 (29)
	Diameter Between Bearings	1.5 (38)	1.75 (44)
Ball Bearings	Radial	SKF 6206	SKF 6208
	Average L <sub>10</sub> Life		87,600 hours
Maximum Liquid Temperature	Neodymium Iron Magnets		250° F (121° C)
	Samarium Cobalt Magnets		425° F (218° C)
	Samarium Cobalt Magnets with High Temperature Option		600° F (315° C)
Casing	Corrosion Allowance	.125 (3)	



**Dynamic Seal Option**



**TaperBore™ Seal Chamber and Mechanical Seal Option**



**Optional High Efficiency Finned Cooler**



**Optional Suction Piece**



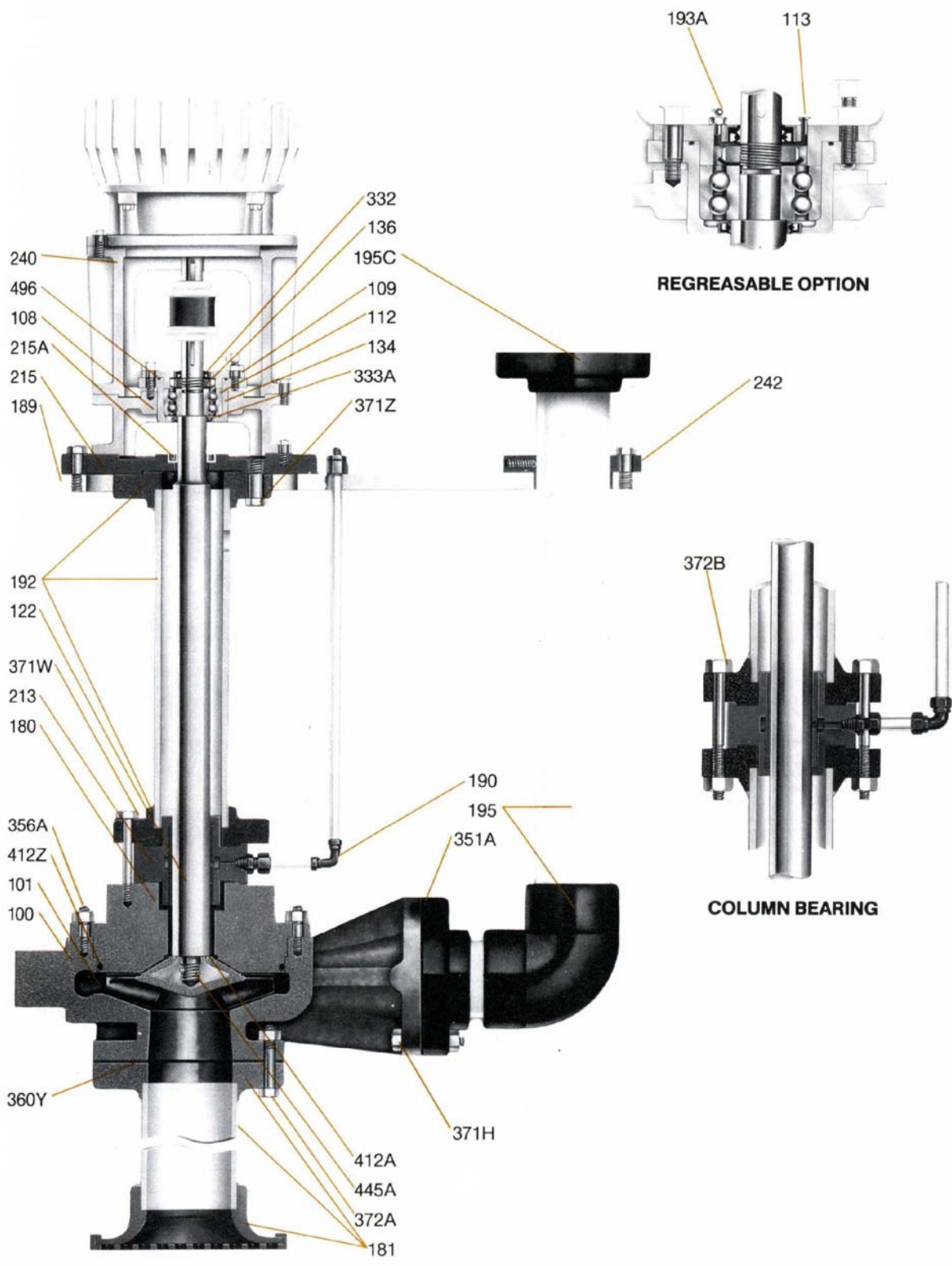
## Parts List and Materials of Construction

Item Number	Part Name	Material			
		All Iron/ 316SS Trim	All 316SS	All 317SS	All CD4MCu
100	Casing	Cast Iron	316SS	317SS	CD4MCu
101	Impeller	316SS	316SS	317SS	CD4MCu
105 <sup>1</sup>	Lantern Ring	Glass-Filled Teflon*			
106	Stuffing Box Packing	Graphitized Non-Asbestos Fibers			
107	Gland, Packed Box	316SS	316SS	317SS	316SS
108	Frame Adapter	Cast Iron			
109A	Bearing End Cover—Coupling End	Cast Iron			
112A	Thrust Bearing	Duplex Angular Contact—Back-to-Back			
119A	Bearing End Cover—Inboard	Cast Iron			
122	Shaft	AISI 4140		316SS	AISI 4140
123	Deflector	Cast Iron			
125	Stuffing Box Throat Bushing	Cast Iron	316SS	317SS	CD4MCu
126 <sup>2</sup>	Shaft Sleeve (Packed Box)	316SS Hard Metal Coated		317SS	316SS HMC
134A	Bearing Housing	Cast Iron			
136	Bearing Locknut and Lockwasher	Steel			
168A	Radial Bearing	Steel			
174	Suction Piece	Cast Iron	316SS	317SS	CD4MCu
176	Suction Sideplate	Cast Iron	316SS	317SS	CD4MCu
178	Impeller Key	AISI 303			
178J	Repeller Sleeve Key (Dynamic Seal)	AISI 303			
184	Stuffing Box Cover	Cast Iron	316SS	317SS	CD4MCu
198	Impeller Screw	316SS		317SS	316SS
228	Bearing Frame	Cast Iron			
241	Frame Foot	Cast Iron			
262	Repeller (Dynamic Seal)	316SS	316SS	317SS	CD4MCu
264	Gasket—Backplate to S.B. Cover (Dynamic Seal)	Aramid Fiber with EPDM Rubber Binder			
265	Stud/Nut—Repeller Plate to S.B. Cover (Dynamic Seal)	AISI 303/AISI 304			
332A	Oil Seal—Coupling End	Buna Rubber			
333A	Oil Seal—Inboard	Buna Rubber			
351	Gasket—S.B. Cover to Casing	Aramid Fiber with EPDM Rubber Binder			
353	Gland Stud/Nut	AISI 303/AISI 304			
356E	Stud/Nut—Suction Sideplate	AISI 303/AISI 304			
360	Gasket—Inboard Bearing End Cover	Vellumoid			
360A	Gasket—Outboard Bearing End Cover	Vellumoid			
360P	Gasket—Sideplate to Casing	Aramid Fiber with EPDM Rubber Binder			
412	O-ring—Shaft Sleeve	Teflon*			
412B	O-ring—Impeller Screw	Teflon*			
412C	O-ring—Suction Sideplate	Buna-N			
412U	O-ring—Repeller (Dynamic Seal)	Teflon*			
444	Backplate (Dynamic Seal)	316SS	316SS	317SS	CD4MCu
494	Cooling Coil (Optional)	Copper/Steel			
496	O-ring—Bearing Housing	Buna-N			

<sup>1</sup> Group XL only: Cast Iron for AI/316SS trim, 316SS for All 316SS, 317SS for All 317SS, 316SS for All CD4MCu.

<sup>2</sup> Standard sleeve for 317SS pumps with packed box is 317SS and is not hard-coated. Standard sleeve for pumps with mechanical seal is 316SS (317SS on all 317SS)

\*Registered trademark, E.I. DuPont.

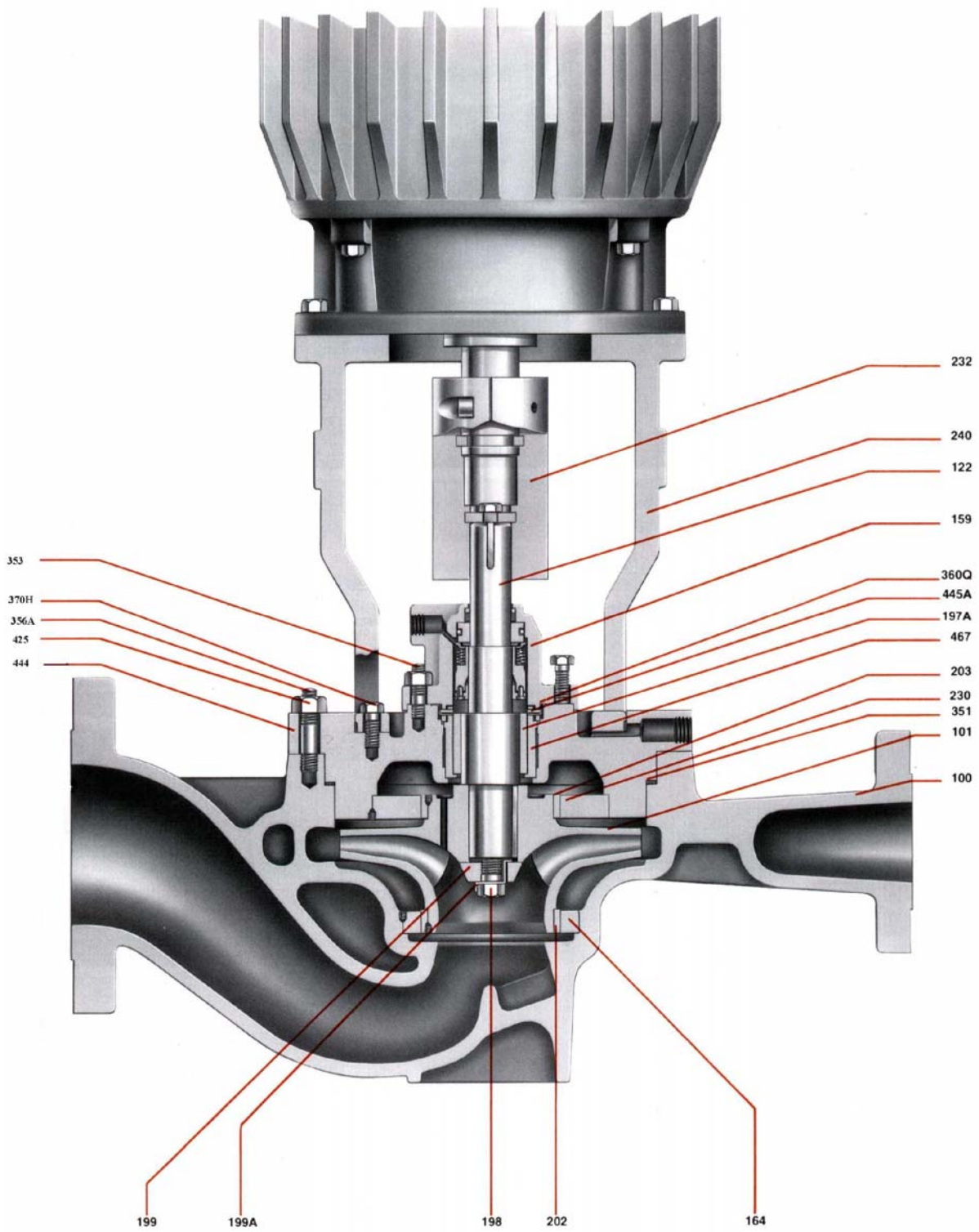




## Parts List and Materials of Construction

Part No.	Qty per Pump	Part Name	Material				
100	1	Casing	Fiberglass Reinforced Vinylester				
101	1	Impeller with Insert	Fiberglass Reinforced Vinylester/Hastelloy C				
108	1	Adapter	Cast Iron				
109	1	Bearing End Cover	Cast Iron				
112	1	Ball Bearing	Steel				
113	1	Grease Relief Fitting (Optional)	Steel				
122	1	Shaft	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
134	1	Bearing Housing	Cast Iron				
136	1	Bearing Locknut/Lockwasher	Steel				
180	1	Pump Cover	Polyester				
181	1	Suction Tail Pipe Assembly	Polyester				
189	1	Mounting Plate	Polyester				
190	1-4	Flush Tubing	Polypropylene				
192	1-4	Column Pipe Assembly	Vinyl Ester				
193A	1	Grease Fitting (Optional)	Steel				
195	1	Discharge Pipe Assembly	Vinyl Ester				
195C	1	Flange—Discharge Pipe	Vinyl Ester				
213	1-4	Column Bearing Assembly	Polyester/Rulon®				
215	1	Protector Plate	Polyester				
215A	1	Vapor Seal	Teflon				
240	1	Motor Support	Cast Iron				
242	1	Pipe Collar	Polyester				
332	1	Lip Seal—Upper	Steel/Buna				
333A	1	Lip Seal—Lower	Steel/Buna				
351A	1	Gasket-Casing/Discharge Pipe Assembly	Non-Asbestos				
356A	4-16	Stud/Nut—Casing/Pump Cover	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
360Y	1	Gasket-Casing/Tail Pipe Assembly	Non-Asbestos				
371H	4-8	H Cap Screw—Casing/Discharge Pipe Assembly	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
371W	4	H Cap Screw—Column Pipe Assembly/Pump Cover	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
371Z	4	H Cap Screw—Column Pipe Assembly/Protector Plate	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
372A	4-8	H Cap Screw—Casing/Suction Tail Pipe Assembly	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
372B	4-12	H Cap Screw—Column/Column Tail	316 SS	Alloy 20	Hastelloy B	Hastelloy C	Titanium
412A	1	O-Ring—Impeller	Acid-Resistant Viton®				
412Z	1	O-Ring—Pump Cover	Acid-Resistant Viton®				
445A	1	Pin—Anti-Rotation	Nylon				
496	1	O-Ring—Bearing Housing	Buna				

Note: All hardware above mounting plate is 304 stainless steel.





# Parts List and Materials of Construction

Item No.	No. Req'd Per Pump	Part Name	Materials									
			(2)API Desig. Case/Trim	S1 Steel/C.I.	S4 Steel/Stl. Imp.	S5 Steel/Chr. W.P.	S6 Steel/Chrome	S9 Steel/Monel	C6 12% Chrome	A7 304SS	A8 316SS	Alloy 20
100	1	Casing		Carbon Steel					12% Chrome	18-8SS	316SS	Alloy 20
101	1	Impeller	C.I.	Carbon Steel		12% Chrome	Monel	12% Chrome	18-8SS	316SS	Alloy 20	
105	1	Lantern Ring (not shown)		C.I.			Monel	316SS				
106	1 set	Packing, Stuffing Box (not shown)		High Temperature								
122	1	Shaft		AISI 4140			K Monel	12% Chrome	316SS		Alloy 20	
159	1	Seal Chamber		Carbon Steel					316SS			
164	1	Casing Wear Ring	C.I.	12% Chrome (Hard)			Monel	12% Chrome (Hard)	Hard Faced 316SS		Alloy 20	
197A	1	Throat Bushing		Carbon								
198	1	Impeller Screw		AISI 4140			Monel	316SS		Alloy 20		
199	1	Impeller Washer		Steel			Monel	316SS		Alloy 20		
199A	1	Impeller Lockwasher		316SS								
202	1	Impeller Wearing Ring (Casing Side)	C.I.	12% Chrome (Hard)			Monel	12% Chrome (Hard)	Hard Faced 316SS		Alloy 20	
203	1	Impeller Wearing Ring (S.B. Cover Side)	C.I.	12% Chrome (Hard)			Monel	12% Chrome (Hard)	Hard Faced 316SS		Alloy 20	
210	1	Gland Packing (not shown)		Non-Asbestos								
230	1	Backplate Wearing Ring	C.I.	12% Chrome (Hard)			Monel	12% Chrome (Hard)	Hard Faced 316SS		Alloy 20	
232	1	Rigid Coupling Assembly		Carbon Steel								
240	1	Motor Support		Ductile Iron								
351	1	Gasket (Case to Backplate)		Spiral Wound 316SS			Monel/PTFE	Spiral Wound 316SS		Alloy 20/Teflon		
353	4	Gland Stud — Packed Box Seal Chamber		AISI 4140			K Monel	AISI 4140		316SS		
355	4	Gland Stud Nut — Packed Box Seal Chamber		AISI 4140			K Monel	18-8SS		316SS		
356A <sup>1</sup>		Stud — S.B. to Casing		AISI 4140			K Monel	AISI 4140				
358	1	Plug — Casing Drain (not shown)		Carbon Steel			12% Chrome		316SS		Alloy 20	
358D	1	Plug — Casing Vent (not shown)		Carbon Steel			12% Chrome		316SS		Alloy 20	
360Q <sup>1</sup>		Gasket — Seal Chamber		Spiral Wound			O-Ring	Spiral Wound		O-Ring		
370H	4	Hex Cap Screw — Frame to Backplate		AISI 4140			K Monel	AISI 4140				
425 <sup>1</sup>		Hex Nut — Casing Stud		AISI 4140			K Monel	AISI 4140				
444	1	Backplate		Carbon Steel			12% Chrome		18-8SS		316SS	Alloy 20
445A	2	Pin (Bushing Holder)		316SS								
467	1	Bushing Holder		Carbon Steel			12% Chrome		18-8SS		316SS	Alloy 20

## NOTES

<sup>1</sup> Gland gaskets may be spiral wound 316SS or O-rings of material suitable for the application.

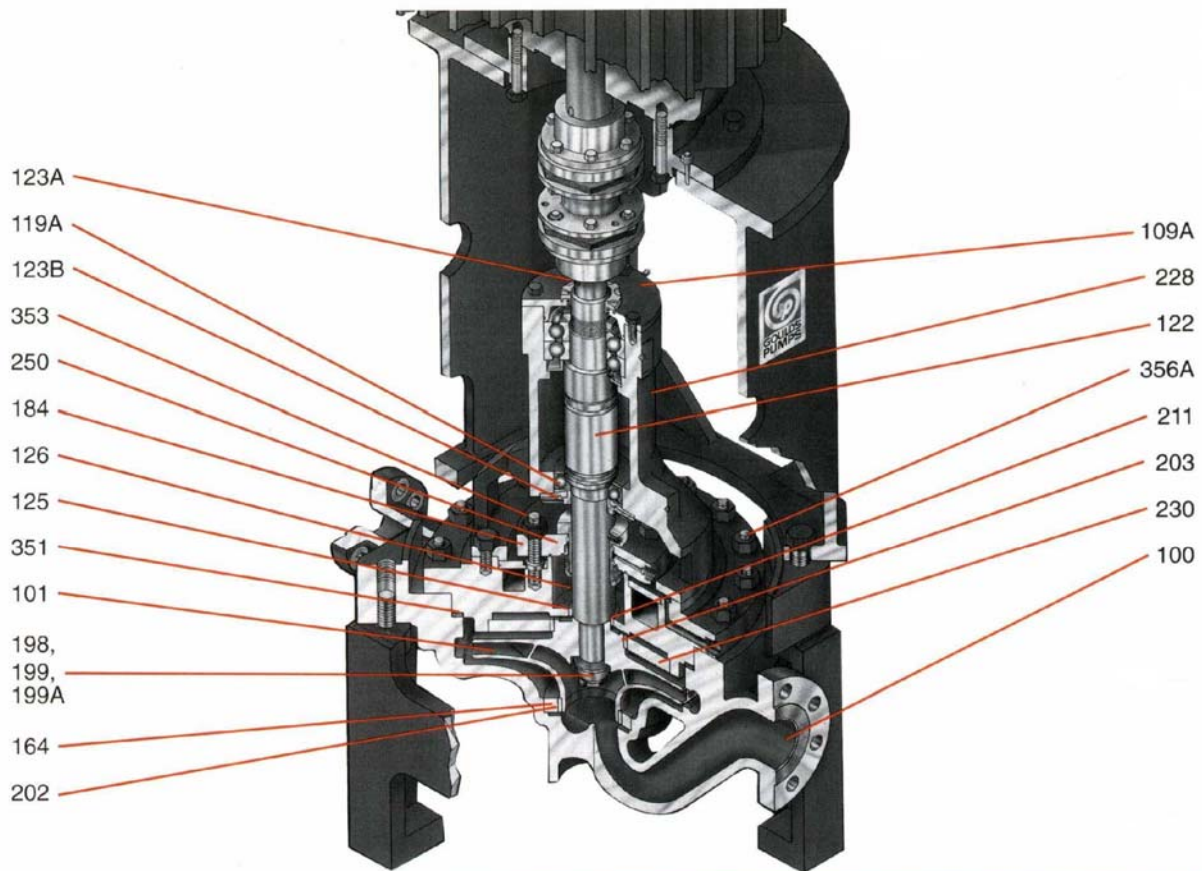
<sup>2</sup> Materials listed are equal to the respective API-610 7th Edition material classes. In some cases superior materials are substituted.

<sup>3</sup> Casing Studs: 7" and 9" — Qty. 12. 11" and 13" — Qty. 16. 16" — Qty. 20. 21" — Qty. 24.

# Construction Details

All dimensions in inches and (mm). Not to be used for construction.

		Group S	Group M	Group L	Group XL
Shaft	Shaft Diameter at Impeller — in. (mm)	1-1/4 (32)	1-5/8 (41)	2-1/8 (54)	2-5/8 (67)
	Shaft Diameter at Coupling — in. (mm)	1-1/2 (38)	1-1/2 (38)	2-1/8 (54)	2-1/8 (54)
	Shaft Diameter under Bushing — in. (mm)	2-3/16 (56)	2-3/16 (56)	2-7/8 (73)	2-7/8 (73)
	Shaft Diameter under Seal — in. (mm)	1-3/4 (44)	1-3/4 (44)	2-3/8 (60)	2-3/8 (60)
	Maximum H.P. per 100 RPM	4.23	9.58	21.07	36.52
Seal Chamber	Size of Packing — in. (mm)	1/2 Sq. (13)	1/2 Sq. (13)	1/2 Sq. (13)	1/2 Sq. (13)
	Number of Rings w/Lantern Ring	6	6	6	6
	Number of Rings l/Lantern Ring	7	7	7	7
	Width of Lantern Ring — in. (mm)	3/4 (19)	3/4 (19)	3/4 (19)	3/4 (19)
	Bore — in. (mm)	2-3/4 (57)	2-3/4 (57)	3-3/8 (73)	3-3/8 (73)
	Depth — in. (mm)	3-7/8 (98)	3-7/8 (98)	3-7/8 (98)	3-7/8 (98)
Pressure Limits	Maximum Suction and/or Working Pressure	See Supplemental Engineering Data — as high as 595 PSIG (4100 KPa)			
	Maximum Test Pressure	One and a half maximum working pressure			
	Corrosion Allowance — in. (mm)	1/8 (3)			
Temp. Limits	Maximum Liquid Temperature — w/o Cooling	350°F (177°C)			
	Maximum Liquid Temperature with Stuffing Box Cooling	650°F (344°C)			

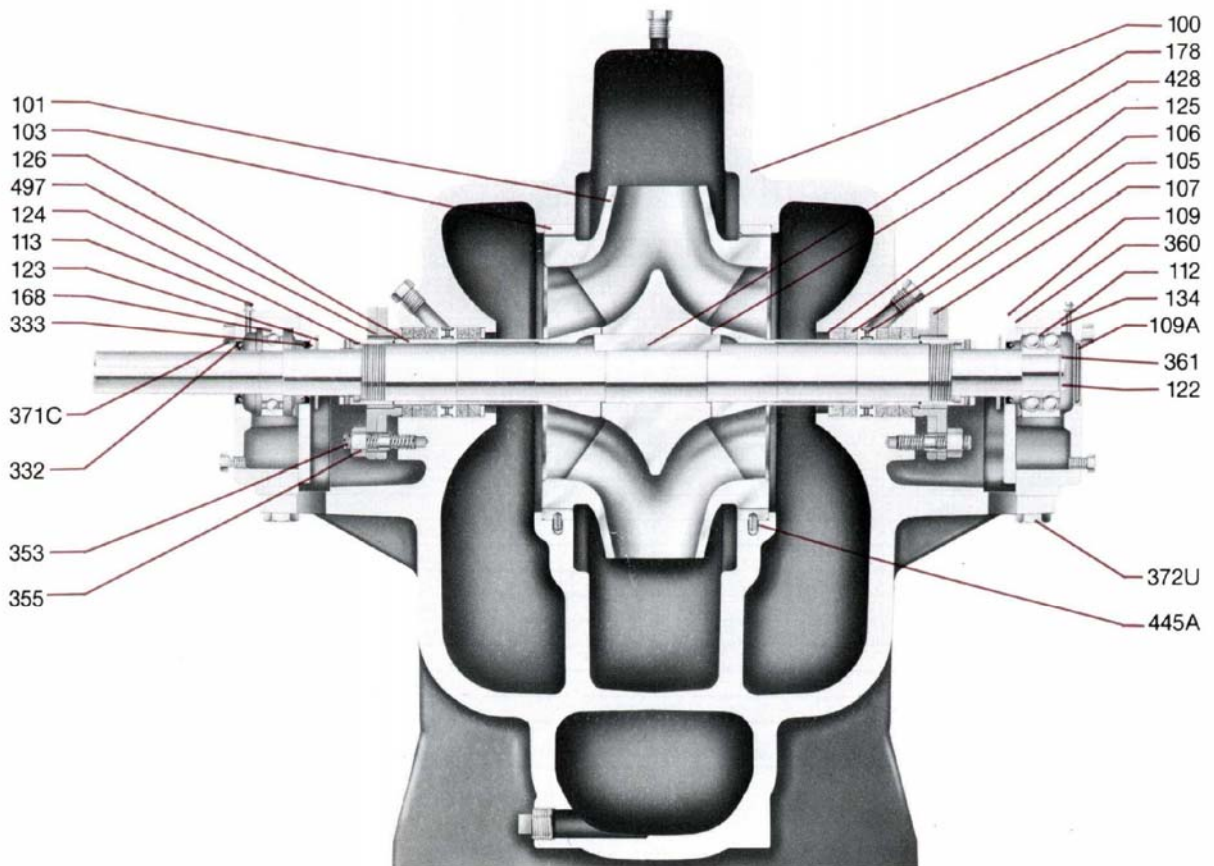
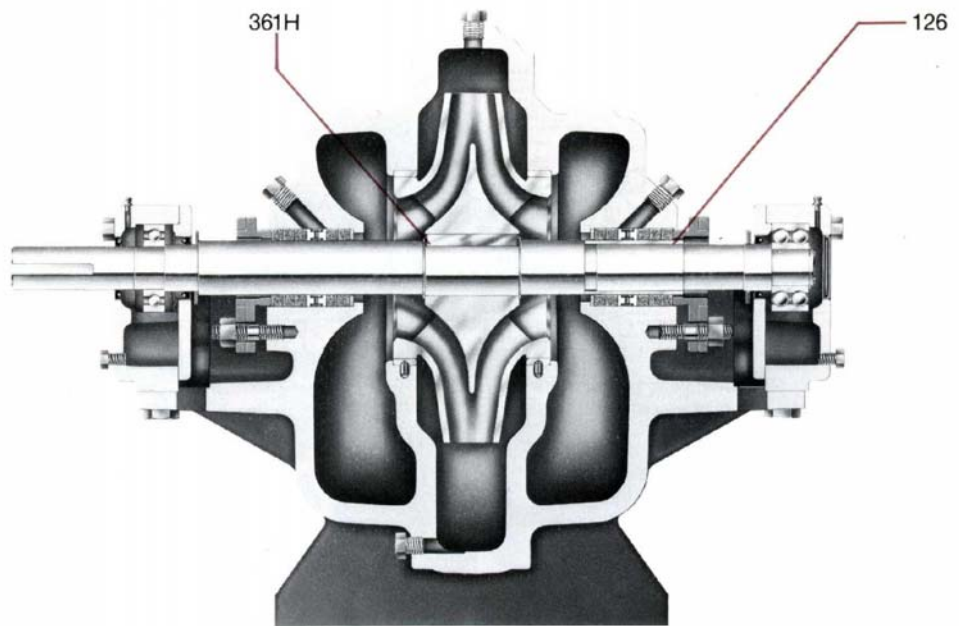


## Parts List and Materials of Construction

Item Number	Part Name	API-610 Material Classes▲							
		S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	S-9	C-6	A-8
100	Casing	Carbon Steel						12% Chrome	316L SS
101	Impeller	Cast Iron	Ni-Resist	Carbon Steel	12% Chrome	Monel	12% Chrome	316L SS	
109A	Bearing End Cover (Outboard)	Carbon Steel							
119A	Bearing End Cover (Inboard)	Cast Iron							
122	Shaft	4140*				Monel	410 SS	316 SS	
123A	Deflector (Outboard)	Bronze							
123B	Deflector (Inboard)	Aluminum							
125	Throat Bushing	Cast Iron	Ni-Resist	Cast Iron	12% Chrome	Monel	12% Chrome	316 SS	
126	Shaft Sleeve	316 SS				* K-Monel	316 SS		
164	Casing Wear Ring	Cast Iron	Ni-Resist	Cast Iron	12% Chrome	Monel	12% Chrome	H.F. 316L**	
184	Seal Chamber Cover	Carbon Steel							
198	Impeller Screw	4140				Monel	4140	316 SS	
199	Impeller Washer	Steel				Monel	Steel	316 SS	
199A	Impeller Lockwasher	316 SS				Monel	316 SS		
202, 3	Impeller Wear Rings	Cast Iron	Ni-Resist	Cast Iron	12% Chrome	Monel	12% Chrome	H.F. 316L**	
228	Bearing Frame	Carbon Steel							
230	Seal Chamber Wear Ring	Cast Iron	Ni-Resist	Cast Iron	12% Chrome	Monel	12% Chrome	H.F. 316L**	
250	Mechanical Seal Gland	316 SS				Monel	316 SS		
351	Casing Gasket	Spiral Wound Stainless Steel				Monel/PTFE	Spiral Wound SS		
353	Gland Stud and Nut	4140				K-Monel	4140	316 SS	
356A	Casing Stud and Nut	4140				K-Monel	4140		
360Q	Gland Gasket	Spiral Wound Stainless Steel				Monel/PTFE	Spiral Wound SS		
490	Water Jacket Cover	Steel							

\*12% Chrome on S-6 when temperature exceeds 350° F (177° C) \*\*Colmonoy #6 hardfaced 316L SS  
▲ NOTE: D-1 and S-8 also available.





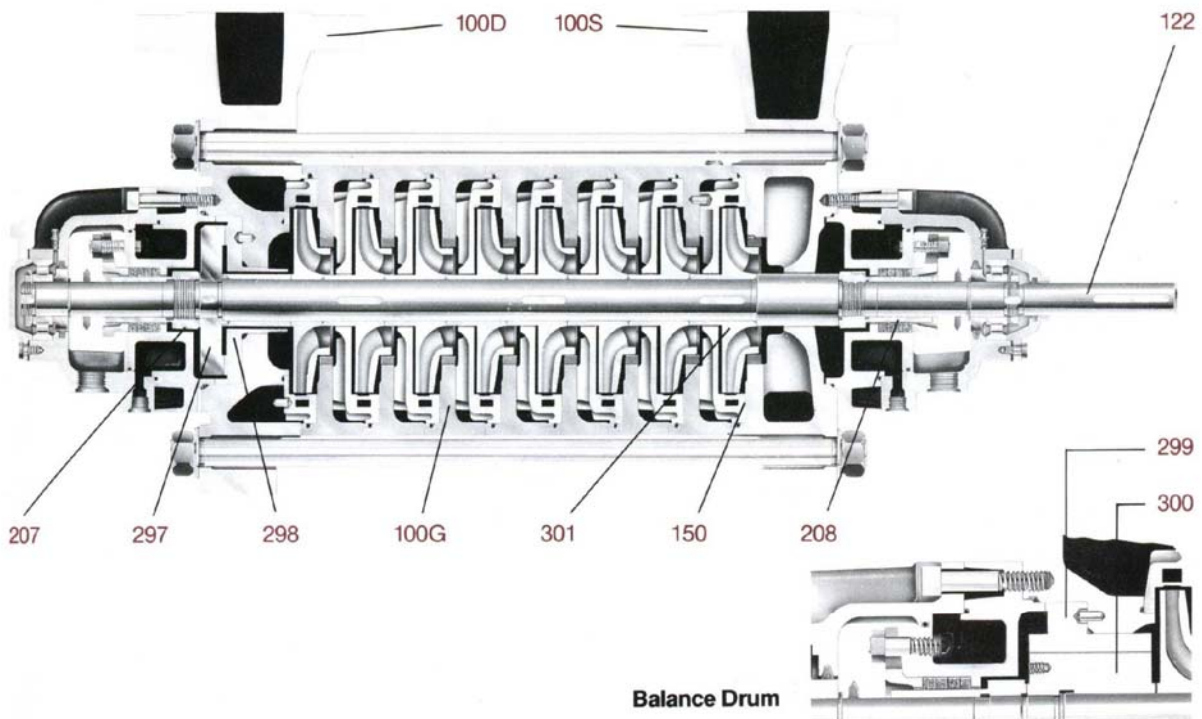
## Parts List and Materials of Construction

Item No.	No. Req'd Per Pump	Part Name	Material			
			Bronze-Fitted	All Iron	All Iron/316 Rot. El.	All 316SS
100	1 Upper 1 Lower	Casing	Cast Iron	Cast Iron	Cast Iron	316
101	1	Impeller	Bronze	Cast Iron	316	316
102	2	Seal Tubing (Optional)	Brass		Steel	316
103	2	Wear Ring, Casing	Bronze	Cast Iron	316	
105	2	Lantern Ring	Glass-Filled Teflon			
106	1 set	Stuffing Box Packing	Square Non-Asbestos (Die-Formed S&M Groups)			
107	2	Stuffing Box Gland	AISI 316			
109	2	Bearing End Cover	1000			
109A	1	Bearing End Cover, Thrust	Steel			
112	1	Ball Bearing, Thrust	Steel			
113	2	Grease Fitting	Steel			
113A	2	Breather, Oil Lubrication Only	Steel			
122	1	Shaft	AISI 4140*			
123	2	Deflector	Laminated Plastic			
124	2	Sleeve Nut (M, L and XL only)	Bronze	Cast Iron	316	
125	2	Stuffing Box Bushing	316			
126	2	Shaft Sleeve (Optional on S Group)	Bronze	Cast Iron	316	
134	2	Bearing Housing	1000			
142	2	Wear Ring, Impeller (Not Illustrated)	Bronze	Cast Iron	316	
168	1	Ball Bearing, Coupling	Steel			
178	1	Impeller Key	AISI 1018**			
251	2	Sight Oiler (Optional Oil Lubrication)	White Metal and Glass			
320	6	Retaining Set Screw, Impeller Wear Ring (Not Illustrated)	303 SS			
332	1	Oil Seal, Outboard	Buna Rubber			
333	2	Oil Seal, Inboard	Buna Rubber			
351	1	Casing Gasket, Parting (Not Illustrated)	1/32" Non-Asbestos			
353	4	Gland Studs	316			
355	4	Hex Nuts	304			
360	2	Gasket, End Cover to Bearing Housing	Kraft Paper			
361	1	Retaining Ring, Thrust Bearing	Steel			
361H	2	Retaining Ring, Impeller (S Group Only)	Steel		Stainless Steel	
371C	8	Hex Cap Screw	Steel			
372U	4	Hex Cap Screw	Steel			
428	2	Gasket, Sleeve to Impeller	1/32" Non-Asbestos			
445A	2	Anti-Rotation Pin, Case Wear Ring	AISI 420		AISI 316	
497	2	O-ring, Sleeve Nut	Buna Rubber			

\* S Group AISI 420 (All Iron & Bronze-Fitted Construction),  
AISI 316 (All 316 & 316 Trim Construction.)

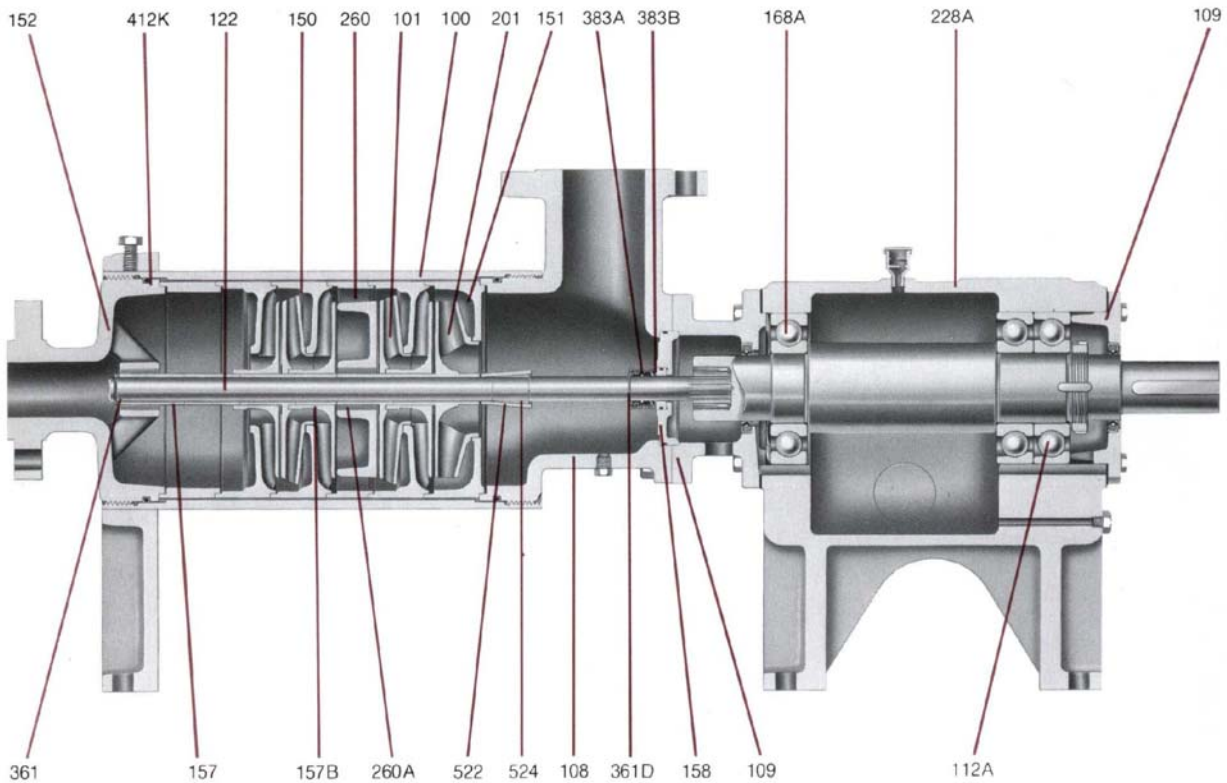
\*\* S Group AISI 303





## Parts List and Materials of Construction

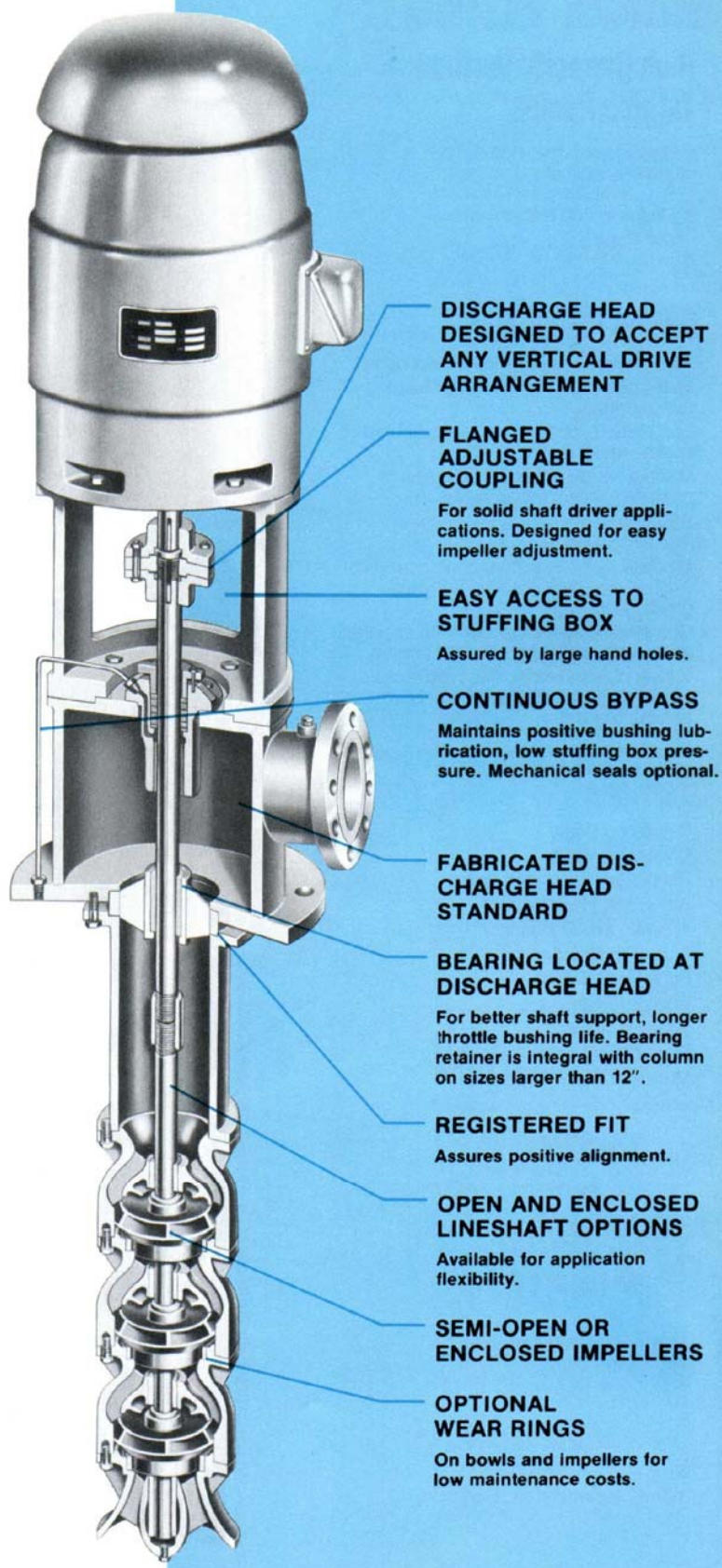
Part No.	Part Name	ASTM Standard			DIN Standard		
		Carbon Steel/ Cast Iron	Carbon Steel Chrome Trim	All Chrome	Carbon Steel/ Cast Iron	Carbon Steel Chrome Trim	All Chrome
100D	Casing, Discharge	A216 Grade WCA		A217 Grade CA15	GS-45		G-X 12 Gr 14
100G	Casing, Stage	A519 Grade 1015		A276 Type 410	C15		X 20 Cr 13
100S	Casing, Suction	A126 Class B		A217 CA15	GG-25		G-X 12 Gr 14
100S	Optional Casing, Suction	A216 Grade WCA			GS-45		
122	Shaft	A576 Grade 1043	A276 Type 410		C45	X 20 Gr 13	
150	Diffuser	A48 No. 35A	A217 Grade CA15		GG-25	G-X 12 Gr 14	
207	Shaft Sleeve—Discharge End	A276 Type 420			X40 Cr 13		
208	Shaft Sleeve—Coupling End	A276 Type 420			A276 Type 420		
297	Balance Disc	A276 Type 420			X40 Cr 13		
298	Balancing Counter Disc	(Special 18% Chrome)			G-X 170 Cr 18		
299	Bushing, Balance	(Special 18% Chrome)			G-X 170 Cr 18		
300	Balance Drum	A276 Type 420			X40 Cr 13		
301	Impeller	A48 No. 35A + Ni	A217 Grade CA15		GG-25 Ni	G-X 12 Gr 14	

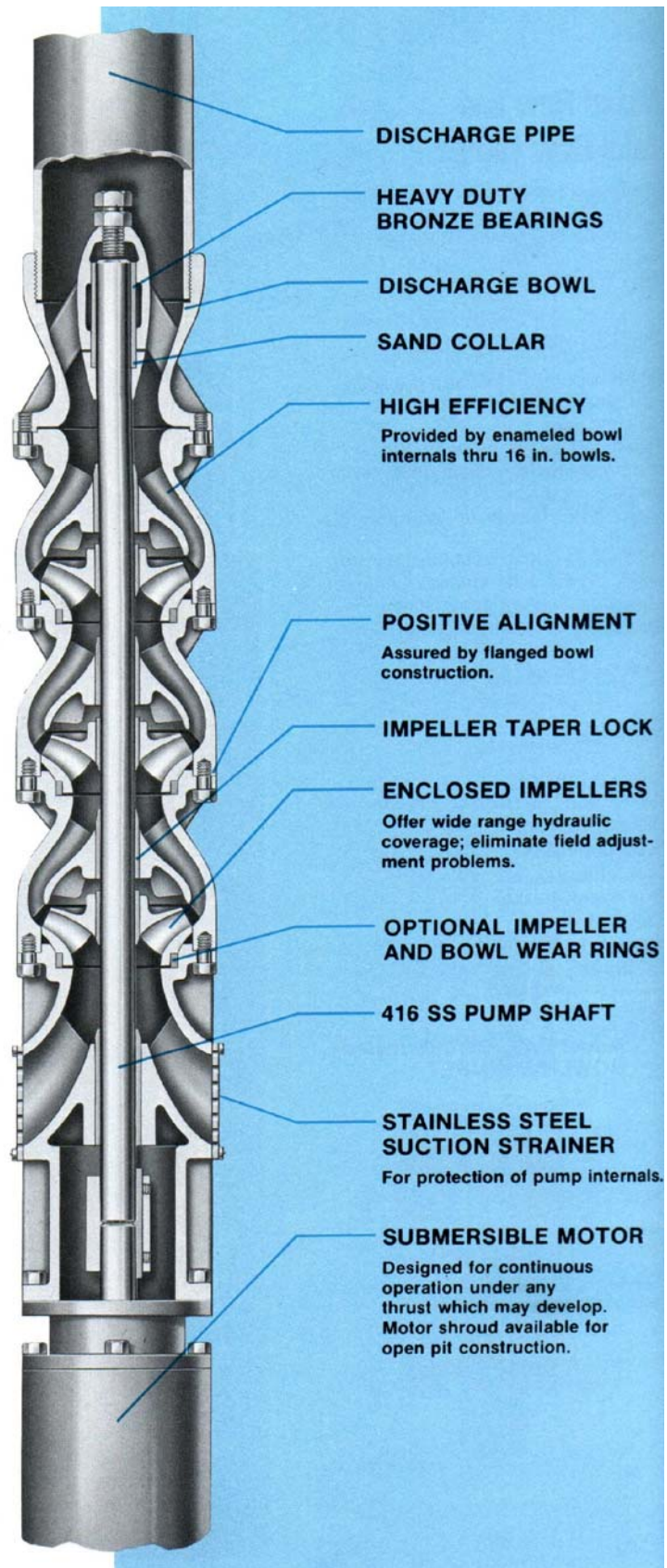


## Parts List and Materials of Construction

Item No.	Part Name	Material	
		Standard	316SS
100	Casing	Carbon Steel/316SS	316SS
101	Impeller	Ni-Resist	316SS
108	Casing Adapter	Ductile Iron	316SS
109	Bearing End Cover	Cast Iron	Cast Iron
112A	Ball Bearing, Thrust	Steel	Steel
122	Shaft	Monel	Monel
150	Diffuser	Ni-Resist	316SS
151	Suction Diffuser	Ni-Resist	316SS
152	Discharge Head	Ductile Iron	316SS
157	Spacer Sleeve	316SS	316SS
157B	Intermediate Bearing Shaft Sleeve	316SS	316SS
158	Stationary Seat Mount	316SS	316SS
168A	Ball Bearing, Inboard	Steel	Steel
178	Impeller Key (Not Shown)	Monel	Monel
201	Impeller, 1st Stage	316SS	316SS
228A	Frame	Cast Iron	Cast Iron
251	Sight Oiler	White Metal/Glass	White Metal/Glass
260	Bearing Spider	Ductile Iron	316SS
260A	Bearing	Carbon	Carbon
361	Retaining Ring — Shaft	Stainless Steel	Stainless Steel
361D	Retaining Ring — Mechanical Seal	Stainless Steel	Stainless Steel
383A	Rotary Seal	18-8SS, Viton	18-8SS, Viton
383B	Stationary Seat	Ni-Resist, Viton	Tungsten Carbide, Viton
412K	O-Ring Casing	Viton	Viton
522	Drive Collar	316SS	316SS
524	Split Collet	316SS	316SS





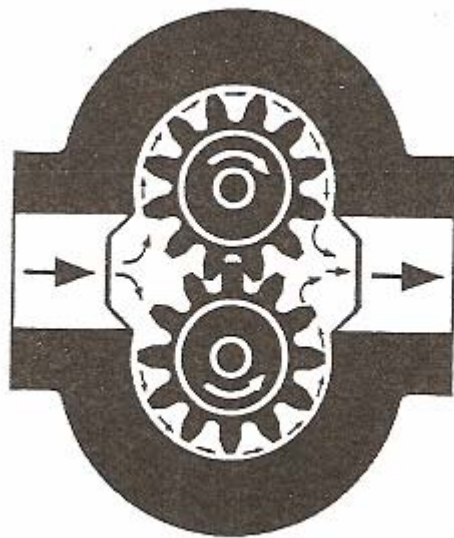


## **ΓΡΑΝΑΖΩΤΗ ΑΝΤΛΙΑ POLYREX**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι γραναζωτές αντλίες λειτουργούν πάνω στην αρχή της εκτόπισης. Αυτές περιλαμβάνουν 2 αλληλεμπλεκόμενους οδοντωτούς τροχούς ίδιου μεγέθους και βρίσκονται μέσα σε μια στέγαση με πολύ μικρή και καθορισμένη ανοχή από αυτήν. Γενικά ο ένας ή και οι δυο οδοντωτοί τροχοί παίρνουν κίνηση κατευθείαν από μια άτρακτο που προεξέχει από την στέγαση δια μέσου μιας φραγής ατράκτου. Ο δεύτερος οδοντωτός τροχός παίρνει κίνηση από τα δόντια του πρώτου.

Για μερικές εφαρμογές των οδοντωτών τροχών μπορεί να είναι καλύτερα να παίρνουν κίνηση και οι δυο τροχοί. Αυτό μειώνει την τριβή ανάμεσα στα δόντια των τροχών και διανέμει τις δυνάμεις ισοδύναμα και στους δυο τροχούς. Για τον σκοπό αυτόν χρειάζεται ένα ειδικό κιβώτιο ταχυτήτων για την αντλία.



Καθώς οι οδοντωτοί τροχοί περιστρέφονται, τα κενά ανάμεσα στα εμπλεκόμενα δόντια γεμίζουν με το μέσο άντλησης και μετά μεταφέρεται, μέσα από τα τοιχώματα της στέγασης, από την πλευρά αναρροφήσεως στη πλευρά πίεσεως. Εδώ το μέσο άντλησης εκτοπίζεται από τα εμπλεκόμενα δόντια (ορισμός της αντλίας εκτόπισης) και εκτοξεύεται δια μέσου του στομίου εξόδου της αντλίας.

Τα δόντια των γραναζιών πρέπει να εκπληρώνουν 4 κύριες λειτουργίες:

- Μεταφορά του αντλούμενου μέσου από την αναρροφήσεως στην πλευρά πίεσεως.
- Εκτόπιση του αντλούμενου μέσου πάνω στην πλευρά πίεσεως.
- Φραγή μεταξύ των πλευρών αναρροφήσεως και πίεσεως.
- Μετάδοση της μισής δύναμης άντλησης από την κινητήρια στην κινούμενη άτρακτο (αν μόνο η μια κινείται).



## ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

### Γραναζωτή αντλία polyrex

Στην βιομηχανία πλαστικών χρησιμοποιούμε extruders για την μορφοποίηση του υλικού. Τα extruder είναι σύνθετα μηχανήματα που αποτελούνται από διάφορα μέρη. Ένα από αυτά τα μέρη είναι η αντλία polyrex. Το polyrex είναι το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας πριν την τελική μορφή του προϊόντος.

Το polyrex είναι μια γραναζωτή αντλία με εσωτερικά έδρανα. Οι άτρακτοι τους παίρνουν κίνηση από ένα ηλεκτροκινητήρα μέσω ενός μειωτήρα. Στο συγκρότημα του extruder, η χρήση του polyrex έχει ως αποτέλεσμα να χωρίζεται η ζώνη τήξης και ομογενοποίησης από την ζώνη συμπίεσης και έτσι ομαλοποιείται η λειτουργία του μηχανήματος.

Κάτω από συγκεκριμένη λειτουργία και συνθήκες άντλησης του μέσου, ο σχεδιασμός του polyrex επιτρέπει την ανάπτυξη πίεσεως 320 bar. Το τμήμα του πολυμερούς με ιξώδες μέχρι 20000 Pas μπορεί να αντληθεί από την συσκευή.

Αφού το polyrex είναι μια αντλία ογκομετρικής εκτοπίσης, μπορεί να πάθει σοβαρή ζημία αν λειτουργήσει με κλειστό το άνοιγμα του στομίου εξόδου, κλειστή την βαλβίδα διακοπής ή μια μπλοκαρισμένη σωλήνα. Το polyrex δεν πρέπει να αφηθεί να λειτουργήσει στεγνό, θα πάθει σοβαρές βλάβες.



## Γενικά

Ολόκληρη η περιοχή γύρω, πάνω και κάτω από το polyrex θεωρείται σαν επικίνδυνη ζώνη. Η θερμότητα στην επιφάνεια του είναι πάνω από 350°C.

-Πολυπροπυλένιο 230°C

Η θερμοκρασία της στέγασης και των δυο καλυμμάτων πρέπει να είναι αρκετή ώστε να εξασφαλίζει ότι το ρευστό μέσο (τηγμα πολυμερούς) καθώς εισάγεται στο polyrex δεν στερεοποιείται λόγω ψύξεως. Η ικανότητα θέρμανσης του συστήματος πρέπει να μπορεί να τήξει όλο το στέρεο μέσο μέσα στο polyrex. Αυτό επιτυγχάνεται με μια επιπλέον εγκατάσταση ειδικού λαδιού. Το ειδικό λαδί ζεσταίνεται από αντιστάσεις και με τη σειρά του πηγαίνει και ζεσταίνει το polyrex. Η απαιτούμενη θερμότητα της στέγασης και η αντίστοιχη θερμαντική ικανότητα εξαρτώνται από την θερμότητα του πολυμερούς τηγματος που θα αντληθεί. Η επιτρεπόμενη διαφορική θερμοκρασία ανάμεσα στο τηγμα του πολυμερούς και στην στέγαση της αντλίας είναι 50°. Υψηλό ΔΤ προκαλεί αύξηση της αξονικής αντοχής. Το Δρ δεν πρέπει ποτέ να γίνει μικρότερο από 5 bar.

$\Delta p = p_{\text{πλευράς εκφόρτωσης τηγματος}} - p_{\text{πλευρά αναρροφήσεως τηγματος}}$

## Σημεία μέτρησης και ανιχνευτές μετρήσεων στο polyrex

Σημεία μετρήσεως στην στέγαση	Αριθμός
<b>Πιέσεις τηγματος</b>	
Κινητήρια πλευρά πλευράς αναρροφήσεως	1
Ακίνητη πλευρά πλευράς αναρροφήσεως	1
Κινητήρια πλευρά πλευράς εκφόρτωσης	1
Ακίνητη πλευρά πλευράς εκφόρτωσης	1
<b>Θερμοκρασίες στην στέγαση</b>	
Πλευρά αναρρόφησης στην στέγαση	1
Πλευρά πίεσης στην στέγαση	1
Κάλυμμα κινητήριας πλευράς	1
Κάλυμμα ακίνητης πλευράς	1
<b>Θερμοκρασίες επιπέδων εδράνων</b>	
Κινητήρια πλευρά	1
Κινητήρια πλευρά	1
Ακίνητη πλευρά	1
Ακίνητη πλευρά	1
<b>Ειδικά σημεία μετρήσεως της θερμοκρασίας του τηγματος</b>	
Αυλάκωση -V μέσα στο κάλυμμα της κινητήριας πλευράς	1

Αυλάκωση $-V$ μέσα στο κάλυμμα της ακίνητης πλευράς	1
---	---

### **Μηχανική φόρτωση της κινητήριας ατράκτου-ων**

Οι κινητήριες άτρακτοι δεν πρέπει να εκτιθενται σε επιπρόσθετες εξωτερικές ακτινικές και αξονικές δυνάμεις. Μετά από την εγκατάσταση, οι κινητήριες άτρακτοι του polytex πρέπει να είναι ελεύθερες να κινούνται αξονικά.

### **Ψυκτικό μέσο**

Οι άτρακτοι του polytex συνδέονται κάθε μια με έναν αγωγό ψύξης ατράκτου και έναν στρεφόμενο σύνδεσμο. Η άτρακτος ψύχεται με νερό που περνάει από μέσα της. Το νερό αυτό με το που πάρει την θερμότητα από την άτρακτο πηγαίνει σε έναν πύργο ψύξης για να ψυκτεί.

### **Κολλώδες φραγές ατράκτου**

Οι κολλώδες φραγές ραβδωτού τύπου αποτρέπουν την διαρροή του μέσου άντλησης από τις ατράκτους του polytex. Κάθε κολλώδες φραγή έχει ελικοειδής αυλάκωσης στην εσωτερική τους διάμετρο. Καθώς η άτρακτος περιστρέφεται, οι αυκαλώσεις αυτές μεταφέρουν προς τα έξω το ρεόμενο μέσο πίσω στην αντλία. Οι ελικοειδής αυλακώσεις εξαρτώνται από την φορά περιστροφής της ατράκτου, όποτε είναι ή δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες.

Οι κολλώδες φραγές μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά μόνο σε ένα περιορισμένο εύρος ιξώδους του μέσου άντλησης. Για να αποτρέψουν την διαρροή του τηγματος πολυμερούς με χαμηλό ιξώδες, ψύχονται με νερό ώστε να αυξηθεί το ιξώδες του τηγματος.

Ένα βέλος δείχνει την φορά περιστροφής της ατράκτου και το οποίο είναι τυπωμένο στο εξωτερικό πρόσωπο της φλάντζας.

### **Δίσκοι διακοπής με συσκευές διακοπής**

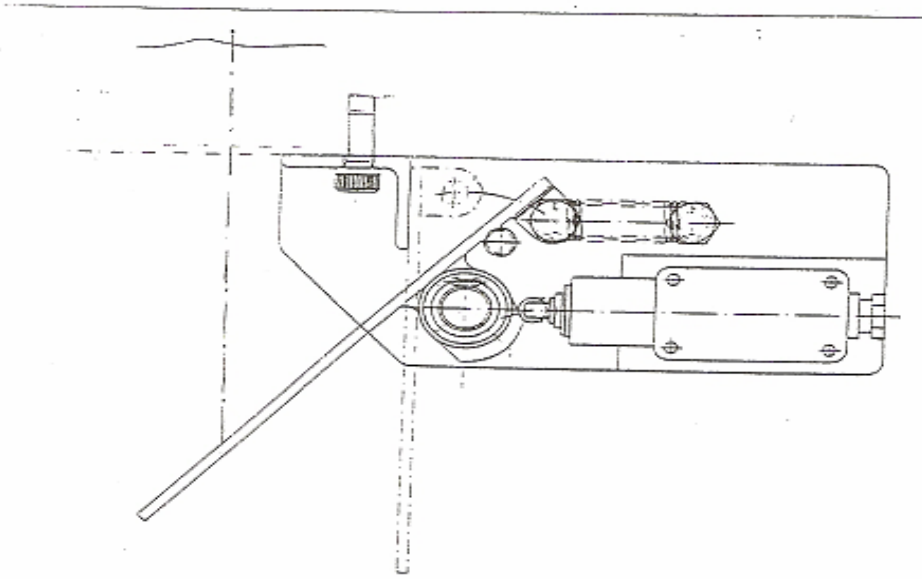
Οι δίσκοι διακοπής είναι μηχανικές συσκευές προστασίας που αποτρέπουν ζημιά στο polytex από την υπερβολική πίεση του τηγματος. Για κάθε δίσκο έχει φτιαχτεί ένα ακροφύσιο μέσα στα ανοίγματα εισόδου και εξόδου της στέγασης. Ακόμα έχει συνδεθεί και μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή διακοπής σε κάθε ακροφύσιο των δίσκων.

Όταν η πίεση στην πλευρά αναρροφήσεως ή εκφορτώσεως φτάσει το όριο της έκρηξης, η διαβαθμισμένη μεμβράνη του δίσκου σπάει και το πολυμερές τηγμα ξεφεύγει από την στέγαση της αντλίας με αποτέλεσμα να μειώνεται ταχύτατα η πίεση.

Όριο έκρηξης στη πλευρά αναρροφήσεως: 140bar

Όριο έκρηξης στη πλευρά εκφόρτωσης: 420bar



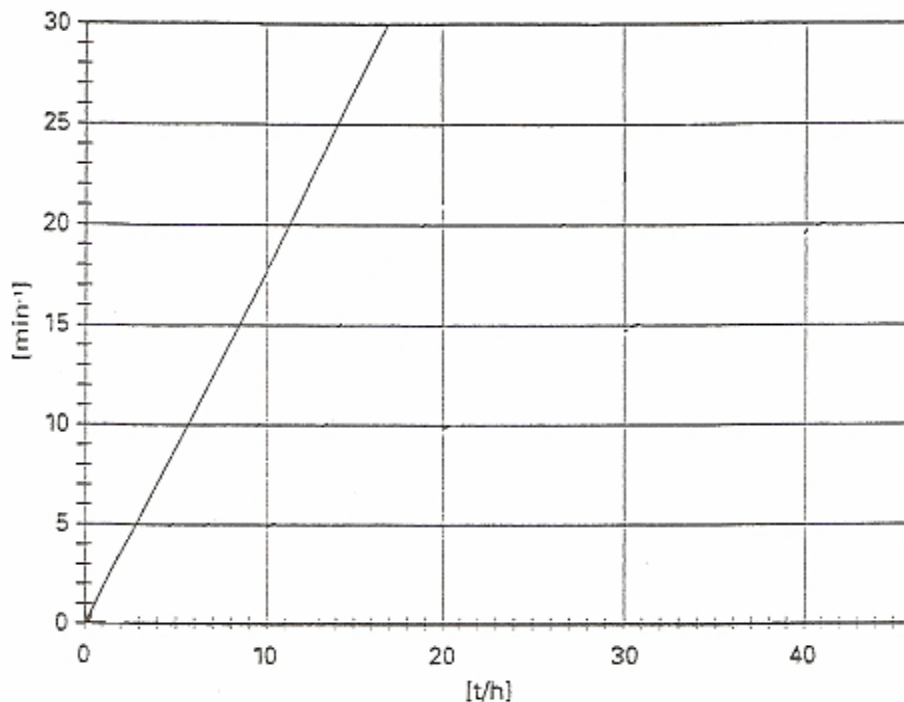


### **Λειτουργία σπαγγέτι**

Στην λειτουργία σπαγγέτι στην έξοδο του polyrex προσαρμόζεται ένα ειδικό στόμιο (die-plate), το τμήμα του πολυμερούς εξωθείται δια μέσου του die-plate προς το έδαφος σε μορφή μακαρονιού.

### **Παραγωγή έναρξης**

Για να αποφευχθεί υπερβολικό φορτίο πάνω στο polyrex κατά την εκκίνηση, η παραγωγή της εκκινήσεως ελαχιστοποιείται. Η παραγωγή της εκκίνησης δεν πρέπει να υπερβεί το 70% της μέγιστης εγγυημένης παραγωγής του polyrex. Αυτές οι τιμές εφαρμόζονται και στην έναρξη της λειτουργίας για πρώτη φορά και για την έναρξη μετά από κάποια διακοπή. Το polyrex κανονικά παίρνει κίνηση μέσω ενός κιβώτιου ταχυτήτων και κάποιου ηλεκτρικού κινητήρα. Κατά την λειτουργία η πίεση του τμήματος στην πλευρά της αναρροφήσεως ρυθμίζεται από το σύστημα έλεγχου πίεσης.

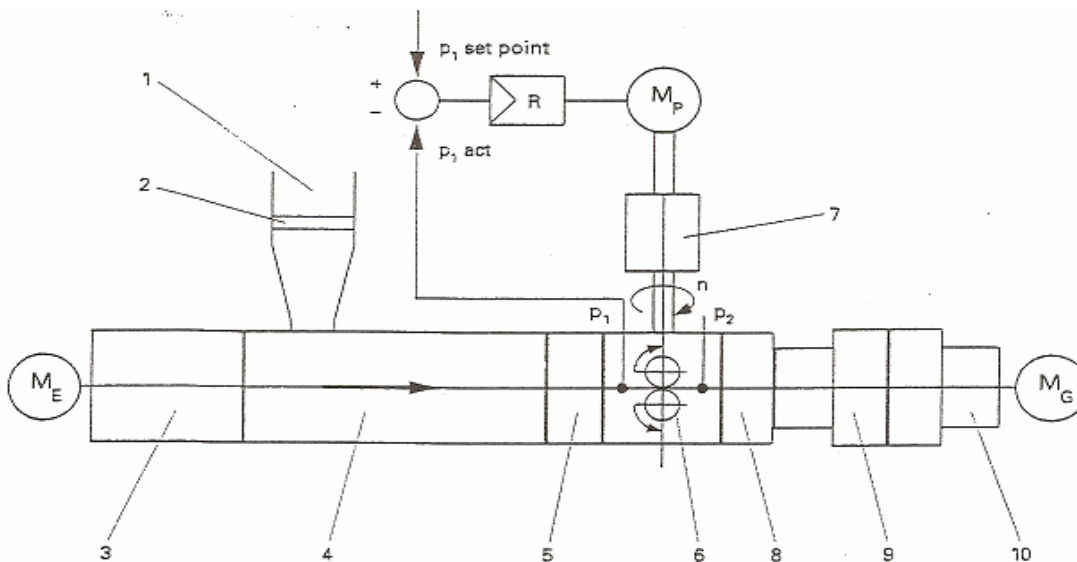


### Σύστημα έλεγχου

Η πίεση του τηγματος στην πλευρά αναρρόφησης του polyrex διατηρείται στη τιμή θέσης από το σύστημα έλεγχου της πίεσης. Η ταχύτητα του polyrex ρυθμίζεται από το σύστημα έλεγχου της πίεσης. Αν η πίεση του τηγματος στην πλευρά αναρρόφησης αλλάζει τότε και η ταχύτητα του polyrex ρυθμίζεται αντίστοιχα:

Αν η πίεση του τηγματος στη πλευρά αναρρόφησης αυξάνεται πάνω από την τιμή θέσεως, η ταχύτητα του polyrex μεγαλώνει αυτόματα. Αυτό αυξάνει την ταχύτητα μεταφοράς της αντλίας και η παραπάνω πίεση στην πλευρά της αναρρόφησης μειώνεται.

Αν η πίεση του τηγματος στην πλευρά αναρρόφησης πέφτει κάτω από την τιμή θέσεως, η ταχύτητα του polyrex μειώνεται αυτόματα με αποτέλεσμα να μειωθεί και η ταχύτητα μεταφοράς της αντλίας όποτε αυξάνεται και η πίεση στην πλευρά αναρρόφησης.



1	Τροφοδότης	6	polyrex
2	Διαχωριστής μέταλλου	7	Κιβώτιο ταχυτήτων του polyrex
3	Κιβώτιο ταχυτήτων extruder	8	Screen changer
4	Extruder	9	Die-plate
5	Βαλβίδα εκκινήσεως	10	Κοκκοποιητής

R= Ελεγχτής – “controller”
$M_E$ = κινητήρας extruder
$M_P$ = κινητήρας polyrex
$M_G$ = κινητήρας του κοκκοποιητή
$p_1$ = πίεση του τμήματος στη πλευρά αναρρόφησης
$p_2$ = πίεση του τμήματος στη πλευρά εκφόρτωσης
$p_{1\text{ set point}}$ = πίεση του τμήματος στη πλευρά αναρρόφησης στο σημείο θέσης
$p_{1\text{ act}}$ = πραγματική τιμή της πίεσης του τμήματος στη πλευρά αναρρόφησης
$n$ = ταχύτητα του polyrex

Το σημείο θέσης εξαρτάται από το ιξώδες του μέσου άντλησης και τον τύπο του extruder. Το σημείο θέσης επιλέγεται να καλύπτει το μεγαλύτερο πιθανό εύρος του ιξώδους.

### Θέρμανση

Η θερμοκρασία του polyrex πρέπει να γίνει σταδιακά με παύσεις 15 λεπτών κάθε φορά, μέχρι τη θερμοκρασία λειτουργίας.

### παράδειγμα:

προδιαγραφόμενοι θερμοκρασία λειτουργίας 230°C:

- ρυθμίζουμε την θερμοκρασία του μέσου θέρμανσης στους 50°C
- όταν φτάσει στην τιμή αυτή, περιμένουμε περίπου 15 λεπτά και μετά αυξάνουμε σταδιακά την θερμοκρασία από τους 50°C στους 200°C.
- Αφού φτάσει η θερμοκρασία στους 200°C, ρυθμίζουμε το προφίλ της ειδικής θερμοκρασίας του προϊόντος (π.χ στους 230°C)

Για να αποφύγουμε ανεπιθύμητες θερμικές τάσεις, η θερμοκρασία δεν πρέπει να αυξηθεί παραπάνω από 50°C σε κάθε ώρα. Μετά την επίτευξη της προδιαγραφόμενης θερμοκρασίας λειτουργίας, την διατηρούμε στο polytex για τουλάχιστον 4 ώρες (χρόνος εμποτισμού θερμότητας). Επίσης για την αποφυγή της στερεοποίησης του στρώματος λίπανσης του πολυμερούς τηγματος μέσα στα έδρανα, η θερμοκρασία δεν πρέπει να πέσει κάτω από τους 200°C.

### Διακοπή λειτουργίας-λίπανση

Το polytex παραμένει πλήρως θερμό μετά από κάθε διακοπή. Ο extruder πρέπει πάντα να κλείνει πριν από το polytex κατά την διάρκεια μιας διακοπής.

Σειρά διακοπής:

1. Ο extruder σταματά.
2. Το polytex αρχίζει να μειώνει την λειτουργία του.
3. Το polytex σταματά.

Ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος ξερής λειτουργίας του polytex γεμάτο από τηγμα πολυμερούς αλλά χωρίς τροφοδοσία πολυμερούς είναι 10 λεπτά, σε ταχύτητα μικρότερη από 10min<sup>-1</sup>.

Υπάρχουν 2 τρόποι διακοπής του polytex. Η διακοπή τύπου Α και η διακοπή τύπου Β.

- Διακοπή τύπου Α= κατεπείγων διακοπή του polytex και του συγκροτήματος. Ο συμπλέκτης μεταξύ του κινητήρα του extruder και του extruder πρέπει να άνοιξη αμέσως. Ο extruder και το polytex πρέπει να κλείσουν αμέσως.
- Διακοπή τύπου Β= κανονική διακοπή.

Σειρά διακοπής:

1. Σταμάτημα του τροφοδότη.
2. Ο extruder φτάνει στο χαμηλότερο όριο της ροπής.
3. Διακοπή του κύριου μέρους του extruder λόγω της πολύ χαμηλής ροπής.
4. Διακοπή του κύριου κινητήρα του extruder 5 δευτερόλεπτα μετά κύριου μέρους του extruder.

Μέγιστος χρόνος εξασθένησης του polytex για την διακοπή τύπου Β: 5 δευτερόλεπτα.

Λιπαντικά: ξερό στρώμα λίπανσης για την στέγαση, τους άξονες, τα δόντια των γραναζιών και για τα επίπεδα έδρανα. Τα ξερά στρωματά λίπανσης για επείγουσες λιπάνσεις πρέπει να περιέχουν μόνο διθειούχο μόλυβδο (MoS<sub>2</sub>) σε αλοιφή ή σε spray, με αντοχή θερμότητας τουλάχιστον 450°C και ικανό να υποστηρίξει μηχανικό φορτίο τουλάχιστον 20000N.

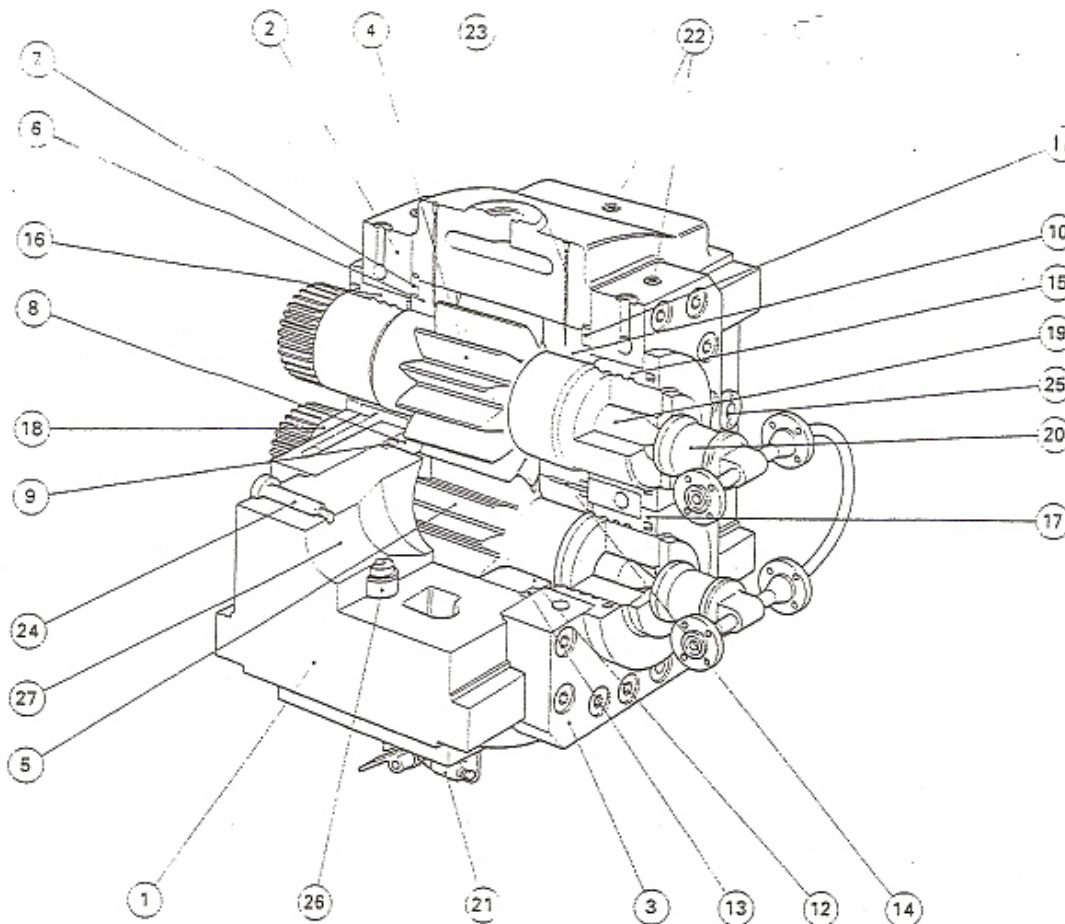
### Αντιμετώπιση προβλημάτων

a/a	Προβλήματα	Πιθανή αιτία	Αντιμετώπιση
1	Το polytex δεν λειτουργεί  Οι συνθήκες λειτουργίας και κατεργασίας έχουν ελεγχθεί και έχουν βρεθεί εντάξει.	α) αυτόματη διακοπή λόγω ελαττωματικού αισθητήρα, ηλεκτρικά προβλήματα ή ελαττωματικός κινητήρας.  β) Αυτόματη διακοπή λόγω υπέρβασης των ορίων της ροπής. Αιτίες: - Το polytex έχει μπλοκαριστεί από ξένα σώματα. - Το polytex έχει μπλοκαριστεί από στερεοποιημένο πολυμερές. - Βλάβη στα έδρανα ή στην άτρακτο (άρπαγμα).	α) έλεγχος των αισθητήρων, του ηλεκτρικού συστήματος και του κινητήρα.  β) αφαιρέστε την κύρια άτρακτο ή τους οδοντωτούς συνδέσμους και ελέγξτε αν η κινητήρια άτρακτος του polytex μπορεί να γυρίσει μετά χέρια (1 περιστροφή τουλάχιστον). Αν γυρνά: ελέγξτε τις συνθήκες λειτουργίας και επανακινήστε. Αν δεν γυρνά: προετοιμαστείτε για αποσυναρμολόγηση και ενημερώστε τον κατασκευαστή.
2	Η θερμοκρασία λειτουργίας δεν επιτυγχάνεται στην στέγαση και/ή στα δυο καλύμματα, η ελάχιστη θερμοκρασία των εδράνων δεν επιτυγχάνεται.	α) οι αισθητήρες θερμότητας είναι ελαττωματικοί, ή δεν υπάρχει μεταλλική επαφή.  β) οι σωλήνες θέρμανσης έχουν μπλοκάρει.  γ) υπάρχει αέρας στο σύστημα θέρμανσης.	α) ελέγξτε τους αισθητήρες θερμότητας.  β) ελέγξτε τους σωλήνες θέρμανσης.  γ) εξαερώστε τους σωλήνες θέρμανσης.
3	Το polytex έχει διαρροή πολυμερούς τηγματος.	α) οι κοχλίες του καλύμματος δεν είναι αρκετά σφιγμένοι. β) ανεπαρκής φραγή ανάμεσα στην φλάντζα της αντλίας πάνω στη πλευρά της αναρρόφησης ή της πίεσης.	α) ελέγξτε τους αισθητήρες θερμότητας. β) - σφίξτε τους κοχλίες της φλάντζας. - ελέγξτε για τυχόν παραμόρφωση της φλάντζας. - αν οι φλάντζες έχουν συνδεθεί με τζόντα, αφαιρέστε το polytex και αντικαταστήστε την.
4	Οι φλάντζες του polytex έχουν διαρροή θερμικού μέσου.	α) οι κοχλίες της φλάντζας δεν είναι αρκετά σφιγμένοι. β) η τζόντα λείπει ή έχει χαλάσει ή δεν έχει μπει καλά.	α) σφίξτε τους κοχλίες.  β) κλείστε το συγκρότημα, αδειάστε το σύστημα και αντικαταστήστε τις τζόντες.
5	Διαρροή θερμικού μέσου από την στέγαση και τα καλύμματα του polytex.	Πολύ λεπτές ρωγμές στη στέγαση ή στα καλύμματα.	- Καλέστε τον κατασκευαστή. - Μην εκτελέσετε εργασίες συγκόλλησης στην στέγαση ή στο κάλυμμα χωρίς την άδεια του κατασκευαστή.
6	Διαρροή του μέσου κατεργασίας από τους στρεφόμενους συνδέσμους, από τις φλάντζες σύνδεσης ή από τις εύκαμπτες μεταλλικές σωλήνες του συστήματος κατεργασίας της ατράκτου.	α) οι κοχλίες δεν είναι αρκετά σφιγμένοι. β) οι τζόντες λείπει ή έχει χαλάσει ή δεν έχει μπει καλά.  γ) οι στρεφόμενοι σύνδεσμοι έχουν χαλάσει.  δ) οι εύκαμπτοι σωλήνες έχουν χαλάσει.	α) σφίξτε τους κοχλίες.  β) κλείστε το συγκρότημα, αδειάστε το σύστημα και αντικαταστήστε τις τζόντες. γ) κλείστε το συγκρότημα, αδειάστε το σύστημα και αντικαταστήστε τους στρεφόμενους συνδέσμους. δ) κλείστε το συγκρότημα, αδειάστε το σύστημα και αντικαταστήστε τις σωλήνες.
7	Ανεπαρκές παραγωγή του	Μηχανική βλάβη, π.χ. σπάσιμο των	Προετοιμασία για αποσυναρμολόγηση,

	polytex, η πίεση πάλλεται, η ογκομετρική ικανότητα πέφτει.	δοντιών του γραναζιού ή ζημιά στην στέγαση από ξένα σώματα.	καλέστε τον κατασκευαστή.
8	Θορυβώδης λειτουργία του polytex. Μεταλλικό σφύριγμα ή οξύς θόρυβος.	Προστριβή μεταξύ της ατράκτου και των εδράνων.	Προετοιμασία για αποσυναρμολόγηση, καλέστε τον κατασκευαστή.
9	Η κολλώδης φραγής της ατράκτου έχει διαρροή: 1) διαρροή ψυκτικού μέσου από τις φλάντζες. 2) διαρροή ψυκτικού μέσου από τους αρμούς της συγκόλλησης.	1) : α) οι κοχλίες της φλάντζας δεν είναι αρκετά σφιγμένοι. β) οι φραγές της φλάντζας λείπουν, χαλάσει ή έχουν μπει λάθος. 2)πολύ λεπτές ρωγμές.	1) : α) σφίξτε τους κοχλίες. β) κλείστε το συγκρότημα, αδειάστε το σύστημα και αντικαταστήστε τις φραγές. 2) Μην εκτελέσετε εργασίες συγκόλλησης στην στέγαση ή στο κάλυμμα χωρίς την άδεια του κατασκευαστή.
10	Μεγάλες διακυμάνσεις της ροπής.	α) ο αισθητήρας της ροπής είναι ελαττωματικός. β) Προστριβή μεταξύ της ατράκτου και των εδράνων.	α) κλείστε το συγκρότημα και αντικαταστήστε τον αισθητήρα. β) Προετοιμασία για αποσυναρμολόγηση, καλέστε τον κατασκευαστή.

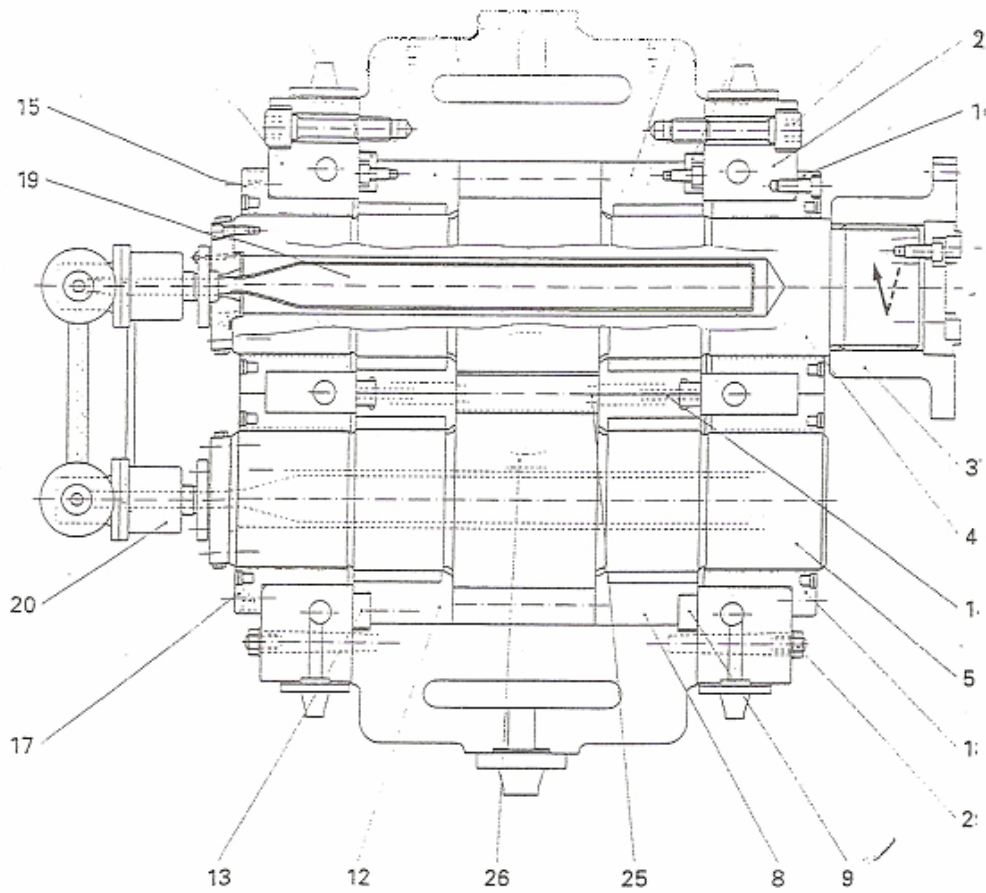
a/a	Πρόβλημα	Πιθανή αιτία	Αντιμετώπιση
11	Μεγάλες διακυμάνσεις της πίεσης του τηγματος. 1) προς τα κάτω από τις πλευρές αναρρόφησης και εκφόρτισης.  2) προς τα πάνω από τις πλευρές αναρρόφησης και εκφόρτισης.	1) : α) ελαττωματικός αισθητήρας. β) σπασμένο δόντι.  2) : α) ελαττωματικός αισθητήρας. β) ελαττωματικός ο ελεγχτής της πίεσης.	1) : α) αντικατάσταση του αισθητήρα. β) Προετοιμασία για αποσυναρμολόγηση, καλέστε τον κατασκευαστή. 2) : α) αντικατάσταση του αισθητήρα. β) αντικατάσταση του ελεγχτή.
12	Μεγάλες διακυμάνσεις της ροπής.	Ελαττωματικός αισθητήρας ροπής.	Αντικατάσταση του αισθητήρα.
13	Σπάσιμο του πείρου διατμήσεως μέσα στον σύνδεσμο (αν έχει εγκατασταθεί ο πείρος διατμήσεως).	Υπερβολική ροπή. Οι ίδιες αιτίες όπως στην αυτόματη διακοπή λόγω της υψηλής ροπής.	Αφαιρέστε την κύρια άτρακτο και ελέγξτε αν η κινητήρια άτρακτος του polytex μπορεί να γυρίσει μετά χέρια (1 περιστροφή τουλάχιστον). Αν μπορεί: ελέγξτε όλες τις συνθήκες λειτουργίας και επανακινήστε. Αν δεν μπορεί: προετοιμαστείτε για αποσυναρμολόγηση και ενημερώστε τον κατασκευαστή.

## Σχέδιο polyrex



- |  |   |
|--|---|
| 1 στέγαση  | 17 κολλώδες φραγή NDSB  |
| 2 κάλυμμα της πλευράς κινήσεως                         | 18 κολλώδες φραγή DSB   |
| 3 κάλυμμα της ακίνητης πλευράς                         | 19 αγωγός ψύξεως  |
| 4 κινητήρια άτρακτος, επάνω μέρος                      | 20 στρεφόμενος σύνδεσμος  |
| 5 κινητήρια άτρακτος, κάτω μέρος                       | 21 συσκευή διακοπής για τον δίσκο διακοπής                                |
| 6 επίπεδο έδρανο, πλευράς κινήσεως, επάνω μέρος DST    | 22 ανοίγματα για τους ανιχνευτές θερμοκρασίας στην στέγαση και το κάλυμμα |
| 7 δακτύλιος εδράνου DST                                | 23 ανοίγματα για τους ανιχνευτές θερμοκρασίας στα έδρανα                  |
| 8 επίπεδο έδρανο, πλευράς κινήσεως, κάτω μέρος DSB     | 24 ακροφύσιο ανιχνευτού μέτρησης, πίεση τηγματος στην πλευρά αναρρόφησης  |
| 9 δακτύλιος εδράνου DSB                                | 25 ακροφύσιο ανιχνευτού μέτρησης, πίεση τηγματος στην πλευρά απόσβεσης    |
| 10 επίπεδο έδρανο, ακίνητης πλευράς, επάνω μέρος, NDST | 26 ακροφύσιο με δίσκο διακοπής  |
| 11 δακτύλιος εδράνου NDST                              | 27 άνοιγμα εισαγωγής  |
| 12 επίπεδο έδρανο, ακίνητης πλευράς, επάνω μέρος, NDSB |   |
| 13 δακτύλιος εδράνου NDSB                              |   |
| 14 κλειδί  |   |
| 15 κολλώδες φραγή NDST                                 |   |
| 16 κολλώδες φραγή DST                                  |   |
- DS= πλευρά κινήσεως  
 NDS= ακίνητη πλευρά  
 DST= επάνω μέρος πλευράς κινήσεως  
 DSB= κάτω μέρος πλευράς κινήσεως  
 NDST= ακίνητη πλευρά, επάνω μέρος
- NDSB= επάνω μέρος, κάτω μέρος

## Τομή polyrex



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΑΝΤΛΙΕΣ , Κωνσταντίνου Β. Ακριτίδη
2. ΑΝΤΛΙΕΣ , σύλλογος μηχανολόγων-ηλεκτρολόγων βόρειας Ελλάδας
3. ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ , ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ
4. Σημειώσεις τμήματος μηχανολόγων βιομηχανικού συγκροτήματος  
“ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ”