

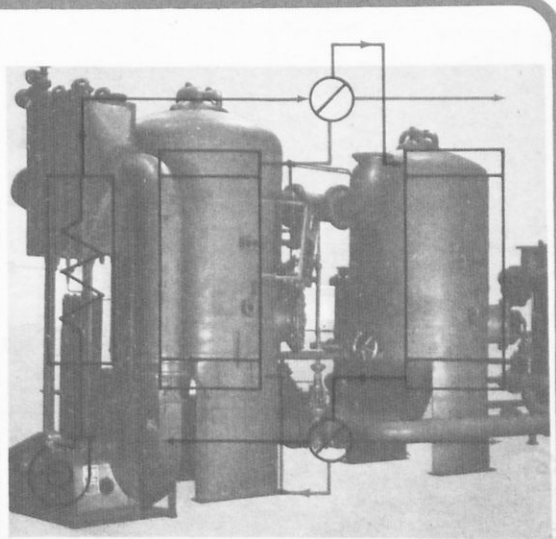


Β' Τεχνικού Λυκείου

# ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Κωνστ. Α. Καγκάρκη

ΔΡΟΣ ΧΗΜΙΚΟΥ - ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ Ε. Μ. Π.







1954

ΕΤΗΣΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ

# ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΝΤΣΙ & ΚΑΥΚΑΡΑΚΙΣ

ΕΤΗΣΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ  
ΕΚΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΚΑΙ ΠΑΡΟΝΤΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΕΤΗΣΙΑΣ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ





ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΒΟΥΛΗΣ  
ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

*Βιβλίο Είδηση*

Αξιόχ. Αριθ. Είσευ. *1821* Έτος *1980*



ΧΗΜ

Ε

13

Καγκαρακη, Κωνσταντ. Α.



Β' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

# ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΩΝΣΤ. Α. ΚΑΓΚΑΡΑΚΗ

ΔΡΟΣ ΧΗΜΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΜΠ  
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΗΣ ΝΕΩΤΕΡΑΣ ΧΗΜΕΙΑΣ  
ΣΤΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΕΙΟ Μ. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΑΘΗΝΑ  
1979

002  
408  
E12R  
2137



# ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΟ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΟ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΟ



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Εύγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ίδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς πρόβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική άγωγή, θα ήταν αναγκαίος και άποφασιστικός παράγοντας της προόδου του Έθνους μας.

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

Έτσι το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου την διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη.

Από το 1956 μέχρι σήμερα η συμβολή του Ίδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτη ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών.

Μέχρι σήμερα εκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια τεύχη, και καλύπτουν ανάγκες των Κατώτερων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Ύψ. Παιδείας, των Σχολών του Όργανισμού Απασχολήσεως Έργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ) και των Δημοσίων Σχολών Έμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ίδρύματος σ' αυτή την έκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η ποιότητα των βιβλίων, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και από άποψη εμφάνισης, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους νέους.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική ποιότητα των βιβλίων, τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές έπεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση.

Ίδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στην ποιότητα των βιβλίων από γλωσσική άποψη, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα άρτια και όμοιομορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στην γλωσσική διαπαιδαγώγηση των μαθητών.

Έτσι με απόφαση που πάρθηκε ήδη από το 1956 όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως άργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, είναι γραμμένα σε γλώσσα δημοτική με βάση την γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία είναι γραμμένα στην άπλη καθαρεύουσα. Η γλωσσική έπεξεργασία των βιβλίων γίνεται από φιλολόγους του Ίδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ένιαία σύνταξη και όρολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

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

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

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

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς**, Ὁμ. Καθηγητῆς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

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

**Μιχαήλ Γ. Ἀγγελόπουλος**, Τακτικὸς Καθηγητῆς ΕΜΠ, Διοικητῆς ΔΕΗ.

**Παναγιώτης Χατζηγιάννου**, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντῆς Ἐπαγ/κῆς Ἐκπ. Ὑπ. Παιδείας.

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

**Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος**, **Κ. Α. Μανάφης**, Μόν. Ἐπικ. Καθηγητῆς

Παν/μίου Ἀθηνῶν.

**Γραμματεὺς**, **Δ. Π. Μεγαρίτης**.

#### Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

**Γεώργιος Κακριδῆς** † (1955 - 1959) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Ἄγγελος Καλογεράς** † (1957 - 1970)

Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιας** (1957 - 1965) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956 -

1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 - 1967) **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 - 1976) Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

Σκοπός του μαθήματος της Χημικής Τεχνολογίας είναι η εισαγωγή των μαθητών του τμήματος Χημικών των Τεχνικών Λυκείων σε μία καινούργια περιοχή γνώσεων, ιδιαίτερα χρήσιμων για τη μελλοντική επαγγελματική τους απασχόληση στη χημική βιομηχανία.

Ο μαθητής έχει ως τώρα γνωρίσει τις χημικές αντιδράσεις και τις φυσικές μεταβολές των σωμάτων από θεωρητικές μόνο εξισώσεις και σχέσεις ή από εργαστηριακές ασκήσεις. Είναι όμως ακόμη άνυποπτος για τα προβλήματα που προκύπτουν, όταν τα φαινόμενα αυτά μεταφερθούν σε βιομηχανική εφαρμογή. Στο μάθημα της Χημικής Τεχνολογίας θα εξοικειωθεί βαθμιαία με τη μεγάλη σημασία έννοιών, που συνδέονται στενά με τη βιομηχανική δραστηριότητα, όπως η ποιότητα των προϊόντων, το κόστος της παραγωγής, η εξοικονόμηση των υλικών και της ενέργειας, η απόδοση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα στη λειτουργία του εργοστασίου, η αξία της πρακτικής εμπειρίας.

Σύμφωνα με το αντίστοιχο αναλυτικό πρόγραμμα του ΚΕΜΕ, στα τέσσερα πρώτα κεφάλαια του βιβλίου αναπτύσσονται οι γενικές μέθοδοι, που ακολουθεί η χημική βιομηχανία για την πραγματοποίηση του κεντρικού της στόχου, δηλαδή την παραγωγή προϊόντων στην καλύτερη δυνατή ποιότητα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Στα υπόλοιπα κεφάλαια περιγράφονται με συστηματικό τρόπο οι κυριότερες φυσικές διεργασίες, που εφαρμόζονται στην επίλυση του παραπάνω στόχου και οι βιομηχανικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή τους.

Οι αριθμητικές ασκήσεις, που συνοδεύουν τα κεφάλαια αυτά, είναι ανάλογες με όρισμα από τα απλούστερα και συνθετέστερα κατασκευαστικά και λειτουργικά προβλήματα της χημικής βιομηχανίας. Η λύση τους επιχειρείται με τη βοήθεια όμοιων μεθόδων, όπως εκείνες που εφαρμόζονται στην αντιμετώπιση των πραγματικών βιομηχανικών προβλημάτων και συντείνουν στην ενημέρωση του μαθητή σχετικά με τις συνθήκες του εργοστασίου, τα μεγέθη της παραγωγής και τη βιομηχανική μεθοδολογία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη διάκριση μεταξύ λύσεων, που γίνονται αποδεκτές στις βιομηχανικές συνθήκες και εκείνων που είναι πρακτικά μη εφαρμόσιμες.

Το μάθημα συμπληρώνεται στην επόμενη τάξη με την ανάπτυξη των χημικών βιομηχανικών διεργασιών και την περιγραφή της παραγωγής των σημαντικότερων χημικών προϊόντων.

Καταβλήθηκε κάθε προσπάθεια, με την πολύτιμη συνδρομή του Τμήματος Έκδόσεων του Ίδρυματος Εύγενιδου, για την παρουσίαση της ύλης του βιβλίου με τρόπο απλό, μέσα από πρακτικά παραδείγματα και με τη χρησιμοποίηση πλήθους φωτογραφιών και σχημάτων. Έλπίζω ότι θα συμβάλει στην ολοκλήρωση της μορφώσεως των μαθητών προς τους οποίους απευθύνεται.

Ο συγγραφέας



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

#### 1.1 Πρώτες ύλες και προϊόντα.

Τά περισσότερα από τά είδη πού χρησιμοποιεί ό άνθρωπος γιά τήν Ικανοποίηση τών αναγκών του, είναι προϊόντα διαφόρων βιομηχανικών διεργασιών, πού έχουν διεξαχθεί sé εργοστάσια μικρού ή μεγάλου μεγέθους. Άς πάρουμε ένα πολύ πρόχειρο παράδειγμα. Τό ψωμί, πού αγοράζουμε κάθε μέρα, μπορεί νά προέρχεται από κάποιο μικρό συνοικιακό φούρνο ή από ένα μεγάλο εργοστάσιο άρτοποιίας. Άπό όπου όμως καί νά προέρχεται, οι διεργασίες, πού έκτελέσθηκαν γιά τήν παρασκευή του, είναι όμοιες μεταξύ τους. Άλεύρι ζυμώθηκε μέ νερό, μέ προσθήκη μικρής ποσότητας άλατιού καί ή ζύμης καί ή άρτομάζα (τό ζυμάρι), πού σχηματίσθηκε, ψήθηκε κατόπιν sé φούρνο θερμοκρασίας 230°C περίπου. Γιά τήν παρασκευή του άλευριού, είχε βέβαια προηγηθεί τό άλεσμα καί κοσκίνισμα του σιταριού, γιά νά ξεχωρίσουν τά πύτουρα.

Στό παράδειγμά μας, τό σιτάρι είναι ή **πρώτη ύλη**, από τήν όποία ξεκινά μία βιομηχανική διαδικασία πού, όπως είδαμε, περιλαμβάνει μία σειρά από **διεργασίες** (άλεση, κοσκίνισμα, ζύμωμα, ψήσιμο), οι όποίες επέφεραν διαδοχικές μετατροπές στό κατεργαζόμενα **ύλικά**. Η διεξαγωγή τών διεργασιών αυτών πραγματοποιήθηκε sé κατάλληλες **βιομηχανικές συσκευές** (μύλος, κόσκινο, ζυμωτήριο, φούρνος) καί, στην πορεία τής κατεργασίας, χρησιμοποιήθηκαν καί όρισμένες **βοηθητικές ύλες** (νερό, άλάτι, ζύμη, πετρέλαιο γιά τή θέρμανση του φούρνου). Όπως φαίνεται στό σχήμα 1.1, κατά τή διαδικασία του παραδείγματός μας παρεμβάλλεται ή παραγωγή μιάς σειράς **ένδιαμέσων προϊόντων** (άλεύρι, άρτομάζα) καί, εκτός από τό κύριο **τελικό προϊόν**, τό ψωμί, προκύπτουν καί **παραπροϊόντα**, δηλαδή προϊόντα μικρότερης σημασίας, όπως π.χ. τά πύτουρα, πού χρησιμοποιούνται στην παρασκευή ζωοτροφών. Συγχρόνως σχηματίζονται καί όρισμένα άχρηστα σώματα, όπως ή αίθάλη καί τά καυσαέρια από τήν καύση του πετρελαίου καί τά άκάθαρτα νερά από τό πλύσιμο τών βιομηχανικών χώρων καί συσκευών, πού άποτελούν τά **άπόβλητα** του εργοστασίου καί άπορρίπτονται συνήθως στό περιβάλλον. Τό σύνολο τών βιομηχανικών συσκευών, πού χρησιμοποιούνται γιά τήν παραγωγή ενός προϊόντος, συγκροτεί μία **βιομηχανική μονάδα**. Κάθε βιομηχανική έγκατάσταση, δηλαδή κάθε εργοστάσιο, μπορεί νά περιλαμβάνει περισσότερες από μία βιομηχανικές μονάδες. Στην περίπτωση αυτή τό εργοστάσιο άποτελεί ένα **βιομηχανικό συγκρότημα**.



Σχ. 1.1.

Οι κυριότερες βιομηχανικές διεργασίες και τα διάφορα προϊόντα, που συμμετέχουν στην παρασκευή του ψωμιού από τό σιτάρι.

## 1.2 Ποιότητα και κόστος τών βιομηχανικών προϊόντων.

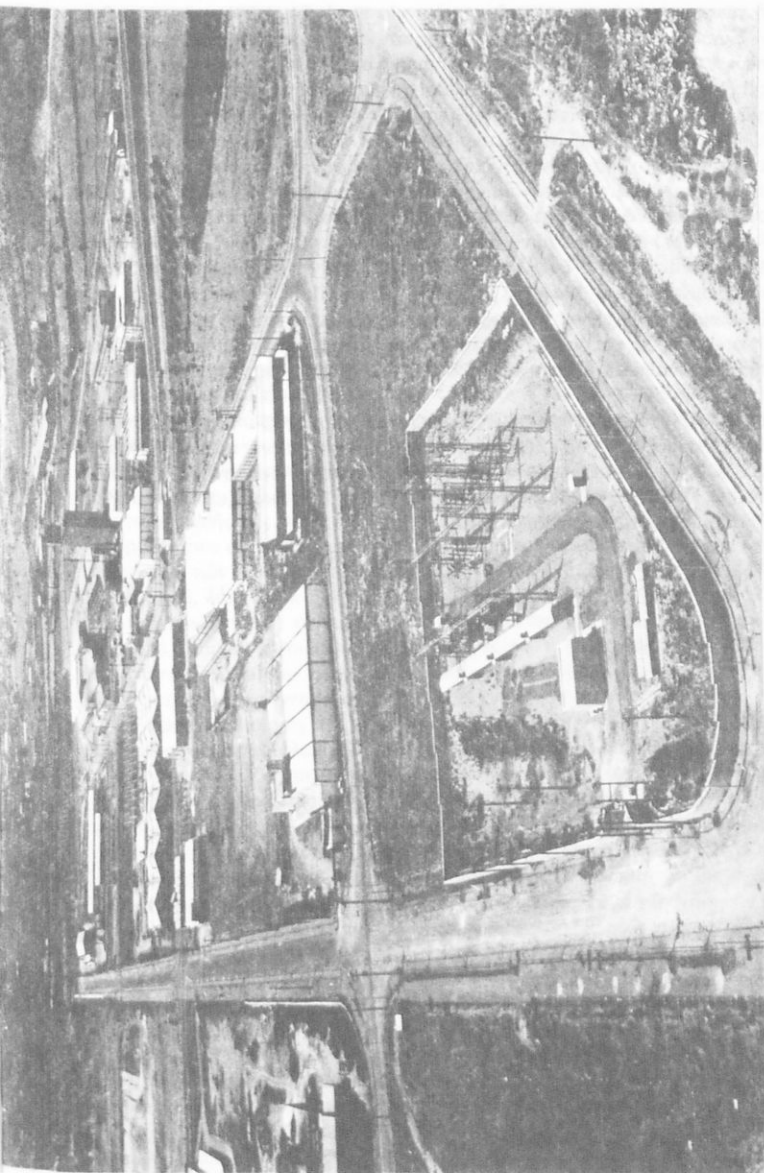
Δύο είναι οι βασικές απαιτήσεις, που πρέπει να ικανοποιεί ένα βιομηχανικό προϊόν, ώστε να μπορέσει να διατεθεί με επιτυχία στην αγορά και να καλύψει τις ανάγκες για τις όποιες προορίζεται. Η πρώτη απαίτηση είναι η **καλή ποιότητα** του προϊόντος, που εξασφαλίζεται με τη χρησιμοποίηση καταλλήλων πρώτων και βοηθητικών ύλων και τήν εφαρμογή σωστών μεθόδων παραγωγής, με τό συνεχή έλεγχο τής καλής λειτουργίας τών βιομηχανικών συσκευών και με τήν προσεκτική αποθήκευση, συσκευασία και μεταφορά τών ένδιαμέσων και τελικών προϊόντων.

Η δεύτερη βασική απαίτηση είναι τό **χαμηλό κόστος** παραγωγής. Αυτό διαμορφώνεται από τήν τιμή αγοράς και τίσ απαιτούμενες ποσότητες τών πρώτων ύλων, τών βοηθητικών ύλων και τής ενέργειας για τή λειτουργία τών βιομηχανικών συσκευών, από τό κόστος κατασκευής και συντηρήσεως τής βιομηχανικής εγκαταστάσεως, από τήν απόδοση τής κάθε βιομηχανικής μονάδας (που καθορίζεται από τήν ταχύτητα διεξαγωγής τών διαφόρων διεργασιών), από τή δυνατότητα αξιοποιήσεως τών παραγομένων παραπροϊόντων, από τά έξοδα μεταφοράς τών πρώτων ύλων και τών προϊόντων, από τίσ δαπάνες για τήν άμοιβή του προσωπικού και από άλλους οικονομικούς παράγοντες.

## 1.3 Η επιλογή τής τοποθεσίας τής βιομηχανικής εγκαταστάσεως.

Αποφασιστική συμβολή στη διαμόρφωση του κόστους τών προϊόντων έχει και η σωστή **επιλογή τής τοποθεσίας** ανεγέρσεως τής βιομηχανικής εγκαταστάσεως, ώστε να βρίσκεται όσο γίνεται πιό κοντά στον τόπο παραγωγής τών πρώτων ύλων, στις άγορές καταναλώσεως τών προϊόντων της, σε περιοχές όπου να υπάρχει διαθέσιμο προσωπικό για να άπασχοληθεί στη βιομηχανία και σε κέντρα με τήν άναγκαία όργάνωση για τήν έξυπνέτηση τής λειτουργίας της (άναπτυγμένο έμπόριο για τήν προμήθεια διαφόρων ύλικών και εξαρτημάτων, μηχανουργεία για τήν





Σχ. 1.3.

\*Ένα τμήμα της βιομηχανικής περιοχής Βόλου.

\*Η περιοχή άπχει 5 χιλιόμετρα από την πόλη, που διακρίνεται στο βάθος. Έχει συνολική έκταση 3460 στρέμματα και περιλαμβάνει 30 βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Στο έμπρός μέρος της φωτογραφίας φαίνεται ο υποσταθμός διανομής ηλεκτρικού ρεύματος της ΔΕΗ. Το κυβικό κτίριο, πιο πίσω, περιλαμβάνει ψυκτικούς αποθηκευτικούς χώρους για ευαίσθητα προϊόντα. Το ψηλό κτίριο, πίσω άριστερά, είναι ένας άλεκυρόμυλος και, άκόμη άριστερά, είναι ένα έργαστάσιο μπισκότων και ένα άλλο κάλλυντικών. Δεξιά από τον άλεκυρόμυλο είναι μία χαρτοποιία. Τα υπόλοιπα έργαστάσια κατασκευάζουν συρματόσκαχνα, μεταλλικά έξαρτήματα και διάφορα άλλα προϊόντα. Στη φωτογραφία φαίνεται, επίσης, ή σιδηροδρομική γραμμή και τό άνετο δίκτυο, που έμπηρετούν την περιοχή.

έπισκευή των μηχανημάτων, τράπεζες, τελωνεία κλπ.). Σέ πολλές χώρες, καθώς και στην Ελλάδα, τά κριτήρια, πού έπεκράτησαν στίς περισσότερες περιπτώσεις άνεγέρσεως έργοστασίων, δόγησαν στην πυκνή συγκέντρωση ενός μεγάλου μέρους τής βιομηχανικής δραστηριότητας μέσα και γύρω από τά αστικά κέντρα, μέ άποτέλεσμα τή δημιουργία στενότητας χώρου, τήν άδυναμία επέκτασεως των έργοστασίων, τήν έντονη μόλυνση του περιβάλλοντος από τά βιομηχανικά απόβλητα και τή γενικότερη ένόχληση των κατοίκων. Για τή διόρθωση τής καταστάσεως αύτηξ έχουν δημιουργηθεϊ τά τελευταϊα χρόνια ειδικές περιοχές, έξω από τίς μεγάλες πόλεις, στίς όποιες ένθαρρύνεται από τό κράτος (μέ παροχές δανείων, φορολογικές άπαλλαγές κλπ.) ή Ίδρυση των νέων βιομηχανιών, καθώς και ή μεταφορά των παλαιότερων έργοστασίων. Έχει ληφθεϊ πρόνοια, ώστε στίς περιοχές αυτές νά εϊναι συγκεντρωμένη όλη ή αναγκαία ύποδομή, για τήν όμαλή λειτουργία και ανάπτυξη των βιομηχανιών (όδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, παροχή νερού και ήλεκτρισμού, άποχέτευση και έπεξεργασία των απόβλητων, τηλεπικοινωνίες), καθώς και για τήν αντιμετώπιση έκτάκτων περιστατικών (ίατρεία, πυροσβεστικοί σταθμοί).

Στή χώρα μας, τέτοιες αναπτυγμένες **βιομηχανικές περιοχές**, ύπάρχουν ήδη κοντά στην Θεσσαλονίκη, τό Βόλο και τό Ήράκλειο τής Κρήτης, ένω σύντομα προβλέπεται ή όργάνωση νέων περιοχών κοντά στην Πάτρα, τήν Κομοτηνή, τήν Καβάλα, τή Λάρισα, τά Χανιά και σε άλλες πόλεις. Στο σχήμα 1.3 εϊκονίζεται ένα μεγάλο τμήμα τής βιομηχανικής περιοχής Βόλου.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

#### 2.1 Η σχέση Χημικής Τεχνολογίας και Χημικής Βιομηχανίας.

Είδαμε παραπάνω ότι στη βιομηχανία επιδιώκεται η παραγωγή προϊόντων καλής ποιότητας και χαμηλού κόστους. Οι παράγοντες όμως, που διαμορφώνουν την ποιότητα και, ακόμη περισσότερο, το κόστος των βιομηχανικών προϊόντων, εξαρτώνται, σε μεγάλο βαθμό, από τις συγκεκριμένες συνθήκες της κάθε βιομηχανίας. Δηλαδή από τις τοπικές ανάγκες της αγοράς, από το είδος των πρώτων υλών και της ενέργειας, που είναι περισσότερο πρόσφορες στην περιοχή, από το μέγεθος της παραγωγής της βιομηχανίας, από τους τοπικούς κανονισμούς, σχετικά με την απόρριψη των αποβλήτων και την προστασία του περιβάλλοντος κλπ. Έτσι, για την παραγωγή των βιομηχανικών προϊόντων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες **μέθοδοι** και κάθε φορά, επιλέγεται ή προσαρμόζεται εκείνη, που παρέχει το προϊόν στην επιθυμητή ποιότητα, με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες, που μπορεί να επιδράσουν στην επιλογή της βιομηχανικής μεθόδου, είναι οι διαστάσεις του χώρου που είναι διαθέσιμος για τη βιομηχανική εγκατάσταση και η απαίτηση για τη σύντομη ανέγερση και έναρξη της λειτουργίας της.

Η πραγματοποίηση του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος, προϋποθέτει το σωστό συνδυασμό όλων των πιο πάνω παραγόντων, καθώς μάλιστα πολλοί από αυτούς ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Όπως π.χ. η παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας και η χρησιμοποίηση φθηνών πρώτων υλών, ή διεξαγωγή ταχειών διεργασιών και η κατανάλωση μικρής ποσότητας ενέργειας, ή κατασκευή απλών βιομηχανικών εγκαταστάσεων και η απασχόληση μικρού αριθμού εργαζομένων.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η σωστή χρησιμοποίηση των βιομηχανικών μεθόδων στις χημικές βιομηχανίες, διότι κατά την παραγωγή των χημικών βιομηχανικών προϊόντων συντελούνται **ουσιαστικές μεταβολές στη χημική σύσταση ή τη φυσική κατάσταση της ύλης**. Αυτό ακριβώς είναι το αντικείμενο της Χημικής Τεχνολογίας. Δηλαδή, η **επιδίωξη της παραγωγής της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας και της καλύτερης δυνατής ποιότητας ενός χημικού προϊόντος, με τη μικρότερη δυνατή δαπάνη σε πρώτες ύλες και ενέργεια**. Από τη μελέτη της κάθε είδικης περιπτώσεως, η χημική τεχνολογία εξάγει το συμπέρασμα, όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, για τη μέθοδο που πρέπει να προτιμηθεί στην παραγωγή ενός προϊόντος και τις διεργασίες που πρέπει να περιλαμβάνει αυτή, για το είδος και το μέγεθος των βιομηχανικών συσκευών και τις συνθήκες λειτουργίας τους, ώστε να πραγματοποιείται το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα.

Π.χ., ξαναγυρίζοντας στο γνωστό μας παράδειγμα της παραγωγής του ψωμιού, από τη σχετική μελέτη θά προκύψει, σύμφωνα με τὰ κριτήρια κόστους που αναφέραμε παραπάνω, ἄν εἶναι σκόπιμος ὁ ἀποχωρισμός τοῦ σταδίου ἀλευροποιήσεως τοῦ σιταριοῦ ἀπὸ τὸ στάδιο ἀρτοποιήσεως τοῦ ἀλευριοῦ. Δηλαδή, νά γίνει μία χωριστή βιομηχανική μονάδα (ἔνας ἀλευρόμυλος) στὸν τόπο παραγωγῆς τοῦ σιταριοῦ καὶ μία ἄλλη (τὸ ἐργοστάσιο ἀρτοποιίας) κοντὰ στὸν τόπο καταναλώσεως τοῦ ψωμιοῦ. Ἐκτὸς τῆς ἴδιας μελέτης ἴσως προκύψει ὅτι, ἂν ἡ παραγωγή εἶναι ἄρκετὰ μεγάλη, θά εἶναι σκόπιμο νά μὴ γίνεται τὸ ψήσιμο τοῦ ψωμιοῦ σὲ ἓνα κοινό φούρνο, ὅπου ἡ εἰσαγωγή τῆς ἀρτομάζας καὶ ἡ ἐξαγωγή τοῦ ψημένου ψωμιοῦ γίνεται μὲ τὸ φτυάρι, ἀλλὰ σὲ μία κάμινο τύπου σήραγγας (τοῦνελ), ποῦ τὴ διατρέχει μία συνεχῶς κινούμενη μεταφορική ταινία (σχ. 2.1). Ἐπίσης, ἴσως προκύψει ὅτι, αὐξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ φούρνου κατὰ  $10^{\circ}\text{C}$  ἐπιτρέπει τὴ μείωση τοῦ ἀναγκαίου χρόνου ψησίματος τοῦ ψωμιοῦ κατὰ 10' χωρὶς δυσμενὴ ἐπίδραση στὴν ποιότητά του. Ἡ παρατήρηση αὕτη εἶναι πολὺ χρήσιμη, γιατί ὁδηγεῖ στὴν αὐξηση τῆς ἀποδόσεως τοῦ φούρνου, μὲ κατάλληλη ρύθμιση τῶν συνθηκῶν λειτουργίας του.



Σχ. 2.1.

Ἐνας κοινὸς φούρνος ἀρτοποιίας καὶ μία κάμινο τύπου σήραγγας συνεχοῦς λειτουργίας.

## 2.2 Ἡ προσαρμογὴ στὶς πρακτικὲς συνθήκες.

Στὸ παραπάνω παράδειγμα, εἶδαμε ὅτι, ἀπὸ πρακτικὲς παρατηρήσεις, μποροῦν νά προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα γιὰ τὴν καλύτερη συγκρότηση καὶ λειτουργία τῶν βιομηχανικῶν ἐγκαταστάσεων. Ἄλλὰ καὶ ἀντίστροφα, ὅποιαδήποτε μέθοδος ἢ τεχνικὴ ἐπινοήση δέν μπορεῖ νά κερδίσει τὴν καθιέρωσή της στὴ βιομηχανία, πρὶν περάσει ἀπὸ τὴ δοκιμασία τῆς πρακτικῆς ἐφαρμογῆς μὲ θετικὰ ἀποτελέσματα. Πολλὲς τεχνικὲς λύσεις ἴσως νά φαίνονται στὰ χαρτιά ἐξυπνες καὶ πρωτότυπες, ἢ ἀξία τους ὁμως γιὰ βιομηχανικὴ χρήση θά ἀποδειχθεῖ μόνο ἂν ξεπεράσουν μὲ ἐπιτυχία τὶς δυσκολίες τῆς προσαρμογῆς τους στὶς συνθήκες τοῦ ἐργοστασίου.

Γενικότερα, ἄλλωστε, ἀπαραίτητη προϋπόθεση γιὰ τὴ σωστὴ λύση κάθε βιομηχανικοῦ προβλήματος τῆς χημικῆς τεχνολογίας, εἶναι ὁ συνδυασμός τῶν πορισμάτων ἀπὸ τοὺς θεωρητικούς ὑπολογισμούς καὶ τῆς ἐμπειρίας ἀπὸ τὶς πρακτικὲς παρατηρήσεις στὸ ἐργοστάσιο καὶ τὸ ἐργαστήριο. **Πρέπει δηλαδή οἱ ἐπιδιωκόμενες διεργασίες νά εἶναι πραγματοποιήσιμες στὶς βιομηχανικὲς συνθήκες καὶ νά εἶναι προσαρμοσμένες στούς περιορισμούς, ποῦ ἐπιβάλλονται ἀπὸ αὐτές.** Π.χ. ἡ ἔθερμανση σὲ μία κάμινο δέν πρέπει νά ξεπερνᾷ σὲ θερμοκρασία τὸ ὄριο ἀντοχῆς τῶν πυριμάχων τούβλων ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι κατασκευασμένη, ἀλλὰ οὔτε καὶ θά πρέπει

νά αναμένεται διατήρηση της θερμοκρασίας με μεγαλύτερη ακρίβεια από τις άνοχές ρυθμίσεις στη συγκεκριμένη βιομηχανική συσκευή (για τις καμίνους είναι συνήθως  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  περίπου). Είναι φανερό ότι η μορφή, τό μέγεθος και οι λεπτομέρειες λειτουργίας των βιομηχανικών συσκευών πρέπει να προσαρμόζονται στις ιδιομορφίες της κάθε βιομηχανικής παραγωγής έτσι, ώστε να επιτυγχάνονται οι φυσικές και χημικές μεταβολές των προϊόντων στις επιθυμητές ποσότητες, κατά τρόπο που να συμφέρει οικονομικά και να είναι τεχνικά ασφαλής. Επίσης, κατά τό σχεδιασμό μιās βιομηχανικής συσκευής για τή διεξαγωγή μιās καθορισμένης διεργασίας, πρέπει να γίνονται έγκαιρα οι άπαιτούμενες προβλέψεις, ώστε να μή προκύψουν ύστερα άξεπέραστα πρακτικά προβλήματα, κατά τά στάδια τής κατασκευής και συναρμολογήσεως καθώς και κατά τή λειτουργία και συντήρηση τής συσκευής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

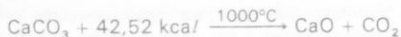
### ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

#### 3.1 Οι φυσικές διεργασίες και οι χημικές διεργασίες.

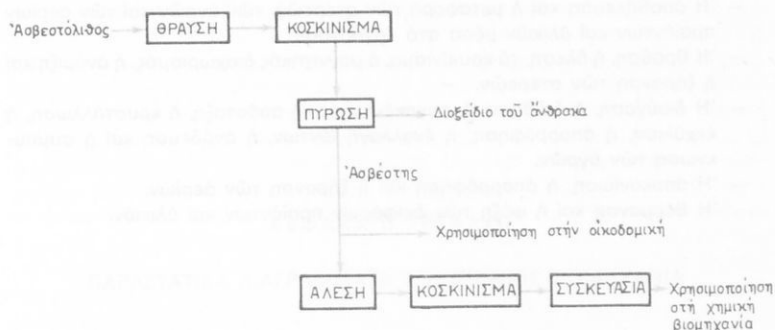
Στό προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι στη χημική βιομηχανία πραγματοποιούνται διάφορες διεργασίες, δηλαδή λειτουργίες βιομηχανικών συσκευών, που αποβλέπουν στη μεταβολή της χημικής σύστασής ή της φυσικής καταστάσεως της ύλης. Π.χ. στη βιομηχανική έγκατάσταση, που περιγράφει το σχήμα 1.1, περιέχονται, όπως είδαμε, οι διαδοχικές διεργασίες άλεση, κοσκίνισμα, ζύμωμα και ψήσιμο. Οι τρεις πρώτες από αυτές είναι **φυσικές διεργασίες**, συνοδεύονται δηλαδή από φυσικά φαινόμενα όπως είναι ο τεμαχισμός του κόκκου του σιταριού, ο διαχωρισμός του άλευριου από τα πίτουρα και η ανάμιξη του άλευριου με το νερό και τα άλλα συστατικά της άρτομάζας. Στις διεργασίες αυτές δεν γίνεται καμμία ουσιαστική επέμβαση στη χημική σύσταση των κατεργαζομένων υλικών, αλλά μόνο μεταβολές στη φυσική κατάσταση και τη μορφή τους. Συγκεκριμένα γίνεται ελάττωση του μεγέθους των τεμαχίων ενός στερεού, διαχωρισμός των συστατικών ενός μίγματος στερεών και ανάμιξη τριών στερεών με ένα υγρό. Οι **χημικές διεργασίες**, αντίθετα, συνεπάγονται την πραγματοποίηση μεταβολών στη σύσταση των υλικών, σαν αποτέλεσμα χημικών συνθέσεων, διασπάσεων, έξουδετερώσεων κλπ. Το ψήσιμο της άρτομάζας και ο σχηματισμός της κόρας και της ψίχας του ψωμιού αποτελεῖ μία χημική διεργασία.

#### 3.2 Οι φυσικές διεργασίες στη χημική βιομηχανία.

Στη χημική βιομηχανία, ο προορισμός των φυσικών διεργασιών είναι συνήθως να προετοιμάσουν τις πρώτες ύλες, ώστε να διευκολύνεται η διεξαγωγή των χημικών μεταβολών και αντιδράσεων κατά τις χημικές διεργασίες, που έπακολουθούν, καθώς επίσης και να προσδώσουν στα προϊόντα την τελική τους μορφή. Αυτό είναι φανερό στο παράδειγμα που χρησιμοποίησα ως τώρα. Ένα άλλο πρόχειρο παράδειγμα, είναι η παραγωγή του ασβέστη με πύρωση του ασβεστόλιθου, που φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 3.2. Δύο φυσικές διεργασίες, η θράυση και το κοσκίνισμα του ασβεστόλιθου, προηγούνται από τη χημική διεργασία, δηλαδή τη διάσπαση του ασβεστόλιθου κατά τη θερμοχημική αντίδραση:



Ο προορισμός των δύο αυτών φυσικών διεργασιών, είναι να ελαττώσουν αρκετά το μέγεθος των τεμαχίων του ασβεστόλιθου, με τα οποία τροφοδοτείται η



Σχ. 3.2.

Οι κυριότερες βιομηχανικές διεργασίες και προϊόντα, κατά τήν παρασκευή του ασβέστη από τον ασβεστόλιθο.

ασβεστοκάμινος, π.χ. κάτω από 20cm περίπου, ώστε να διευκολύνεται ή ταχεία και ομοιόμορφη θέρμανσή τους, με αποτέλεσμα να συμπληρώνεται ή διάσπαση γρήγορα και τό προϊόν νά έχει ένιαία ποιότητα. Όπως και στό προηγούμενο παράδειγμα, υπάρχει και έδω ένα παραπροϊόν, τό διοξείδιο του άνθρακα. Τά άερια τής ασβεστοκαμίνου περιέχουν 30-35% CO<sub>2</sub>, πού μπορεί νά άνακτηθεί και νά χρησιμοποιηθεί π.χ. γιά τήν παρασκευή άεριούχων ποτών ή γιά τήν πλήρωση πυρροσβεστήρων. Τό κύριο προϊόν, ό ασβέστης (όξείδιο του ασβεστίου, CaO) μπορεί νά διατεθεί γιά όρισμένες από τίς χρήσεις του (π.χ. στήν οικοδομική) στή μορφή πού έξάγεται από τήν ασβεστοκάμινο, δηλαδή σέ τεμάχια. Γιά άλλες όμως χρήσεις, π.χ. γιά τήν παρασκευή γυαλιού ή άνθρακασβεστίου, άπαιτείται νά ύποβληθεί τό προϊόν σέ νέες φυσικές διεργασίες (άλεση, κοσκίνισμα, συσκευασία σέ σάκους), ώστε νά ίκανοποιεί τίς ειδικές άνάγκες τής καταναλώσεως.

Συγκρίνοντας τά διαγράμματα τών σχημάτων 1.1 και 3.2, βλέπομε ότι, άν και οι πρώτες ύλες, καθώς και τά προϊόντα, είναι έντελως διαφορετικά, πολλές από τίς διεργασίες πού διεξάγονται στίς δύο περιπτώσεις είναι όμοιες μεταξύ τους (άλεση, κοσκίνισμα, ψήσιμο, και πύρωση). Βέβαια ή έφαρμογή τών διεργασιών αυτών, δηλαδή ή κατασκευή και ή λειτουργία τών μύλων άλέσεως και τών κοσκίνων, παρουσιάζει όρισμένες διαφορές στήν περίπτωση του άλευριού από τήν περίπτωση του ασβέστη. Άκόμη μεγαλύτερες διαφορές παρουσιάζει ό φούρνος τής άρτοποιίας από τήν ασβεστοκάμινο. Οι άρχές όμως πού ίσχύουν στή διεξαγωγή τών όμοιων διεργασιών και στήν κατασκευή και λειτουργία τών αντίστοιχων βιομηχανικών συσκευών είναι οι ίδιες. Αυτό άπλοποιεί πολύ τά πράγματα, γιατί ή γενική θεώρηση κάθε διεργασίας, μάς δίνει τή δυνατότητα νά είμαστε ύστερα σέ θέση νά κατανοούμε τίς μαθηματικές σχέσεις πού τήν έκφράζουν και νά τίς εφαρμόζομε στίς πρακτικές συνθήκες, άνεξάρτητα από τό είδος τών κατεργαζομένων προϊόντων.

Οι κυριότερες φυσικές διεργασίες πού εφαρμόζονται στή χημική βιομηχανία είναι:

- 'Η αποθήκευση καί ἡ μεταφορά τῶν στερεῶν, τῶν ὑγρῶν καί τῶν ἀερίων προϊόντων καί ὑλικῶν μέσα στό ἐργοστάσιο.
- 'Η θραύση, ἡ ἄλεση, τό κοσκίνισμα, ὁ μαγνητικός διαχωρισμός, ἡ ἀνάμιξη καί ἡ ξήρανση τῶν στερεῶν.
- 'Η διαύγαση, ἡ διήθηση, ἡ φυγοκέντρωση, ἡ ἀπόσταξη, ἡ κρυστάλλωση, ἡ ἐκχύλιση, ἡ ἀπορρόφηση, ἡ ἐναλλαγή ἰόντων, ἡ ἀνάδευση καί ἡ συμπύκνωση τῶν ὑγρῶν.
- 'Η ἀποκονίωση, ἡ ἀπορρόφηση καί ἡ ξήρανση τῶν ἀερίων.
- 'Η θέρμανση καί ἡ ψύξη τῶν διαφόρων προϊόντων καί ὑλικῶν.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

#### 4.1 Τό σχηματικό διάγραμμα.

Η γραφική διατύπωση σε μορφή σχήματος ή διαγράμματος, καθιστά τό κάθε τεχνικό θέμα περισσότερο άντιληπτό και διευκολύνει συνήθως σημαντικά τήν παρουσίαση και τή μελέτη του. Στά θέματα τής χημικής τεχνολογίας, ειδικότερα, ή διαγραμματική άπεικόνιση τών βιομηχανικών διεργασιών μās παρέχει τή δυνατότητα νά έχομε, μέ μία ματιά, μία γενική εικόνα τής λειτουργίας ενός έργοστασίου, καθώς ή προσοχή μās συγκεντρώνεται στά ουσιαστικά στάδια τής βιομηχανικής πορείας και δέν άποσπάται σε λεπτομέρειες πού είναι περιττές γιά τήν κατανόηση τής έφαρμοζόμενης παραγωγικής μεθόδου. Έτσι τά διαγράμματα τών σχημάτων 1.1 και 3.2 μās κατατοπίζουν εύκολα, άλλα μέ πάρα πολύ γενικό τρόπο, σχετικά μέ τή διαδικασία τής παραγωγής του ψωμιού και του άσβέστη, δείχνοντας τες διεξαγόμενες διεργασίες, τες πρώτες και τες βοηθητικές ύλες και τά παραγόμενα προϊόντα.

Άς πάρομε τώρα γιά παράδειγμα τή βιομηχανία τσιμέντου, πού παρουσιάζει όρισμένες όμοιότητες μέ τήν άσβεστοποιία, άλλα είναι βέβαια πιά πολύπλοκη. Όπως ξέρομε, ή παρασκευή του τσιμέντου γίνεται μέ πύρωση μίγματος άσβεστόλιθου και άργίλου σε περιστροφική κάμφο θερμοκρασίας 1500°C, άνάμιξη του προϊόντος μέ γύψο και κονιοποίηση. Κατά τήν πύρωση έπέρχεται διάσπαση του άσβεστόλιθου και τής άργίλου και σχηματίζονται διάφορα πυριτικά και άργιλικά άλατα του άσβεστίου, όπως δείχνει π.χ. ή παρακάτω χημική έξίσωση:



Η διαδικασία αύτη παρέχει, σάν ενδιάμεσα προϊόντα, τό άλεσμένο μίγμα του άσβεστόλιθου και τής άργίλου, πού όνομάζεται *φαρίνα*, και τό προϊόν τής πυρώσεως στήν περιστροφική κάμφο, πού όνομάζεται *δστρακο* ή *κλίγκερ*. Δύο άπαραίτητες φυσικές διεργασίες (θραύση και άλεση τών πρώτων ύλών) διεξάγονται πρίν από τήν πύρωση και μία ύστερα από αύτήν (άλεση του κλίγκερ). Άλλες, λιγότερο ουσιαστικές διεργασίες, πού έκτελούνται όμως σε όλα τά σύγχρονα εργοστάσια τσιμέντου, είναι ή προθέρμανση τής φαρίνας από τά καυσαέρια τής περιστροφικής καμίνου, ή ψύξη του κλίγκερ μέ παράλληλη θέρμανση του άέρα καύσεως του πετρελαίου στήν κάμφο και σούς κυκλώνες προθερμάνσεως τής φαρίνας, ή άποκόλιωση τών καυσαερίων, γιά νά άνακτηθεί ή σκόνη τής φαρίνας πού παρασύρεται

από αυτά και τέλος, ή συσκευασία του τσιμέντου στους χάρτινους σάκκους πού βλέπομε νά κυκλοφοροῦν στό ἐμπόριο. Οἱ δύο πρῶτες ἀπό τίς παραπάνω συμπληρωματικές διεργασίες γίνονται γιά νά μή χάνεται ή παραγόμενη θερμότητα, ἀλλά νά ἀξιοποιεῖται μέσα στό ἐργοστάσιο, καί ή τρίτη γιά νά μή ρυπαίνεται τό περιβάλλον καί συγχρόνως νά μή χάνονται πρῶτες ὕλες ἀπό τήν καπνοδόχο.

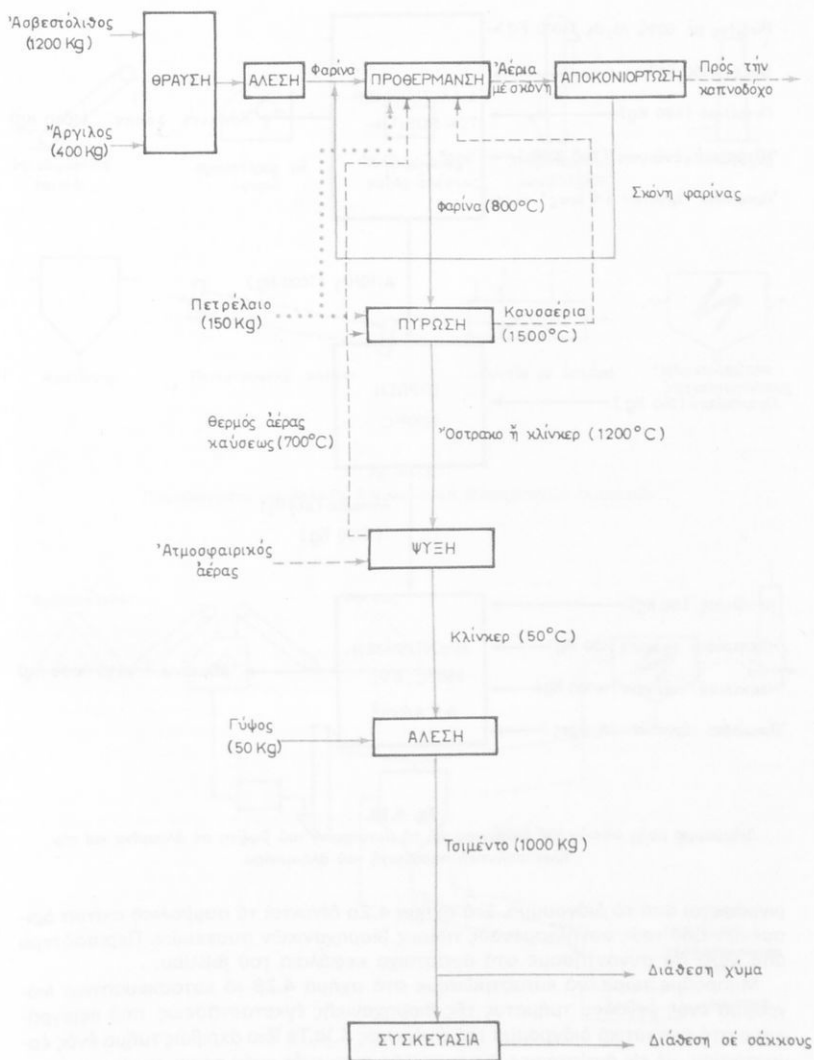
“Ὅλες οἱ παραπάνω πληροφορίες γιά τή βιομηχανική παραγωγή του τσιμέντου, καθώς καί ἄλλα χρήσιμα στοιχεῖα, ὅπως οἱ ποσότητες καί οἱ θερμοκρασίες τῶν διακινουμένων ὑλικῶν στό ἐργοστάσιο, μποροῦν νά περιληφθοῦν σέ ἕνα **σχηματικό διάγραμμα**, πού βλέπομε στό σχῆμα 4.1α. Στό σχῆμα αὐτό, ὅπως ἄλλωστε καί στά διαγράμματα τῶν σχημάτων 1.1 καί 3.2, ἔχομε τοποθετήσει, γιά λόγους ὁμοιομορφίας, στό ἀριστερό μέρος τίς χρησιμοποιούμενες πρῶτες καί βοηθητικές ὕλες καί στό δεξιό μέρος τά παραγόμενα προϊόντα, ὥστε ή γενική πορεία τῆς ροῆς τῶν ὑλικῶν νά εἶναι ἀπό πάνω ἀριστερά πρὸς τά κάτω δεξιά. Μπορεῖ ὁμως νά προτιμηθεῖ καί ὁποιαδήποτε ἄλλη διάταξη, ἀρκεῖ νά καθιστᾶ σαφέστερη τήν παρουσίαση τῆς βιομηχανικῆς διαδικασίας.

Τό σχηματικό διάγραμμα μπορεῖ νά πάρει διάφορες μορφές, ἀνάλογα μέ τά στοιχεῖα πού θέλομε νά προβάλει περισσότερο. “Ὅταν π.χ. ὁ κύριος σκοπός του σχηματικοῦ διαγράμματος εἶναι νά δώσει τίς ποσότητες τῶν πρῶτων καί βοηθητικῶν ὑλῶν καί τῶν παραγομένων προϊόντων καί ἀποβλήτων (πού ἰσοῦνται βέβαια μεταξὺ τους καί ἀποτελοῦν ἕνα ἰσοζύγιο μάζας), σχεδιάζομε ἕνα **διάγραμμα ροῆς ὑλικῶν**. “Ὅταν μᾶς ἐνδιαφέρει περισσότερο ή καταναλῶση καυσίμων καί ηλεκτρικοῦ ρεύματος καί ή διακίνηση τῆς θερμότητας κατά τίς διάφορες διεργασίες, σχεδιάζομε ἕνα **διάγραμμα ροῆς ἐνέργειας**.

“Ἄν συγκρίνομε τά διαγράμματα τῶν σχημάτων 4.1α καί 4.1β παρατηροῦμε τίς ἐξῆς διαφορές. Στό πρῶτο ἀναγράφονται κυρίως οἱ ποσότητες τῶν ὑλικῶν πού συμμετέχουν στήν παραγωγή του τσιμέντου. Πρόκειται ἐπομένως γιά ἕνα διάγραμμα ροῆς ὑλικῶν. Στήν παρουσίαση ὁμως τῆς παραγωγῆς του ἀλουμινίου ἀπό βωξίτη στό σχῆμα 4.1β, περιέχονται ἐπί πλέον καί ὅλες οἱ ἀπαιτούμενες καταναλώσεις ἐνέργειας ὑπὸ διάφορες μορφές, ὅπως ή καύση πετρελαίου, ή ηλεκτρική ἐνέργεια καί ή ἀπασχόληση ἐργατῶν. Τό διάγραμμα αὐτό εἶναι ἐπομένως ροῆς ὑλικῶν καί συγχρόνως ροῆς ἐνέργειας.

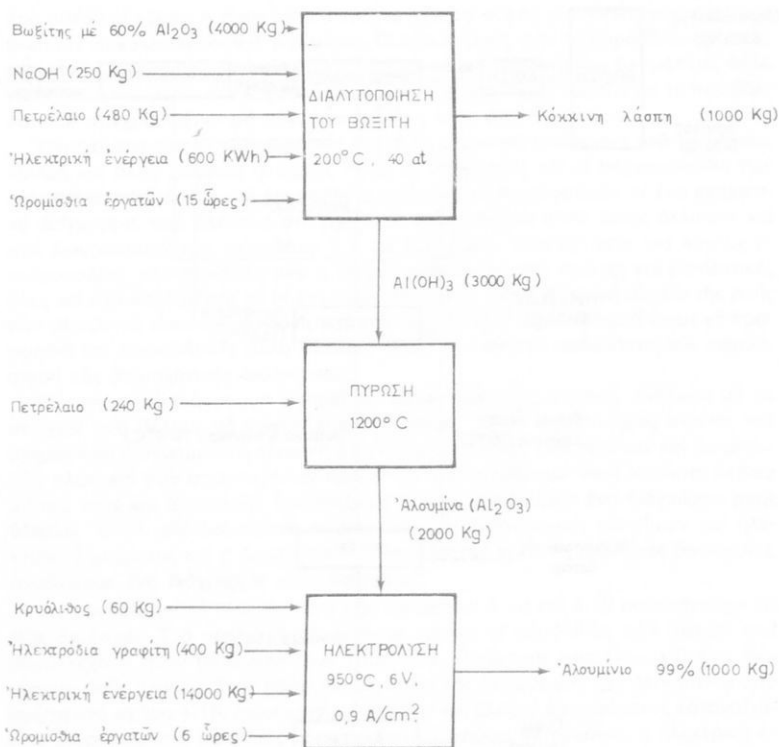
#### 4.2 Τό κατασκευαστικό διάγραμμα.

Περισσότερο παραστατικά ἀπό τά σχηματικά διαγράμματα εἶναι τά **κατασκευαστικά διαγράμματα**, στά ὁποῖα, ἀντί γιά τίς διάφορες διεργασίες, ἀπεικονίζονται συμβολικά οἱ βιομηχανικές συσκευές πού χρησιμοποιοῦνται γιά τή διεξαγωγή τους. Ἐτσι π.χ. στή θέση τῆς διεργασίας «θραύση» σχεδιάζεται, μέ ἕνα ἀπλό συμβολικό σκίτσο, ὁ τύπος του θραυστήρα στόν ὁποῖο διεξάγεται αὐτή, στή θέση τῆς διεργασίας «ἄλεση» σχεδιάζεται ὁ τύπος του χρησιμοποιούμενου μύλου κλπ. Σχεδιάζονται ἐπίσης συμβολικά οἱ μεταφορικές διατάξεις πού χρησιμοποιοῦνται γιά τή διακίνηση τῶν ὑλικῶν (μεταφορικές ταινίες, ἀναβατόρια κλπ.), καθώς καί ὅσα ἄλλα μηχανήματα καί κατασκευές συμμετέχουν στή βιομηχανική ἐγκατάσταση πού πε-



Σχ. 4.1α.

Σχηματικό διάγραμμα της βιομηχανικής παραγωγής του τσιμέντου. Οι συνεχείς γραμμές δείχνουν την πορεία των στερεών και οι διακεκομμένες των αερίων.

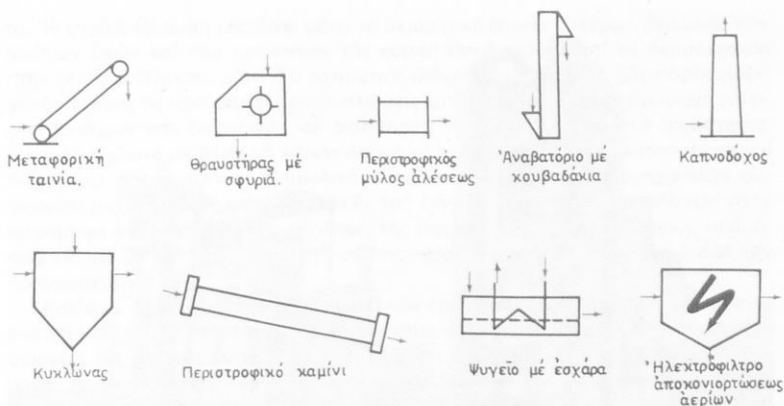


Σχ. 4.1β.

Διάγραμμα ροής υλικών και ενέργειας για τη μετατροπή του βωξίτη σε άλουμίνα και την ηλεκτρολυτική παραγωγή του άλουμινίου.

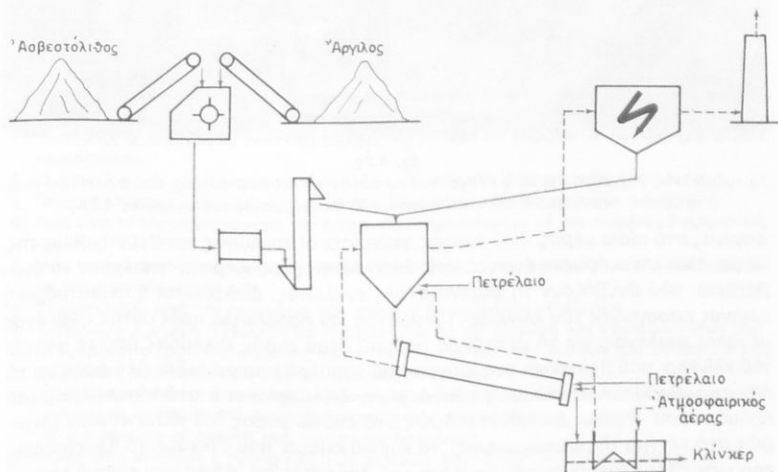
ριγράφεται από το διάγραμμα. Στο σχήμα 4.2α δίνονται τά συμβολικά σκίτσα ορισμένων από τους συνηθισμένους τύπους βιομηχανικών συσκευών. Περισσότερα από αυτά θα συναντήσουμε στα αντίστοιχα κεφάλαια του βιβλίου.

Μπορούμε τώρα να καταστρώσουμε στο σχήμα 4.2β το κατασκευαστικό διάγραμμα ενός μεγάλου τμήματος της βιομηχανικής εγκατάστασης που περιγράψαμε στο σχηματικό διάγραμμα του σχήματος 4.1α. Το ίδιο ακριβώς τμήμα ενός εργοστασίου, με τις αντίστοιχες βιομηχανικές συσκευές στην πραγματική τους μορφή και διαστάσεις, βλέπουμε στη φωτογραφία του σχήματος 4.2γ. Διακρίνονται στην άκρη πίσω αριστερά οι σωροί των πρώτων υλών και οι μεταφορικές ταινίες που τις παραλαμβάνουν για να τροφοδοτήσουν το θραυστήρα. Το πολυόροφο κτίριο στεγάζει το θραυστήρα, το μύλο και τά σιλό αποθηκείσεως της άλεσμένης



Σχ. 4.2α.

Παραδείγματα συμβολικής απεικόνισης βιομηχανικών συσκευών.



Σχ. 4.2β.

Κατασκευαστικό διάγραμμα του αρχικού τμήματος ενός εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου, με τις διεργασίες θραύσεως, άλέσεως, προθερμάνσεως και πυρώσεως των πρώτων ύλων, ψύξεως του κλίνκερ καί άποκονιώσεως των αερίων.



Σχ. 4.2γ.

Τό τμήμα ενός σύγχρονου μεγάλου εργοστασίου τσιμέντου κοντά στο Βόλο, που αντιστοιχεί άκριβώς στο περιεχόμενο του κατασκευαστικού διαγράμματος του σχήματος 4.2β.

φαρίνας στο πίσω μέρος, ενώ εμπρός φαίνονται οι κυκλῶνες προθερμάνσεώς της. Οι μεγάλοι κατακόρυφοι άγωγοί, στίς δύο πλευρές του κτιρίου, περιέχουν τά άναβατόρια που ανεβάζουν τή φαρίνα στους κυκλῶνες. Διακρίνεται ή περιστροφική κάμινος παραγωγής του κλίνκερ. Ύψηλότερα καί παράλληλα πρὸς αὐτήν εἶναι ένας μεγάλος σωλήνας, γιά τή μεταφορά θερμοῦ άέρα στους κυκλῶνες άπό τό ψυγεῖο του κλίνκερ, που βρίσκεται στο ἴσόγειο του χαμηλοῦ κτιρίου δεξιά. Δέν φαίνεται τό ηλεκτρόφιτρο άποκονίωσης των άερίων, διότι βρίσκεται στο πίσω μέρος του πολυόροφου κτιρίου. Διακρίνεται ὅμως στο επάνω μέρος του πίσω κτιρίου (άκριβῶς στο κέντρο τῆς φωτογραφίας), τό κυβικό κτίσμα που στεγάζει τό ηλεκτρόφιτρο μιάς άλλης βιομηχανικής μονάδας του εργοστασίου. Δίπλα του εἶναι ή καπνοδόχος έκπομπῆς των καθαρῶν άερίων στήν άτμόσφαιρα.

#### 4.3 Ὁ βαθμιαίος σχεδιασμός μιάς χημικής βιομηχανίας.

Ἐς συγκρίνομε τούς τρόπους συμβολικής παρουσίasews τῆς βιομηχανικῆς παραγωγῆς που εἶδαμε παραπάνω, δηλαδή τή χημική ἐξίσωση καί τά δύο διαγράμματα

τα. Η χημική εξίσωση μᾶς δίνει μόνο τή θεωρητική στοιχειομετρική ἀναλογία τῶν πρώτων ὑλῶν καί τῶν προϊόντων τῆς κύριας ἀντιδράσεως καί τή θερμοκρασία στήν ὁποία διεξάγεται αὐτή. Τό σχηματικό διάγραμμα, ἀντίθετα, μᾶς παρουσιάζει συνδυασμένα τίς πραγματικές καταναλώσεις κατά τή βιομηχανική παραγωγή καί ὅλες τίς σημαντικές διεργασίες καί διακινήσεις τῶν ὑλικῶν μέσα στό ἐργοστάσιο, ὥστε νά εἴμαστε σέ θέση νά κατανοήσουμε τή λειτουργία του. Στό κατασκευαστικό διάγραμμα ἀπεικονίζονται συμβολικά οἱ τύποι τῶν διαφόρων βιομηχανικῶν συσκευῶν, μηχανημάτων καί κατασκευῶν τοῦ ἐργοστασίου, γιά νά μπορέσουμε νά ἀποκτήσουμε μιά γενική ὀπτική ἀντίληψη τῆς βιομηχανικῆς ἐγκαταστάσεως, πού, ὅπως εἶδαμε μέ τήν παράθεση τῆς φωτογραφίας, δέν ἀπέχει πάρα πολύ ἀπό τήν πραγματικότητα.

Ἐνάλογη συνήθως εἶναι καί ἡ σειρά τῶν ἐργασιῶν κατά τή μελέτη καί τό σχεδιασμό μιάς χημικῆς βιομηχανίας. Τό ξεκίνημα γίνεται μέ τήν κατάστρωση τῆς ἐξίσωσως τῆς χημικῆς ἀντιδράσεως, τῆς ὁποίας ἐπιθυμοῦμε τή βιομηχανική ἐφαρμογή. Ἀκολουθεῖ, ὕστερα ἀπό τίς ἀναγκαῖες δοκιμές καί πειραματισμούς, ἡ σύνταξη τοῦ σχηματικοῦ διαγράμματος. Ὄταν γίνει ἡ ἐπιλογή τοῦ κατάλληλου τύπου καί μεγέθους τῶν βιομηχανικῶν συσκευῶν, συντάσσεται τό κατασκευαστικό διάγραμμα καί, στή συνέχεια, τά λεπτομερειακά σχέδια γιά τήν ἀνέγερση τῶν κτιρίων τοῦ ἐργοστασίου καί τήν τοποθέτηση τῶν βιομηχανικῶν συσκευῶν, τῶν βοηθητικῶν μηχανημάτων, τῶν σωληνώσεων, τῶν ἠλεκτρικῶν δικτύων κλπ.

#### Ἐρωτήσεις καί Ἀσκήσεις (Κεφάλαια 1 ὡς 4).

1. Τί ὀνομάζονται **πρώτες ὕλες**, **βοηθητικές ὕλες**, **ἐνδιάμεσα προϊόντα**, **τελικά προϊόντα**, **παρaproϊόντα** καί **ἀπόβλητα** τῆς βιομηχανίας; Δώστε παραδείγματα.
2. Τί ὀνομάζεται **βιομηχανική συσκευή**, **βιομηχανική μονάδα** καί **βιομηχανικό συγκρότημα**; Δώστε παραδείγματα.
3. Τί ἀπαιτεῖται γιά τήν ἐξασφάλιση τῆς καλῆς ποιότητας τῶν βιομηχανικῶν προϊόντων;
4. Ποιοί παράγοντες διαμορφώνουν τό κόστος παραγωγῆς τῶν βιομηχανικῶν προϊόντων;
5. Ποιά εἶναι τά πλεονεκτήματα γιά τήν ἐγκατάσταση ἐργοστασίων σέ ὀργανωμένες βιομηχανικές περιοχές;
6. Ἀπό ποιούς παράγοντες ἐξαρτᾶται ἡ ἐπιλογή τῆς μεθόδου πού ἐφαρμόζεται σέ κάθε περίπτωση βιομηχανικῆς παραγωγῆς;
7. Τί συντελεῖται κατά τήν παραγωγή τῶν χημικῶν βιομηχανικῶν προϊόντων;
8. Τί ἐπιδιώκει ἡ χημική τεχνολογία καί πού βασίζεται γιά τήν ἐξαγωγή τῶν συμπερασμάτων της;
9. Τί προβλέψεις πρακτικῆς σημασίας πρέπει νά γίνονται κατά τήν ἐπιλογή τῶν συνθηκῶν μιάς διεργασίας ἢ τό σχεδιασμό μιάς βιομηχανικῆς συσκευῆς;
10. Δώστε παραδείγματα βιομηχανικῶν συσκευῶν ἀναφέροντας τό ὑλικό μέ τό ὁποῖο τροφοδοτοῦνται, τή διεργασία πού ἐκτελοῦν καί τό προϊόν πού παρέχουν.
11. Σέ τί διαφέρουν οἱ φυσικές ἀπό τίς χημικές διεργασίες;
12. Ποιός εἶναι συνήθως ὁ προορισμός τῶν φυσικῶν διεργασιῶν στή χημική βιομηχανία;
13. Τί προσφέρουν οἱ διαγραμματικές ἀπεικονίσεις τῶν βιομηχανικῶν διεργασιῶν;
14. Δώστε τό σχηματικό καί τό κατασκευαστικό διάγραμμα ἑνός ἐργοστασίου πού ἔχετε ἐπισκεφθεῖ.
15. Γιά τήν παρασκευή 1000g ψωμιού ἀπαιτεῖται τό ψήσιμο 1100g ἄρτομάζας, πού ἔχει σχηματισθεῖ ἀπό 670g ἀλεύρι, 400g νερό, 25g ἄλατι, καί 5g ζύμη. Νά γράψετε τό πλήρες **διάγραμμα ροῆς ὑλικῶν** τῆς ἄρτοποιίας τοῦ σχήματος 1.1, ὑποθέτοντας ὅτι 100kg σιτάρι δίνουν 80kg ἀλεύρι καί 20kg πίτουρα.
16. Νά προσαρμώσετε τό **διάγραμμα ροῆς ὑλικῶν** τῆς παραπάνω ἀσκῆσεως, ὥστε τό παραγόμενο

ψωμί να είναι λευκότερο και λιγότερο αλμυρό. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση αυτή, 100kg σιτάρι θα δίνουν μόνο 75kg αλεύρι και 25kg πίτουρα, στο δέ έτοιμο ψωμί θα περιέχεται 1% αλάτι.

17. Να εξηγήσετε γιατί σε μια βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου, όπως εκείνη που περιγράφεται στο σχήμα 4.1α, δέν είναι δυνατός ο άποχωρισμός του τμήματος παραγωγής φαρίνας από το τμήμα παραγωγής κλίνκερ σε ανεξάρτητες βιομηχανικές μονάδες. (Να προσέξετε την αλληλοσύνδεση των διεργασιών στα δύο αυτά τμήματα).

---



## ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

## 5.1 Γενικά.

Όπως είδαμε και στα προηγούμενα, κάθε βιομηχανική εγκατάσταση περιλαμβάνει μία σειρά από βιομηχανικές συσκευές, όπου εκτελούνται διάφορες διεργασίες για τη μετατροπή των πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα. Έπομένως είναι απαραίτητη η ύπαρξη επαρκών *άποθηκευτικών χώρων* για τη συγκέντρωση και διαφύλαξη των πρώτων υλών, καθώς και των ενδιάμεσων και των τελικών προϊόντων. Έτσι εξασφαλίζεται η ομαλή τροφοδοσία και συνεχής λειτουργία της εγκατάστασης. Απαραίτητες είναι επίσης οι *μεταφορικές διατάξεις* για την κυκλοφορία των υλικών μεταξύ των αποθηκών και των διαδοχικών βιομηχανικών συσκευών, σύμφωνα με την πορεία της παραγωγικής διαδικασίας.

Θά παρατηρηθεί ίσως ότι δεν δικαιολογείται η κατάταξη της αποθηκείωσης και της μεταφοράς στις φυσικές διεργασίες, αφού αυτές δεν επιφέρουν καμιά αξιολογη μεταβολή στη φυσική κατάσταση των υλικών. Η μόνη μεταβολή που ίσως επέρχεται στα υλικά αφορά στη δυναμική και την κινητική τους ενέργεια. Η παρατήρηση είναι βέβαια σωστή. Έπειδή όμως πρόκειται για λειτουργίες στενά συνυφασμένες με την υπόλοιπη βιομηχανική δραστηριότητα, είναι χρήσιμο να τις εξετάσουμε εδώ, μαζί με τις πραγματικές φυσικές διεργασίες, έστω και αν παραβιάζεται κάπως ο όρισμός που είχαμε δώσει προηγουμένως. Γενικά άλλωστε, τα θέματα πρακτικών εφαρμογών, όπως αυτά που απασχολούν τη χημική τεχνολογία επιδέχονται μία κάποια άνεκτικότητα. Άρκει βέβαια να έχουμε επίγνωση του ότι η άνεκτικότητα αυτή οδηγεί τα προβλήματά μας σε αποδεκτές λύσεις, σχεδόν εξ ίσου σωστές με εκείνες που ίσως θα βρίσκαμε ύστερα από πολύ περισσότερο κόπο και χρόνο. Αντίθετα, καμιά άνεκτικότητα δεν επιτρέπεται στους αυστηρότερους κλάδους της χημείας, της φυσικής και των μαθηματικών.

Ίδιαίτερα μεγάλη σημασία για τη βιομηχανία, έχει συχνά η δυνατότητα αποθηκείωσης πρώτων υλών σε άφθονες ποσότητες. Για τεχνικούς και κυρίως οικονομικούς λόγους είναι προφανώς σκόπιμη η συνεχής λειτουργία των εργοστασίων, και μάλιστα σταθερά, στη μέγιστη δυνατή απόδοσή τους. Αυτό προϋποθέτει την απρόσκοπτη τροφοδοσία τους με πρώτες ύλες, ανεξάρτητα από τις προσωρινές ελλείψεις που μπορεί να παρουσιασθούν στην αγορά ή από τις διακυμάνσεις των τιμών. Συνήθως λοιπόν επιδιώκεται να υπάρχει ένα απόθεμα πρώτων υλών, αρκετό για τη λειτουργία του εργοστασίου επί 3 τουλάχιστον μήνες. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη για την ύπαρξη σημαντικών αποθηκευτικών χώρων. Πρέπει επίσης να ύ-



πάρχει δυνατότητα άποθηκείσεως τών έτοιμών προϊόντων του έργοστασίου, μέ-  
χρι νά άποσταλοϋν στους τόπους καταναλώσεως.

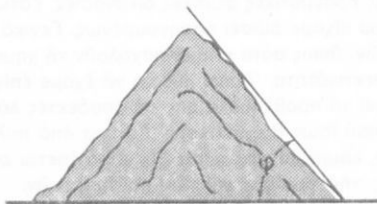
Άνάλογη είναι καί η σημασία τών μεταφορικών διατάξεων μέσα στο έργοστά-  
σιο. Τά υλικά, πού χρειάζεται νά μεταφερθοϋν από τή μία θέση στην άλλη, δέν εί-  
ναι μόνο πρώτες ή βοηθητικές ύλες καί ένδιάμεσα ή τελικά προϊόντα, άλλα επίσης  
καί οι μεγάλες ποσότητες νερού, άέρα καί ύδρατμού, πού θερμαίνουν, ψύχουν ή  
ρυθμίζουν τή λειτουργία τών βιομηχανικών συσκευών, χωρίς νά μετέχουν σε  
διεργασίες.

Τό μέγεθος καί η μορφή τών βιομηχανικών άποθηκευτικών χώρων καί τών με-  
ταφορικών διατάξεων εξαρτάται από τίς ποσότητες καί από τά ιδιαίτερα χαρακτηρι-  
στικά τών διακινουμένων υλικών, όπως είναι η φυσική τους κατάσταση (στερεά, ύ-  
γρά, άέρια), οι συνθήκες στίς όποιες βρίσκονται (ύψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία καί  
πίεση), οι ειδικές προφυλάξεις πού απαιτοϋν (εϋφλεκτα, έκρηκτικά, διαβρωτικά ή  
εύαίσθητα υλικά) κλπ. Θά έξετάσουμε παρακάτω τήν άποθήκευση καί μεταφορά  
τών υλικών, ανάλογα μέ τή φυσική τους κατάσταση.

## 5.2 Άποθήκευση καί μεταφορά τών στερεών.

Στό παράδειγμα τής βιομηχανίας τσιμέντου είδαμε ότι οι πρώτες ύλες άποθη-  
κεϋονται σε **σωρούς** στό ύπαιθρο (σχ. 5.2α). Είναι η οικονομικότερη μέθοδος άπο-  
θηκείσεως τών στερεών υλικών καί εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα, υπό τήν  
προϋπόθεση ότι δέν προσβάλλονται από τίς καιρικές συνθήκες. Ειδικότερα, τά υλι-  
κά αυτά δέν θά πρέπει νά είναι ευδιάλυτα στό νερό ή νά βρίσκονται σε μορφή έλα-  
φρών καί μικρών τεμαχίων, ώστε νά μή παρασύρονται από τή βροχή ή τόν άνεμο.

Η συγκράτηση τών στερεών σε σταθερούς σωρούς εξαρτάται από τή σύσταση  
καί τό μέγεθος τών τεμαχίων τους. Π.χ. για ύγρη άργιλώδη μάζα, η γωνία ήρεμίας  
τής πλευράς του σωρού, ως προς τήν όριζόντια (σχ. 5.2α) δέν πρέπει νά υπερβαί-  
νει τίς 17°, για τή στεγνή άμμο τίς 30°, τό κάρβουνο τίς 35°, τό χαλίκι τίς 40° καί  
για τήν ύγρη άμμο τίς 45°.



Σχ. 5.2α.

Η γωνία ήρεμίας φ ενός σταθερού σωρού στερεών υλικών.

Η παραλαβή τών στερεών από τό σωρό γίνεται μέ τό φτυάρι ή, συνηθέστερα,  
μέ μηχανικά μέσα. Κατά μέσο όρο ένας έργάτης μεταφέρει μέ τό φτυάρι βάρος 10  
kg σε άπόσταση 1,5 m μέ ρυθμό 15 φτυαρίσματα τό λεπτό. Άν θελήσουμε νά ά-  
ποκτήσουμε μία ιδέα τής μέσης ισχύος, πού αναπτύσσει ένας έργάτης πού φτυαρί-  
ζει, βρίσκομε μέ εύκολο ύπολογισμό ότι είναι περίπου 40 W! Η χρησιμοποίηση δ-  
μως ανθρώπων στίς διάφορες έργασίες στό έργοστάσιο, δέν μπορεί νά άντιμετω-

πίζεται όπως των άψυχων μηχανημάτων. Πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερο αίσθημα ευθύνης. Π.χ. μεταφορά βαρών μεγαλύτερων από 50 kg πρέπει να αποφεύγεται, γιατί μπορεί να προκαλέσει στον εργαζόμενο οργανική βλάβη. Γενικά άλλωστε, οι εργασίες σε ένα εργοστάσιο πρέπει να γίνονται με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην εκτίθενται οι εργαζόμενοι σε κινδύνους από πτώσεις υλικών, φλόγες, έκτονώσεις αερίων, ηλεκτροπληξίες κλπ. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι κίνδυνοι αυτοί είναι πάντα παρόντες στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και οι αιτίες για σοβαρά ατυχήματα δυστυχώς άφθονες.

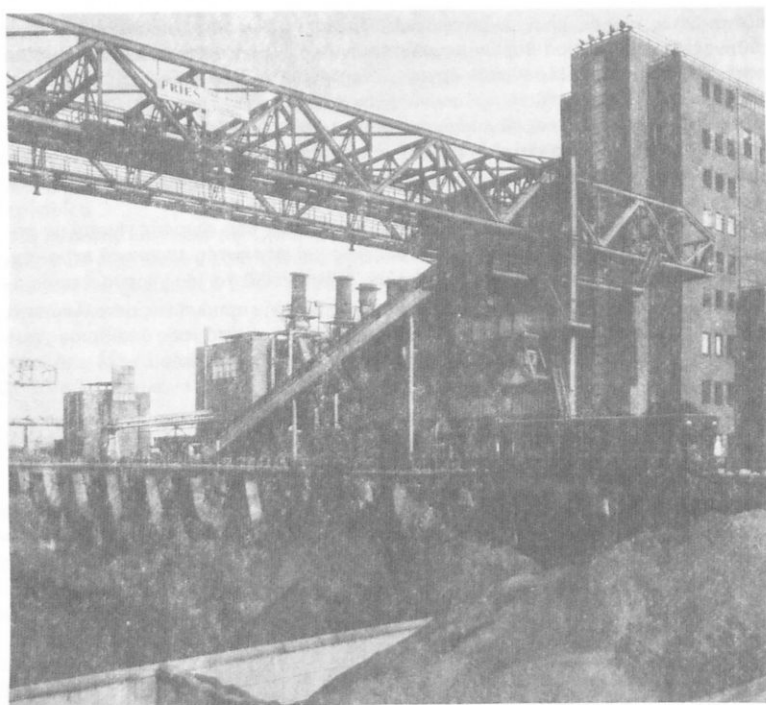
Η παραλαβή σχετικά μεγάλων ποσοτήτων στερεών από σωρούς γίνεται με μηχανικά μέσα και κυρίως με **κινητούς έσκαφείς** και **φορτωτές, μηχανικά πτύα** (σχ. 5.2β), **γερανούς** και **γερανογέφυρες**. Στο σχ. 5.2γ εικονίζεται μία γερανογέφυρα άνωψωτικής Ικανότητας 30 τόννων, που φορτώνει με τήν άρπάγη της μεταλλεύματα και άλλες πρώτες ύλες σε βαγόνια, για τή μεταφορά τους από τούς υπάιθριους σωρούς στο έσωτερικό ενός μεγάλου μεταλλουργικού εργοστασίου.



Σχ. 5.2β.

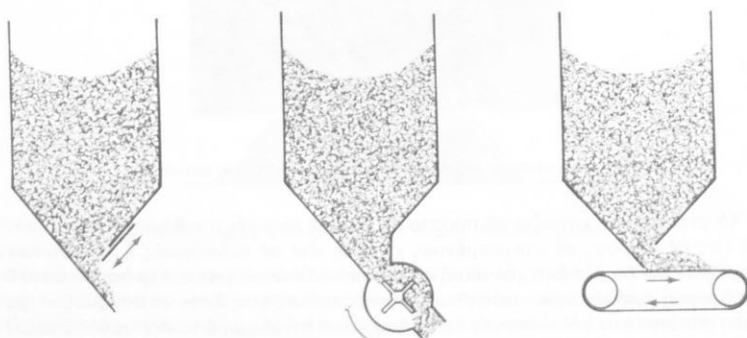
Έπισκευή μεγάλου μηχανικού πτύου που κινείται σε έρπύστριες.

Τά στερεά, που χρειάζονται προστασία από τής καιρικές συνθήκες, αποθηκεύονται είτε σε σωρούς σε στεγασμένους χώρους είτε σε κυλινδρικές ή όρθογωνικές αποθήκες και δοχεία από χάλυβα ή από μπετόν. Οι αποθήκες και τά δοχεία αυτά όνομάζονται **σιλό** και έχουν συνήθως άρκετά μεγάλο ύψος ώστε να συνδυάζουν μεγάλη αποθηκευτική Ικανότητα με μικρή σχετικά κατάληψη έπιφάνειας έδάφους. Η πλήρωση τών σιλό γίνεται από τό άνω μέρος, τό υλικό κατέρχεται με τή βαρύτητα και έξέρχεται από ρυθμιζόμενα στόμια, που βρίσκονται στον πυθμένα τους (σχ. 5.2δ και 5.2ιδ).



Σχ. 5.2γ.

Υπαίθρια γερανοφόρα σε λειτουργία.



Σχ. 5.2δ.

Ρύθμιση της εξαγωγής του περιεχομένου των σιλό με σύρτη, περιστρεφόμενα πτερύγια και άεργμη ταινία.

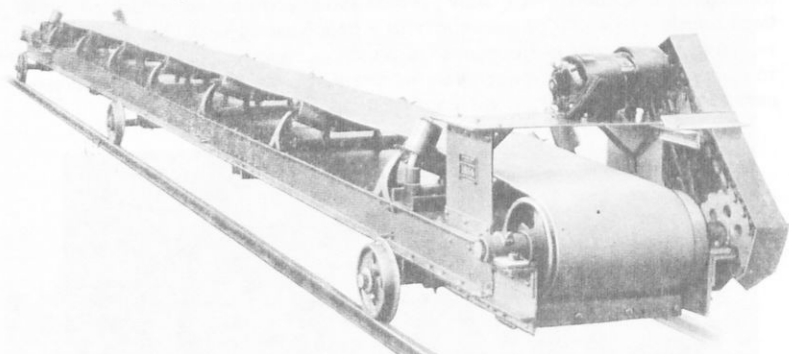
Ἡ μεταφορά τῶν στερεῶν (ἀλλά καί τῶν ὑγρῶν καί τῶν ἀερίων) μπορεῖ νά γίνει εἴτε κατὰ δόσεις, εἴτε κατὰ συνεχῆ τρόπο. Στὴν πρώτη περίπτωση ἔχομε τὴ μεταφορά μὲ τὸ φτυάρι, τὸ καλάθι, τὸ βαρέλι, τὸ καρότσι, τὸ βαγόνι καί τὰ διάφορα ἄλλα εἰδικὰ βιομηχανικά ὄχημα (σχ. 5.2ε). Ὅταν ὁμως πρόκειται νά μεταφερθοῦν σχετικὰ μεγάλες ποσότητες ὑλικῶν μέσα σέ ἓνα ἐργοστάσιο καί μάλιστα ἀπὸ σταθερὰ σημεῖα παραλαβῆς σέ σταθερὰ σημεῖα παραδόσεως, εἶναι πολὺ πλεονεκτικότερη ἡ μεταφορὰ τους μὲ συστήματα συνεχοῦς λειτουργίας. Τὰ κυριότερα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι *οἱ μεταφορικές ταινίες, οἱ μεταφορικοί κοχλίες, τὰ λούκια, οἱ δονούμενοι μεταφορεῖς* καί *τὰ συστήματα ἀερομεταφορᾶς*.



Σχ. 5.2ε.

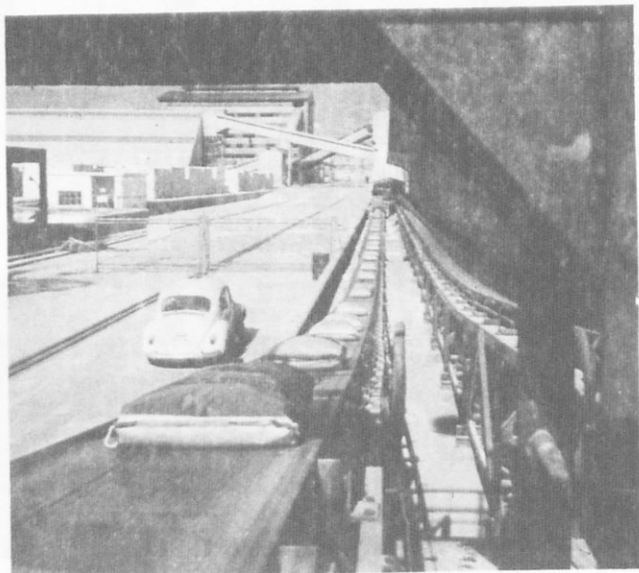
Ἐνα περνοφόρο ὄχημα ἔχει ἀνυψώσει καί μεταφέρει ἓνα μικρὸ σιλό ἀποθηκεύσεως στερεῶν. Οἱ τέσσερις κατακόρυφοι σωληνες ἀποτελοῦν τὰ πόδια στηρίξεως τοῦ σιλό.

Οι **μεταφορικές ταινίες** κατασκευάζονται από ύφασμα, ενισχυμένο ελαστικό ή ακόμη από χαλύβδινα ελάσματα και κυλούν επάνω σε περιστρεφόμενα **ράουλα** (κύλιστρα), που τοποθετούνται σε αποστάσεις ανά 1 m περίπου. Η ταινία παίρνει κίνηση από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο, που βρίσκεται στο ένα άκρο (σχ. 5.2στ).



Σχ. 5.2στ.

Μεταφορική ταινία με δυνατότητα μετακινήσεως επάνω σε σιδηροτροχιές.



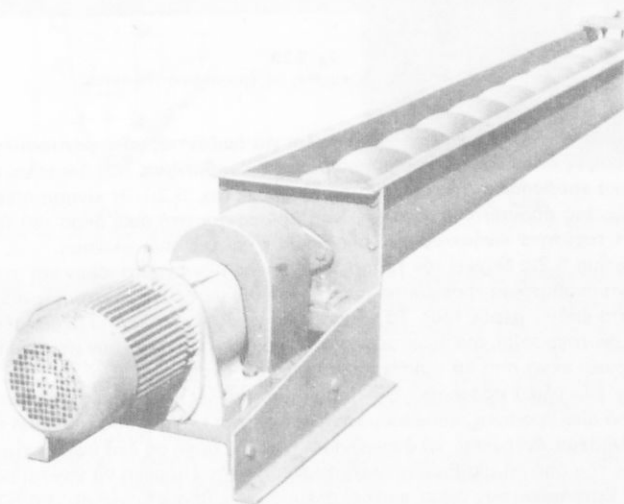
Σχ. 5.2ζ.

Μεταφορά σάκων με επίπεδη μεταφορική ταινία σε εργοστάσιο λιπασμάτων στη Βόρειο Ελλάδα.

Όταν τό μεταφερόμενο ύλικό είναι σέ μεγάλα τεμάχια ή συσκευασμένο σέ σάκους, κιβώτια κλπ. τοποθετούνται εύθύγραμμα ράουλα, ώστε ή επάνω επιφάνεια τής ταινίας νά καθίσταται επίπεδη καθώς σύρεται επάνω τους (σχ. 5.2ζ). Όταν όμως τό ύλικό μεταφέρεται χύμα, είναι προτιμότερη ή τοποθέτηση τών ραούλων υπό κλίση, ανά δύο ή τρία σέ κάθε θέση στηρίξεως τής ταινίας, ώστε νά παίρνει τό σχήμα σκάφης καί νά συγκρατεί τό ύλικό καλύτερα (σχ. 5.2στ καί 5.2ιδ). Η μεταφορική ταινία του σχ. 5.2στ έχει επίσης τή δυνατότητα νά κινείται επάνω σέ σιδηροτροχίες, ώστε νά μετατοπίζεται σέ διάφορους χώρους του έργουστασίου. Τό πλάτος τών μεταφορικών ταινιών φθάνει μέχρι 1,5 m περίπου, ή ταχύτητά τους μέχρι τά 2 m/s καί ή παροχή τους, ανάλογα μέ τό ειδικό βάρος του ύλικου, μπορεί νά υπερβεί τούς 3000 τόννους τήν ώρα.

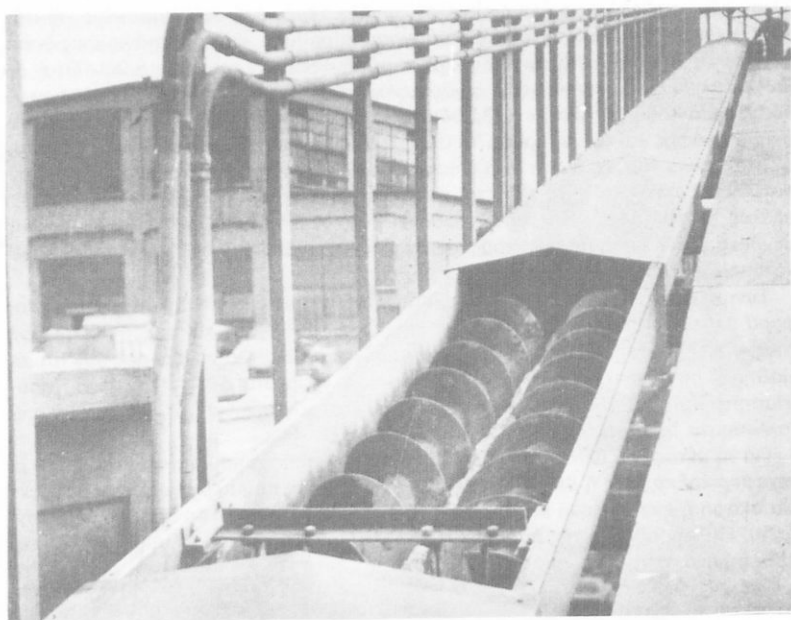
Συνηθέστερη είναι ή χρήση τών μεταφορικών ταινιών γιά τήν οριζόντια μεταφορά ύλικών. Μπορούν όμως νά χρησιμοποιηθοϋν επίσης καί γιά τήν άνύψωσή τους, άρκεϊ ή κλίση νά μήν υπερβαίνει ένα μέγιστο όριο, γιά νά μήν προκαλείται όλίσθηση του ύλικου πρós τά πίσω. Τό όριο αυτό εξαρτάται από τό είδος καί τή σύσταση του ύλικου. Π.χ γιά στεγνή άμμο, ή μέγιστη κλίση είναι 14°, γιά χαλίκια, μεταλλεύματα ή σιτάρι 18° καί γιά ύγρη άμμο 20°.

Γιά τή μεταφορά ύλικών σέ μορφή σκόνης ή λάσπης χρησιμοποιούνται συχνά όι **μεταφορικοί κοχλίες** ή **βίδες**. Πρόκειται γιά μία έλικα, πού περιστρέφεται μέσα σέ μία σκάφη ή ένα σωλήνα καί προωθεί τό ύλικό από τό ένα άκρο πρós τό άλλο (σχ. 5.2η). Γιά τήν αύξηση τής παροχής, χρησιμοποιούνται επίσης δίδυμοι κοχλίες, τοποθετημένοι στήν ίδια σκάφη (σχ. 5.2θ).



Σχ. 5.2η.

Ένας μεταφορικός κοχλίας μέσα σέ σκάφη καί ό ηλεκτροκινητήρας του.



Σχ. 5.2θ.  
Δίδυμος μεταφορικός κοχλίας σέ εργοστάσιο τσιμέντου.

Οι μεταφορικοί κοχλίες είναι κατάλληλοι για οριζόντιες μόνο μεταφορές. Για τις κατακόρυφες άνυψώσεις, χρησιμοποιούνται τά **άναβατόρια**, πού αποτελούνται από μεταλλικά **κουβαδάκια** στερεωμένα σέ άλυσίδες (σχ. 5.2ι). Ή κίνηση δίνεται στίς άλυσίδες από όδοντωτές τροχαλίες, πού βρίσκονται στό άνω άκρο του άναβατορίου. Ή ταχύτητα κινήσεως τών άλυσίδων είναι 0,5 m/s περίπου.

Τό σχήμα 5.2ια δείχνει τόν τρόπο λειτουργίας τών άναβατορίων καί στό σχήμα 5.2ιβ ένα άναβατόριο τροφοδοτεί δύο σιλό μέσω μιās μεταφορικής ταινίας πού κινείται στό έπάνω μέρος τους. Τά κουβαδάκια γεμίζουν στό κάτω άκρο (δέν φαίνεται στή φωτογραφία), άνέρχονται από τό δεξιό σκέλος, άδειάζουν στήν κορυφή καί κατέρχονται κενά από τό άριστερό σκέλος του άναβατορίου.

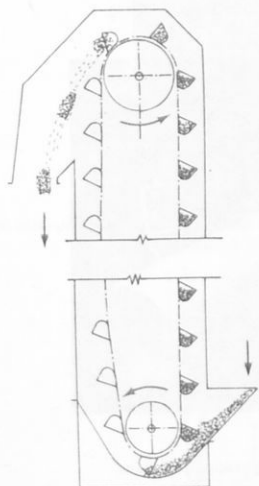
Όταν ένα υλικό πρόκειται νά περάσει από πολλές διαδοχικές διεργασίες (π.χ. μία σειρά από θραύσεις, κοσκινίσματα, άλέσεις κλπ.) είναι συμφέρον από πλευράς καταναλώσεως ενέργειας νά άνυψώνεται από τήν άρχή σέ ένα ύψηλό κτίριο, ή δέ κάθοδός του από τή μία βιομηχανική συσκευή στήν έπόμενη νά γίνεται μέ τή βαρύτητα. Καταλαβαίνουμε τώρα γιατί οι άλευρόμυλοι (πίσω άριστερά στή φωτογραφία του σχήματος 1.3) καί τό τμήμα προετοιμασίας τής φαρίνας στή βιομηχανία τσιμέντου (άριστερά στή φωτογραφία του σχήματος 4.2γ) στεγάζονται σέ τόσο ύψηλά κτίρια.





Σχ. 5.2i.

Δύο συνηθισμένοι τρόποι για να συγκρατούνται τὰ κουβαδάκια στις αλυσίδες τῶν ἀναβατορίων.



Σχ. 5.2ia.

Ὁ τρόπος λειτουργίας τῶν ἀναβατορίων.



Σχ. 5.2ib.

Τροφοδότηση δύο σιλό από ἕνα ἀναβατήριο.

Τό **λουκί ἐλεύθερης ροῆς** εἶναι τό ἀπλούστερο μεταφορικό μέσο γιά τήν ἐκμετάλλευση τῆς βαρύτητας. Εἶναι κατάλληλο γιά ὀποιοδήποτε στερεό, ἀρκεῖ νά ὑπάρχει ὑψομετρική διαφορά μεταξύ τοῦ σημείου παραλαβῆς καί τοῦ σημείου παραδόσεως τοῦ ὕλικου, ὥστε νά ἐξασφαλίζεται ἐπαρκῆς κλίση γιά τήν ὁμαλή ροή ἢ ὀλίσηση. Ὄταν τό στερεό ἐκπέμπει κατά τήν κίνησή του σκόνη στόν ἀέρα, τό λουκί κατασκευάζεται κλειστό, σάν σωλήνας, γιά νά μήν προκαλεῖται ἐνόχληση τοῦ περιβάλλοντος καί ἀπώλεια ὕλικου (σχ. 5.2iv).

Ἄν δέν ὑπάρχει ἐπαρκῆς ὑψομετρική διαφορά γιά τήν ἐλεύθερη κάθοδο τοῦ στερεοῦ ὕλικου, ἢ πρὸς τὰ κάτω μετατόπισή του ὑποβοηθεῖται μέ μηχανικές ἢ ηλεκτρομαγνητικές δονήσεις στό λουκί (τή σκάφη ἢ τό σωλήνα) πού μεταφέρει τό ὕλικό. Οἱ παλινδρομικοί κραδασμοί προκαλοῦν μέ συνεχεῖς συγχρονισμένες ἀναπηδήσεις τῶν κόκκων τοῦ ὕλικου, τή μετατόπισή του ὄχι μόνο πρὸς τὰ κάτω, ἀλλά

καί σέ ὀριζόντια κατεύθυνση, ἀκόμη καί πρὸς τὰ ἄνω μέχρι κλίσεως  $15^\circ$ . Οἱ **δονούμενοι μεταφορείς**, λόγω τῶν σημαντικῶν πλεονεκτημάτων τους, ἔχουν ἐκτοπίσει σέ πολλές βιομηχανικές ἐγκαταστάσεις τὰ ἄλλα συστήματα μηχανικῆς μεταφορᾶς. Εἶναι κατάλληλοι γιὰ τὴ μεταφορὰ κάθε εἴδους στερεῶν, ἐκτός ἂν εἶναι πολύ ἐλαφρά, ἢ πολτώδη ἢ ἂν κολλοῦν στὰ τοιχώματα τῆς σκάφης. Δέν ἔχουν ἀνάγκη λιπάνσεως ἢ ἄλλης συντηρήσεως, εἶναι ἀθόρυβοι στὴ λειτουργία τους καί πολύ οἰκονομικοί στὴν κατανάλωση ἐνέργειας. Φωτογραφίες δονουμένων μεταφορέων βλέπομε στὰ σχήματα 5.2ιγ (δονούμενο λούκι) καί 5.2ιδ (δονούμενοι τροφοδότες γιὰ τὴν ὑποβοήθηση τῆς ἐξαγωγῆς τοῦ περιεχομένου τῶν σιλό ἀπὸ τὰ στομιά τους πρὸς τὴ μεταφορική ταινία, πού κινεῖται ἀπὸ κάτω). Ἡ ἀνάρτησή τους γίνεται μέ ἐλαστικούς συνδέσμους, ὥστε νά δονοῦνται ἐλεύθερα μέ τίς δονήσεις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν διεγερτῶν, πού φαίνονται στὸ πίσω μέρος τους.

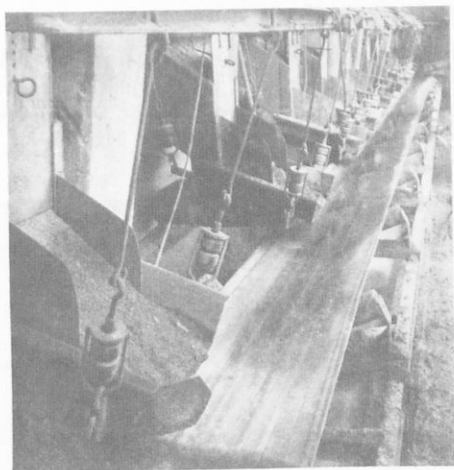


Σχ. 5.2ιγ.

Κλειστό δονούμενο λούκι μεταφορᾶς στερεῶν ὑλικῶν.

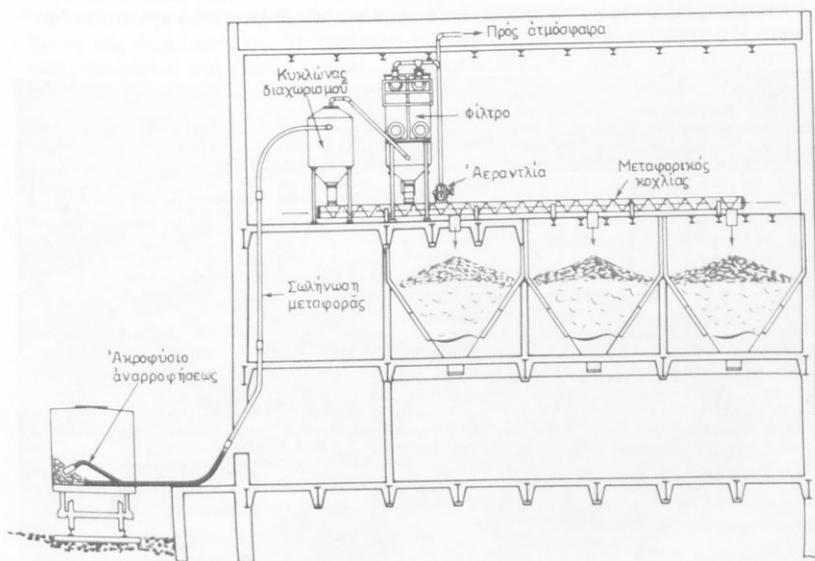
Σέ ἀντίθετη πρὸς τὰ λούκια ἐλεύθερης ροῆς, τὴ μεγαλύτερη κατανάλωση ἐνέργειας ἀπὸ ὅλες τίς μεταφορικές συσκευές, γιὰ τὴν ἐκτέλεση τοῦ ἴδιου ἔργου, παρουσιάζουν τὰ **συστήματα ἀερομεταφορᾶς**. Ἐχουν ὅμως τὰ πλεονεκτήματα τῶν σχετικά μικρῶν δαπανῶν ἐγκαταστάσεως, τῶν πολύ μεγάλων παροχῶν καί τῆς δυνατοῦτητας νά ἀκολουθεῖ τὸ ὑλικὸ ὁποιαδήποτε πολύπλοκη διαδρομὴ μέ πολλές στροφές, ἀνόδους καί καθόδους, ἂν αὐτὸ ἀπαιτεῖται ἀπὸ τὴ διαρρύθμιση τῆς βιομηχανικῆς ἐγκαταστάσεως.

Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συστημάτων ἀερομεταφορᾶς εἶναι ὅμοια μέ τῆς ἠλεκτρικῆς σκούπας πού χρησιμοποιεῖται γιὰ τὸν καθαρισμὸ τῶν πατωμάτων στὰ σπίτια. Μία ἀναρροφητικὴ ἀεραντλία δημιουργεῖ ἕνα ρεῦμα ἀέρα, πού κρατᾶ σέ αἰώρηση τὸ μεταφερόμενο στερεό, μέσα σέ ἕνα σωλήνα. Ὁ σωλήνας καταλήγει σέ ἕνα κυκλῶνα, ὅπου γίνεται ἀπόθεση τοῦ ὑλικοῦ, ἢ δέ σκόνη, πού τυχόν παρασύρεται ἀκόμη ἀπὸ τὸν ἀέρα, συγκρατεῖται σέ φίλτρα (σχ. 5.2ιε). Τὰ συστήματα ἀερομεταφορᾶς ὀνομάζονται ἐπίσης **συστήματα πνευματικῆς μεταφορᾶς** (πνεῦμα = ἀέριο).



Σχ. 5.2ιδ.

Σειρά σιλό με όκτώ στόμια εξαγωγής και δονητικούς τροφοδότες. Ή παραλαβή του ύλικού γίνεται από τή μεταφορική ταινία πού κινείται κάτω από τά στόμιά τους.

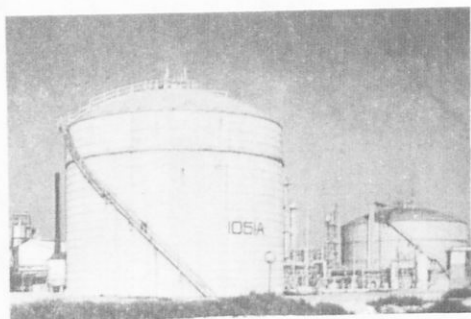


Σχ. 5.2ιε.

Σύστημα άερομεταφοράς στερεών από σιδηροδρομικά βαγόνια καί διανομής τους, μέσω ενός μεταφορικού κοχλίας, στά τρία σιλό ενός βιομηχανικού κτιρίου.

### 5.3 Άποθήκευση και μεταφορά τών υγρών.

Ἡ ἀποθήκευση τών υγρῶν γίνεται σέ στεγανά *δοχεῖα* καί *δεξαμενές*, πού συγκοινωνοῦν σὺνήθως μέ τήν ἀτμόσφαιρα, ὥστε νά μήν ἀναπτύσσεται ὑψηλή πίεση στό ἔσωτερικό τους ἀπό τούς παραγόμενους ἀτμούς. Οἱ δεξαμενές κατασκευάζονται συνήθως ἀπό χάλυβα ἢ ἀπό μπετόν σέ μεγέθη μέχρι πολλές δεκάδες χιλιάδες κυβικά μέτρα (σχ. 5.3α καί σχ. 5.3β).



Σχ. 5.3α.

Χαλύβδινες δεξαμενές γιά τήν ἀποθήκευση ὑγρῆς ἀμμωνίας, σέ ἐργοστάσιο στή Β. Ἑλλάδα.



Σχ. 5.3β.

Συγκρότημα 12 μεγάλων δεξαμενῶν ἀπό μπετόν, σέ διάφορα στάδια τῆς κατασκευῆς τους.

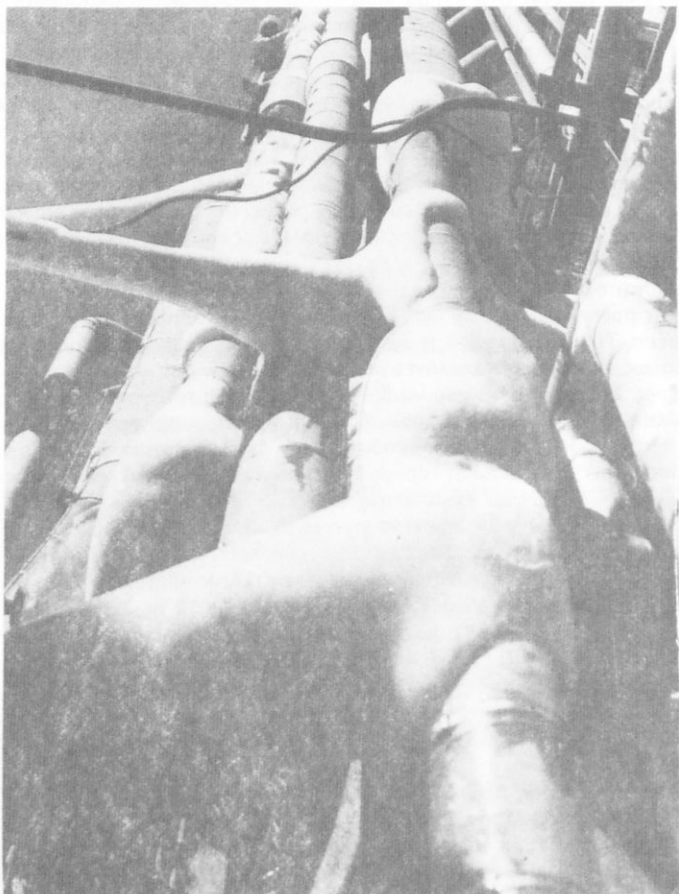
Πολλά ύγρα άπαιτούν ειδικές προφυλάξεις κατά τήν άποθήκευσή τους. Π.χ. οι δεξαμενές πού προορίζονται γιά ύγρα μέ σχετικά ύψηλή τάση άτμών, όπως ή άκετόνη, τοποθετούνται σέ στεγασμένους χώρους καί ψύχονται κατά τούς θερινούς μήνες μέ έξωτερικό καταιοιισμό νερού. Γιά τήν άποθήκευση ύγραποιημένων άερίων χρησιμοποιούνται ειδικές δεξαμενές, έφοδιασμένες μέ ψυκτική έγκατάσταση, όπως οι είκονιζόμενες στό σχήμα 5.3α, όπου ή θερμοκρασία διατηρείται στους  $-34^{\circ}\text{C}$ , ώστε, στό παράδειγμα του σχήματος, μέ μην έξαερώνεται ή ύγρή άμμωνία. Αντίθετα, τά ύγρα πού στερεοποιούνται ή καθίστανται πολύ παχύρρευστα, όταν πέσει κάπως ή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όπως τό μαζούτ, άποθηκεύονται σέ δεξαμενές μέ έσωτερική σωλήνωση ή έξωτερικό μανδύα, γιά τήν κυκλοφορία θερμού νερού ή άτμού, κατά τίς ψυχρές έποχές. Τά εϋφλεκτα υλικά άποθηκεύονται σέ σχετικά μεγάλη άπόσταση από τό έργοστάσιο καί κατά προτίμηση σέ υπόγειες δεξαμενές, γιά τήν άποφυγή μεταδόσεως πυρκαϊάς. Είναι σκόπιμο οι δεξαμενές αυτές νά έχουν ήλεκτρική γείωση, ώστε νά μην ύπάρχει κίνδυνος δημιουργίας σπινθήρων από τήν τριβή μετάλλων καί άναφλέξεως του άποθηκευμένου ύγρου ή τών άτμών του.

Ανεξάρτητα από τίς παραπάνω ή καί άλλες προφυλάξεις, οι βιομηχανικές έγκαταστάσεις πρέπει νά είναι έπίσης έξοπλισμένες καί μέ άποτελεσματικά πυροσβεστικά μέσα. Τέτοια μέσα είναι τό δίκτυο νερού μέ ειδική άντλία ύψηλής παροχής καί πίεσεως, οι εϋκαμποι σωλήνες μέ έκτοξευτήρες νερού καί οι φορητοί πυροσβεστήρες. Στα μέσα αυτά περιλαμβάνονται άκόμη καί τά συστήματα αυτόματης πυροσβέσεως μέ άνίχνευση τής πυρκαϊάς από τήν παρουσία καπνού ή τήν τοπική άνοδο τής θερμοκρασίας. Η φροντίδα γιά τήν έγκαιρη καταπολέμηση τής πυρκαϊάς άποβλέπει στή διάσωση κυρίως άνθρωπίνων ζωών, αλλά καί στήν προστασία πολυτίμων υλικών καί έγκαταστάσεων.

Η μεταφορά τών ύγρων μπορεί νά γίνει κατά δόσεις μέ βυτιοφόρα αυτοκίνητα, μέ βαρέλια ή μέ δοχεία, συνήθως όμως είναι εύκολότερη καί οίκονομικότερη μέ τήν χρησιμοποίηση σωληνώσεων. Οι **σωληνώσεις** κατασκευάζονται από τεμάχια σωλήνων, τό μήκος τών οποίων είναι περίπου 6 έως 12 m. Συνδέονται μεταξύ τους στεγανά μέ κοχλίωση ή συγκόλληση ή μέ πρόσθετους άντικρυστούς μεταλλικούς δίσκους, τίς φλάντζες (σχ. 5.4ε). Τό μέγεθος τών σωλήνων χαρακτηρίζεται από τή διάμετρο καί τό πάχος τους. Η διάμετρος έκφράζεται συχνά σέ ίντσες, πού δέν άποδίδουν όμως πάντοτε τήν πραγματική τους διάμετρο, αλλά άκολουθούν όρισμένους συμφωνημένους κανονισμούς. Π.χ. ένας χαλύβδινος σωλήνας «2 ίντσών», γιά δίκτυο σχετικά χαμηλής πίεσεως, κατασκευάζεται μέ έξωτερική διάμετρο 2,375 ίντσών (δηλαδή 60,325 mm) καί έσωτερική 2,067 (δηλαδή 52,50 mm). Η άλλαγή τής διευθύνσεως ή τής διαμέτρου τής σωληνώσεως καθώς οι διακλαδώσεις καί συνδέσεις μέ τίς διάφορες συσκευές, μηχανήματα καί όργανα, γίνονται μέ τή βοήθεια καταλλήλων έξαρτημάτων (σχ. 5.4ε).

Όταν μία σωλήνωση χρησιμοποιείται γιά τή μεταφορά θερμών ύγρων ή άερίων, πρέπει νά περιβάλλεται μέ **θερμομονωτικό υλικό**, ώστε νά περιορίζονται κατά τό δυνατό οι άπώλειες θερμότητας πρós τό περιβάλλον. Άπώλειες θερμότητας έχουν σαν άποτέλεσμα τή μείωση τής θερμοκρασίας του μεταφερόμενου ρευστου καί τή σπατάλη ένέργειας. Τό ίδιο άκριβώς ίσχύει καί γιά τή μεταφορά ψυχρών ρευστών. Η θερμική μόνωση τής σωληνώσεως έμποδίζει καί στήν περίπτωση αυ-

τή τήν άπόλεια τής ένέργειας, πού θά προκαλοῦσε ή άπορρόφηση θερμότητας άπό τό περιβάλλον πρός τό μεταφερόμενο ψυχρό ρευστό. Στο σχήμα 5.3γ βλέπομε μιά σχετική έφαρμογή μέ μέτρια έπιτυχία. Τό ψυχρό ὑγρό πού διακινείται στίς σωληνώσεις έχει προκαλέσει τό σχηματισμό πάγου σέ πολλά σημεία τής έπιφάνειάς τους. Αυτό άποτελεῖ ένδειξη ότι ή θερμική τους μόνωση είναι άνεπαρκής.



Σχ. 5.3γ.

Θερμομονωμένες σωληνώσεις μεταφοράς ψυχροῦ αἰθυλενίου σέ βιομηχανία τής περιοχῆς Θεσσαλονίκης.

Ἡ διακοπή ή ή ρύθμιση τής ροῆς τῶν ὑγρῶν στίς σωληνώσεις γίνεται μέ τά **δργανα φραγῆς**, δηλαδή τούς κρουνοῦς, τούς διακόπτες, τίς βάννες μέ σύρτη καί τίς

βάννες μοναδικής φοράς (σχ. 5.36). Σε όλα αυτά τα όργανα υπάρχει μία ακίνητη λεία επιφάνεια, ή **έδρα**, όπου εφαρμόζεται κατά βούληση ένα αντίστοιχα διαμορφωμένο κινητό εξάρτημα, που διακόπτει έντελώς την παροχή ή επιτρέπει τη διέλευση μιάς ποσότητας υγρού, ανάλογης προς τό άνοιγμα που αφήνει.



Σχ. 5.36.

Τρία όργανα φραγής των σωληνώσεων.

α) Διακόπτης. β) Βάννα με σύρτη. γ) Βάννα μοναδικής φοράς.

Ο **κρουρός** είναι τό απλούστερο όργανο φραγής των σωληνώσεων. Αποτελείται ούσιαστικά από ένα περιστρεφόμενο κωνικό διάτρητο πώμα, που επιτρέπει τή ροή του υγρού, όταν ο άξονας τής τρύπας είναι παράλληλος προς τή σωλήνωση και τή διακόπτει όταν γίνεται κάθετος προς αυτή. Είναι δηλαδή όμοιος μέ τίς γυάλινες στρόφιγγες των εργαστηριακών συσκευών. Μεγάλο πλεονέκτημα του κρουνού είναι ή δυνατότητα νά άνοίγει και νά κλείνει τή σωλήνωση μέ μία ταχεία κίνηση. Μειονέκτημά του είναι ή σχετικά μεγάλη επιφάνεια προσαρμογής, μεταξύ του κωνικού πώματος και τής έδρας που τό περιβάλλει, μέ άποτέλεσμα νά σφίγγει δυνατό και νά είναι συχνά δύσχειτος.

Στους **διακόπτες**, δηλαδή τίς συνηθισμένες βρύσες, ή έδρα είναι ένας δακτύλιος και τό κινητό εξάρτημα ένας δίσκος που άνυψώνεται ή κατεβαίνει μέ τή βοήθεια μιάς βιδωτής ράβδου μέ χειροτροχό. Τά μειονεκτήματα των κρουνών (δύσκολος χειρισμός στή ρύθμιση τής παροχής του υγρού) δέν παρουσιάζονται στους διακόπτες. Αντίθετα, είναι εύκολη ή άνύψωση του δίσκου σέ ένδιάμεσες θέσεις, ώστε νά ρυθμίζεται μέ ακρίβεια ή ποσότητα του υγρού, που πρέπει νά διέρχεται από τό διακόπτη. Τό μειονέκτημα των διακοπών είναι ότι για τό πλήρες άνοιγμα ή κλείσιμό τους χρειάζονται πολλές στροφές του χειροτροχού, πράγμα που καθιστά τά όργανα αυτά άκατάλληλα για τήν πραγματοποίηση ταχέων χειρισμών. Επίσης, ή άλλαγή τής πορείας που χρειάζεται νά έκτελέσει τό υγρό κατά τή διέλευσή του από ένα διακόπτη (όπως φαίνεται και στή φωτογραφία του), καθώς και ή σχετικά μικρή άπόσταση μεταξύ έδρας και δίσκου, μπορούν νά προκαλέσουν τό βούλωμά του, άν στο υγρό υπάρχουν αιώρηματα στερεών.

Τέτοιος κίνδυνος δέν παρουσιάζεται στις **βάννες με σύρτη**, γιατί, όταν άνυψωθεί ο σύρτης, αφήνει έντελώς έλευθερη τή δίοδο του ύγρου στό έσωτερικό του. Έχουν όμως καί αυτές τό μειονέκτημα του άργου χειρισμού. Καί εδώ ή άνοδος καί ή κάθοδος του σύρτη γίνεται, όπως στους διακόπτες, μέ μία βιδωτή ράβδο καί τήν περιστροφή χειροτροχού.

Οι **βάννες μοναδικής φοράς** (ή **βαλβίδες άντεπιστροφής**, όπως επίσης ονομάζονται) είναι αυτόματα όργανα, πού έπιτρέπουν τή ροή μόνο κατά μία διεύθυνση έμποδίζοντας τήν άναστροφή τής φοράς τής. Άνοίγουν μέ τήν πίεση του ύγρου καί, μόλις αυτή σταματήσει ή τείνει νά άντιστραφεί ή φορά τής, κλείνουν μέ τήν επίδραση τής βαρύτητας ή ενός έλατηρίου σέ μία σφαίρα, ή ένα κλαπέτο.

Όταν δέν υπάρχει εύνοϊκή διαφορά στάθμης, ή προώθηση των ύγρων στις σωληνώσεις γίνεται μέ τή χρησιμοποίηση **άντλιών**. Η μετάδοση τής ενέργειας από τήν άντλία πρós τό ύγρό τής σωληνώσεως γίνεται είτε μέ τήν έκτόπισή του, είτε μέ τήν έκμετάλλευση τής φυγόκεντρης δυνάμεως.

Όλες οι άντλίες έχουν ένα **στόμιο άναρροφήσεως**, από όπου εισέρχεται τό ύγρό, καί ένα **στόμιο καταθλίψεως**, από όπου τό ύγρό διοχετεύεται στή σωληνώση μεταφοράς του. Κατά τή λειτουργία των άντλιών, δημιουργείται μία ελάττωση τής πίεσεως του ύγρου στό στόμιο άναρροφήσεως. Αυτό έχει σαν άποτέλεσμα τήν είσαγωγή του στό έσωτερικό τής άντλίας, υπό τήν επίδραση τής έξωτερικής πίεσεως. Επομένως, όταν μία άντλία άναρροφά ύγρό, πού βρίσκεται σέ χαμηλότερη στάθμη, τό ύψος άναρροφήσεως άναγκαστικά δέν μπορεί νά υπερβεί τό ύψος πού άντιστοιχεί στήν άτμοσφαιρική πίεση, δηλαδή θεωρητικά τά 10m στήλης νερού. Στήν πραγματικότητα, λόγω των διαφόρων άπωλειών, τό μέγιστο ύψος άναρροφήσεως των άντλιών περιορίζεται συνήθως στά 6 έως 8m στήλης νερού, άνάλογα μέ τόν τύπο τής άντλίας καί τή διάμετρο τής σωληνώσεως. Για τό ύψος καταθλίψεως, άντίθετα, δέν υπάρχει μέγιστο θεωρητικό όριο, αλλά περιορίζεται μόνο από τή μηχανική άντοχή τής άντλίας. Όταν άπαιτείται πολύ ύψηλή πίεση στήν κατάθλιψη, χρησιμοποιούνται συνήθως **πολυβάθμιες άντλίες**, στις όποιες ή πίεση αύξάνει διαδοχικά από ένα θάλαμό τους στον έπόμενο.

Η ενέργεια πού μεταδίδει ή άντλία στό ύγρό δέν καταναλώνεται μόνο για τή δημιουργία των διαφορών πίεσεως στήν άναρρόφηση καί τήν κατάθλιψη, αλλά καί για τήν υπερνίκηση των διαφόρων άντιστάσεων στις σωληνώσεις. Η ενέργεια αυτή έκφράζεται συνήθως ανά kg μάζας άντλούμενου ύγρου, σέ αντίστοιχο ύψος στήλης του ύγρου καί ονομάζεται **μανομετρικό ύψος** τής άντλίας. Στο παράδειγμα του σχήματος 5.3ε(α), τό μανομετρικό ύψος τής άντλίας (H) θά ίσοϋται μέ τό άθροισμα του **ύψους άναρροφήσεως** ( $h_a$ ), δηλαδή τήν ύψομετρική διαφορά μεταξύ τής στάθμης άναρροφήσεως καί του άξονα τής άντλίας, του **ύψους καταθλίψεως** ( $h_k$ ), δηλαδή τήν ύψομετρική διαφορά μεταξύ τής στάθμης καταθλίψεως καί του άξονα τής άντλίας, καί του **ύψους τριβών** ( $h_T$ ), πού άντιστοιχεί στις άντιστάσεις ροής του ύγρου στις σωληνώσεις άναρροφήσεως καί καταθλίψεως:

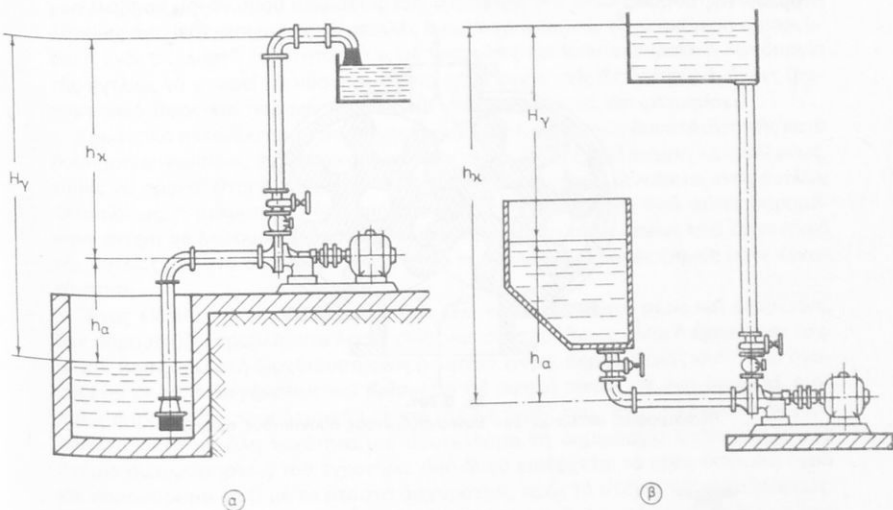
$$H = h_a + h_k + h_T$$

Τό άθροισμα των ύψων άναρροφήσεως καί καταθλίψεως άποτελεί τό **γεωμετρικό ύψος** ( $H_V$ ) τής πραγματοποιούμενης άντλήσεως, δηλαδή τήν ύψομετρική



διαφορά μεταξύ της στάθμης στή δεξαμενή άναρροφήσεως και της στάθμης στή δεξαμενή καταθλίψεως ή στο σημείο άποχύσεως του ύγρου:

$$H_V = h_a + h_k$$



Σχ. 5.3ε.

Άντληση ύγρου από δεξαμενή με στάθμη χαμηλότερα (α) και ύψηλότερα (β) από τον άξονα της άντλίας.

Όταν ή στάθμη της άναρροφήσεως είναι ύψηλότερα από τον άξονα της άντλίας, όπως στο σχήμα 5.3ε(β), γιά τον ύπολογισμό του μανομετρικού ύψους, τό ύψος άναρροφήσεως δέν προστίθεται στο ύψος καταθλίψεως, αλλά άφαιρείται από αυτό:

$$H = h_k - h_a + h_T$$

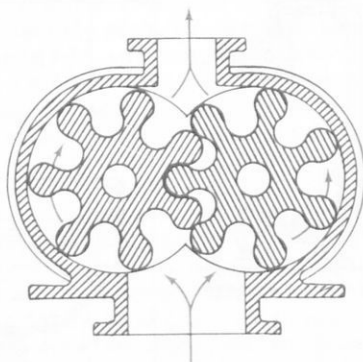
Έτσι τό μανομετρικό ύψος ίσοϋται πάλι με τό άθροισμα του γεωμετρικού ύψους (τώρα  $H_V = h_k - h_a$ ) και του ύψους τριβών.

Είπαμε παραπάνω ότι οι άντλίες είτε **έκτοπίζουν** τό άντλούμενο ύγρο, προωθώντας το μέσα στο θάλαμό τους και στή σωλήνωση της καταθλίψεως, είτε του μεταδίνουν **φυγόκεντρη δύναμη**, που τό παρασύρει επίσης προς τή σωλήνωση της καταθλίψεως.

Άνάλογα με τον τρόπο έκτοπίσεως του ύγρου και τό είδος του θάλαμού τους, οι **άντλίες έκτοπίσεως** διακρίνονται σε δύο κυρίως κατηγορίες, τις **παλινδρομικές** και τις **περιστροφικές**.

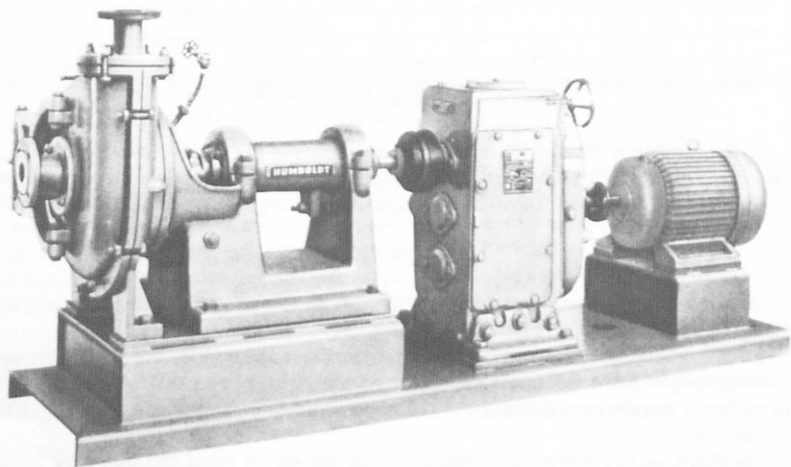
Οι **παλινδρομικές άντλίες** άναρροφούν και παγιδεύουν μία ποσότητα μέσα σε ένα σταθερό κυλινδρικό θάλαμο και, στή συνέχεια, τήν έκτοπίζουν με ένα έμβολο

πρός τό στόμιο καταθλίψεως. Τό άνοιγμα καί τό κλείσιμο τών στομίων άναρροφήσεως καί καταθλίψεως γίνεται έναλλάξ, μέ βάννες μοναδικής φοράς. Άντίθετα, στίς **περιστροφικές άντλίες** ή παγίδευση του ύγρου γίνεται σέ κινητό θάλαμο, που σχηματίζεται άπό τήν περιστροφή όδοντωτών τροχών (σχ. 5.3στ) ή έλικών. Η προώθηση του ύγρου γίνεται χωρίς τή χρησιμοποίηση βανών γιά τόν έλεγχο τών στομίων τής άντλίας.



Σχ. 5.3στ.

Περιστροφική άντλία μέ δύο συνεργαζόμενους όδοντωτούς τροχούς.



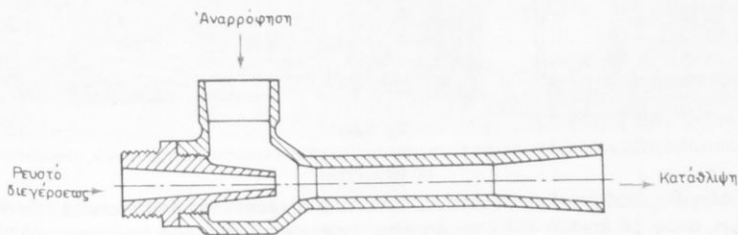
Σχ. 5.3ζ.

Φυγόκεντρη άντλία μέ τόν ήλεκτροκινητήρα της καί ένδιάμεσα τό ρυθμιστή τής ταχύτητας περιστροφής τής περρωτής της.

Τό βασικό εξάρτημα των **φυγοκέντρων άντλιών** (σχ. 5.3ζ) είναι ή **περωτή**, δηλαδή ένας δίσκος μέ πτερύγια, πού περιστρέφεται μέ μεγάλη ταχύτητα καί μέ τήν αναπτυσσόμενη φυγοκέντρη δύναμη έκτινάσσει τό υγρό πρός τά έξω. Ή μεγάλη ταχύτητα περιστροφής τής περωτής, δίνει τή δυνατότητα τής άπ' εύθείας συνδέσεως του άξονα τής φυγοκέντρης άντλίας μέ τόν άξονα ήλεκτροκινητήρα, χωρίς τή μεσολάβηση μηχανισμού μειώσεως των στροφών, πού είναι άπαραίτητη στίς βραδύτερες άντλίες έκτοπίσεως. Σέ πολλές όμως περιπτώσεις, είναι σκόπιμη ή παρεμβολή ενός ρυθμιστή ταχύτητας (π.χ. μέ τροχαλίες καί ιμάντες), ώστε ή λειτουργία τής άντλίας νά μπορεί νά προσαρμόζεται κάθε φορά στίς άντλητικές ανάγκες (μαυομετρικό ύψος καί παροχή του υγρού) πού καλείται νά αντιμετώπισει.

Σημαντικό πλεονέκτημα των φυγοκέντρων άντλιών είναι ή δυνατότητα τής κατά βούληση ρυθμίσεως, ή ακόμη καί διακοπής τής ροής στή σωλήνωση καταθλίψεως, χωρίς νά προκαλείται βλάβη στήν άντλία ή τή σωλήνωση. Άντίθετα, στίς άντλίες έκτοπίσεως, ή μείωση ή ή διακοπή τής ροής στή σωλήνωση ενώ αυτές παραμένουν ακόμη σέ λειτουργία, δημιουργεί μεγάλη αύξηση τής πίεσεως στό έσωτερικό τής άντλίας καί στό δίκτυο, μέ κίνδυνο νά προκαλέσει σοβαρές ζημιές στήν έγκατάσταση.

Ένας είδικός τύπος άντλίας, πού δέν έχει καθόλου κινητά μέρη καί έπομένως, δέν παρουσιάζει προβλήματα λειτουργίας καί συντηρήσεως, είναι ή **έγχυτήρας** (σχ. 5.3η). Βασίζεται στή διοχέτευση ενός ρευστού (νερό, άέρας, άτμός κλπ.), πού όνομάζεται **ρευστό διεγέρσεως** καί βρίσκεται σέ ύψηλή πίεση, σέ ένα σωλήνα, ό όποιος παρουσιάζει προοδευτική μείωση τής διατομής του. Έτσι, τό ρευστό διεγέρσεως άποκτά μεγάλη ταχύτητα, μέ άποτέλεσμα τή δημιουργία ύποπίεσεως στό στόμιο άναρροφήσεως του έγχυτήρα, από όπου εισέρχεται τό πρós άντληση υγρό καί παρασύρεται, μαζί μέ τό ρευστό διεγέρσεως, πρós τό στόμιο τής καταθλίψεως. Όταν τό ρευστό διεγέρσεως είναι άτμός υπό πίεση, ό έγχυτήρας όνομάζεται συνήθως **τζιφάρι**.

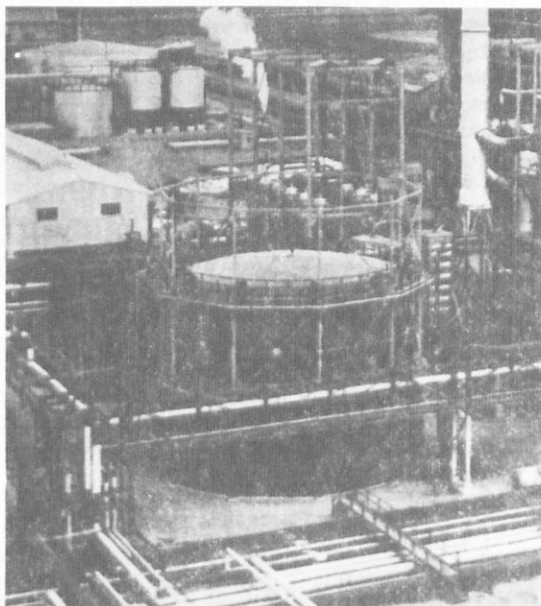
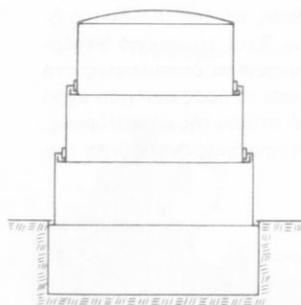


Σχ. 5.3η.  
Τομή ενός έγχυτήρα.

#### 5.4 Άποθήκευση καί μεταφορά των άερίων.

Τά άέρια αποθηκεύονται είτε υπό άτμοσφαιρική πίεση, είτε υπό αύξημένες πιέσεις. Στήν πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται μεγάλα **άεριοφυλάκια**, χωρητικότητας πολλών χιλιάδων ή καί έκατοντάδων χιλιάδων κυβικών μέτρων, πού έχουν

κινητή ή τηλεσκοπικά εκτεινόμενη στέγη. Έτσι ο όγκος τους προσαρμόζεται αυτόματα στην ποσότητα του αποθηκευμένου αερίου (σχ. 5.4α). Συνηθέστερα όμως, ή αποθήκευση των αερίων γίνεται υπό αυξημένη πίεση, ώστε να καταλαμβάνουν μικρότερο όγκο. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούνται **δοχεία πίεσεως** ή φορητές χαλύβδινες κυλινδρικές **φιάλες** ή **όβιδες** (σχ. 5.4β) με ισχυρά τοιχώματα, για την εξασφάλιση άντοχής. Είναι απαραίτητος ο συχνός έλεγχος της καλής καταστάσεως των τοιχωμάτων, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος διαρρήξεως λόγω διαβρώσεως ή φθοράς τους.

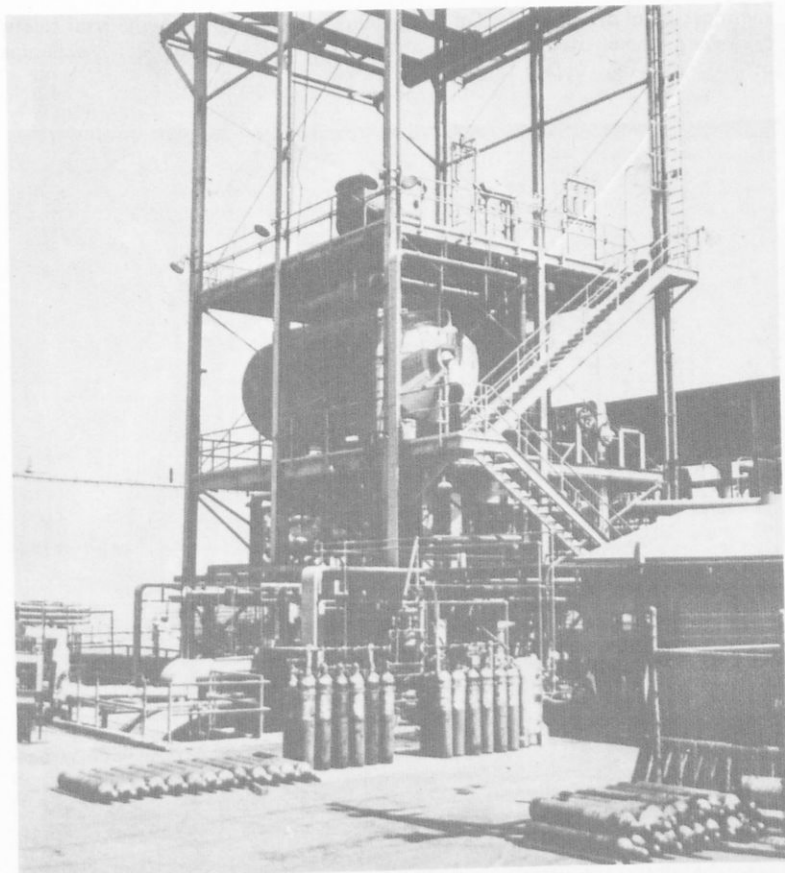


Σχ. 5.4α.

Άριστερά σχέδιο και δεξιά φωτογραφία αεροφυλακίου σε ένα εργοστάσιο παραγωγής υδρογόνου από γαιάνθρακα.

Μεγάλη διάδοση έχει αποκτήσει τελευταία ή **κρυογενής αποθήκευση** των αερίων, όπου, με ισχυρή ψύξη, προκαλείται υγροποίησή τους υπό ατμοσφαιρική πίεση και ή διατήρησή τους υπό μορφή υγρών, όπως είδαμε στο σχήμα 5.3α. Με αυτό τον τρόπο, συνδυάζεται ο μικρός όγκος αποθηκεύσεως με την αποφυγή των κινδύνων που συνεπάγονται οι υψηλές πιέσεις. Απαιτείται όμως σημαντική δαπάνη ενέργειας για την πραγματοποίηση των χαμηλών θερμοκρασιών.

Η μεταφορά των αερίων γίνεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως και ή μεταφορά των υγρών, που περιγράψαμε παραπάνω, όσο τουλάχιστον επιτρέπουν οι ιδιομορφίες των δύο αυτών διαφορετικών φυσικών καταστάσεων. Π.χ. οι ταχύτητες ροής των αερίων στις σωληνώσεις φθάνουν συνήθως τά 10 έως 20 m/s, ενώ των υγρών δέν υπερβαίνουν τά 2 m/s.

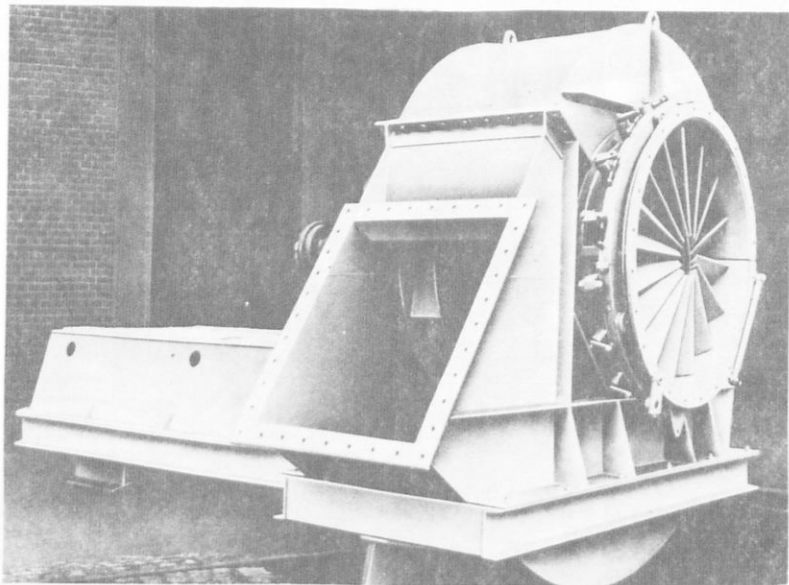


Σχ. 5.4β.

Φιάλες οξυγόνου και άκετυλενίου υπό πίεση, συγκεντρωμένες για την έκτέλεση συγκολλήσεων, κατά τη συναρμολόγηση μιάς βιομηχανικής έγκαταστάσεως.

Η προώθηση των αερίων στίς σωληνώσεις και τούς μεγάλους άεραγωγούς γίνεται μέ μονοβάθμιους ή πολυβάθμιους **συμπιεστές** ή **άεραντίες**. Όπως και στήν άντληση τών ύγρων, οι συμπιεστές διακρίνονται κυρίως σέ μηχανές έκτοπίσεως, δηλαδή τούς **παλινδρομικούς** και τούς **περιστροφικούς**, και σέ **φυγοκεντρικούς συμπιεστές** ή **φουσητήρες** (σχ. 5.4γ). Οι πρώτοι παράγουν ύψηλότερες πιέσεις, ενώ οι δεύτεροι είναι άπλούστεροι στή λειτουργία και έχουν μικρότερες άνάγκες συντηρήσεως. Η κίνηση στούς συμπιεστές δίνεται άπό ηλεκτροκινητήρες, πετρελαιο-

κινητήρες ή και άτμομηχανές. Για τή δημιουργία κενού, χρησιμοποιούνται επίσης **έγχυτήρες**, όμοιοι στην κατασκευή καί λειτουργία μέ εκείνους πού γνωρίσαμε στην άντληση τών ύγρων (σχ. 5.3η).

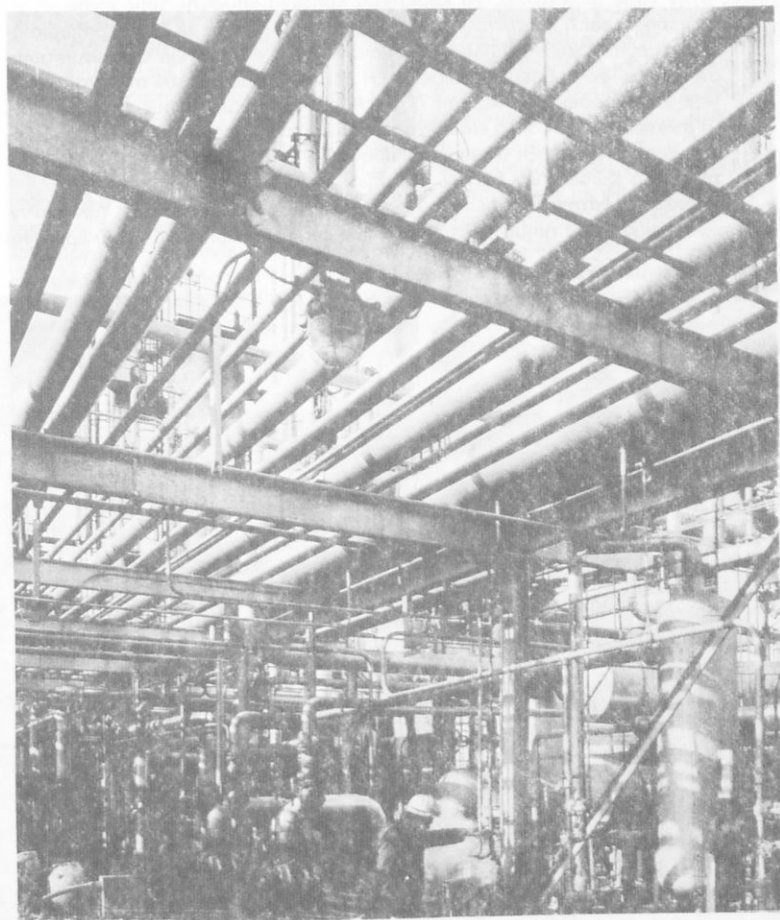


Σχ. 5.4γ.

Ή αποσυαρμολογημένος φυγοκεντρικός άεροσυμπιεστής μέ κινητά πτερύγια στό στόμιο άναρροφήσεως (δεξιά), γιά τή ρύθμιση του άνοίγματος του. Ήπό τό άνοικτό στόμιο καταθλίψεως φαίνεται μία άπό τίς περιστρεφόμενες πτερωτές του άεροσυμπιεστή. Τό άριστερό μέρος τής βάσεως προορίζεται γιά τήν τοποθέτηση του ήλεκτροκινητήρα.

Δύο δίκτυα σωληνώσεων άερίων πού συναντάμε σέ όλα σχεδόν τά έργοστάσια είναι του **πεπιεμένου άέρα** καί του **ύδρατμου**. Ή πεπιεμένος άέρας παράγεται άπό άεροσυμπιεστές καί χρησιμοποιείται γιά τή λειτουργία εργαλείων καί συστημάτων άυτοματισμού, τήν άερομεταφορά στερεών, τήν άνατάραξη ύγρων, τήν καύση καυσίμων σέ έστιές καί καυστήρες κλπ. Ή ύδρατμός, πού συνήθως όνομάζεται άπλώς άτμός, παράγεται ύπό πίεση στους άτμολέβητες καί χρησιμοποιείται γιά τήν κίνηση μηχανών, τή θέρμανση βιομηχανικών συσκευών ή τή συμμετοχή σέ φυσικές καί χημικές διεργασίες ως «ζωντανός» άτμός.

Όπως στίς μεταφορικές διατάξεις τών στερεών, έτσι καί στίς άντλίες, τούς συμπιεστές καί τίς σωληνώσεις μεταφοράς ύγρων καί άερίων, πρέπει νά δίνεται κάθε προσοχή γιά τήν καλή τους λειτουργία, ώστε νά εξασφαλίζεται ή συνεργασία τών διαφόρων βιομηχανικών συσκευών καί ή όμαλή πορεία τής παραγωγής. Ή φωτογραφία του σχήματος 5.4δ μάς δίνει μία εικόνα του μεγάλου πλήθους τών



Σχ. 5.4δ.

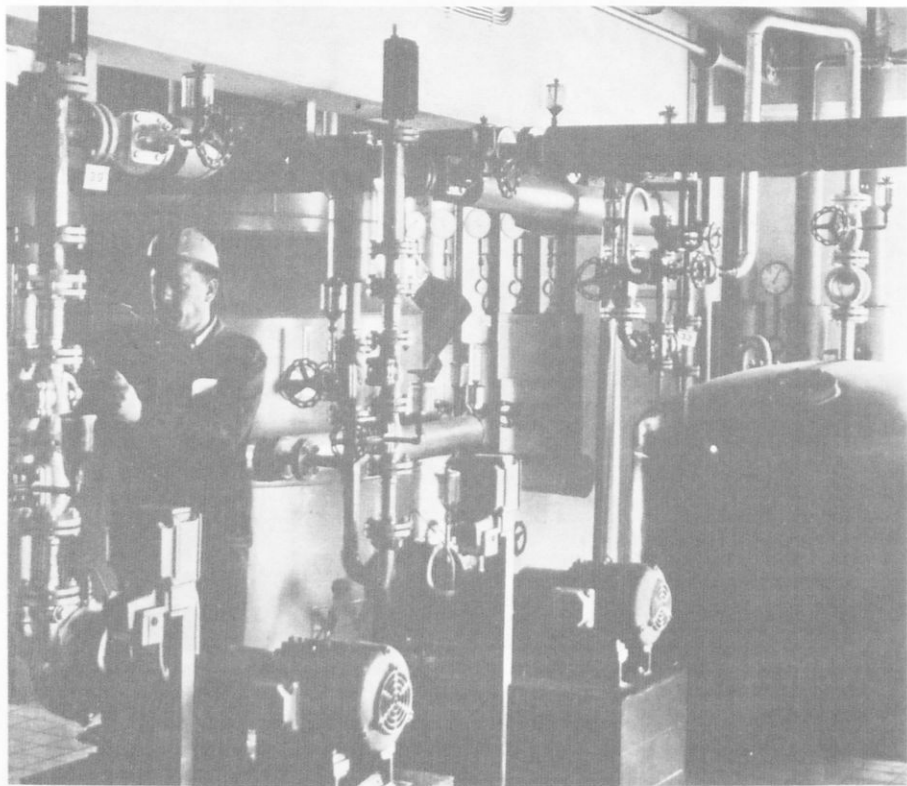
Ύπαιθρια δίκτυα κατακορύφων και όριζοντίων σωληνώσεων σε έργοστάσιο συνθέσεως άμμωνίας στη Β. Ελλάδα.

σωληνώσεων μεταφοράς νερού, διαλυμάτων, αερίων και υγρών προϊόντων, πεπιεσμένου άερα και άτμου, που συναντάμε συχνά στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Η έπιλογή του κατάλληλου τύπου και μεγέθους των άντλιών, των συμπιεστών και των σωληνώσεων γίνεται σύμφωνα με τίς συγκεκριμένες άπαιτήσεις και συν-

θῆκες στὴν καθε βιομηχανία. Τὰ κυριότερα κριτήρια ἐπιλογῆς τους εἶναι:

- α) Ἡ **παροχή** καὶ ἡ **πίεση** τοῦ ρευστοῦ, ποῦ καθορίζεται μὲ ἓνα περιθώριο ἀσφάλειας (π.χ. 20% ἐπὶ πλεόν τῶν κανονικῶν ἀναγκῶν), γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση περιπτώσεων ὑπερφορτώσεως. Ἡ πρώτη ἐκφράζεται σέ  $\text{m}^3/\text{h}$  καὶ ἡ δεύτερη σέ ἀτμόσφαιρες,  $\text{kp}/\text{cm}^2$  ἢ μέτρα μανομετρικοῦ ὕψους γιὰ τὰ ὑγρά.
- β) Ἡ **σύσταση** καὶ τὰ ἄλλα εἰδικὰ χαρακτηριστικά τοῦ ρευστοῦ, ὅπως π.χ. μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ ὑπαρξη στερεῶν αἰωρημάτων στὰ ὑγρά ἢ σκόνης στὰ ἀέρια, τὸ ὑψηλὸ ἰξῶδες τῶν ὑγρῶν, ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία κλπ.
- γ) Ἡ **διαβρωτικότητα** τοῦ ρευστοῦ καθορίζει τὰ ὑλικά κατασκευῆς τῶν σωληνώσεων καὶ τῶν τμημάτων τῶν ἀντλιῶν καὶ ἀεροσυμπιεστῶν ποῦ ἐρχονται



Σχ. 5.4ε.

Τμήμα ἐργοστασίου παραγωγῆς συνθετικῶν ἀπορρυπαντικῶν. Διακρίνεται πλῆθος συνδέσμων σωληνώσεων καὶ εξαρτημάτων μὲ φλάντζες, πολλὰ ὄργανα φραγῆς καὶ ἐλέγχου καὶ δύο φυγόκεντρες ἀντλίες.



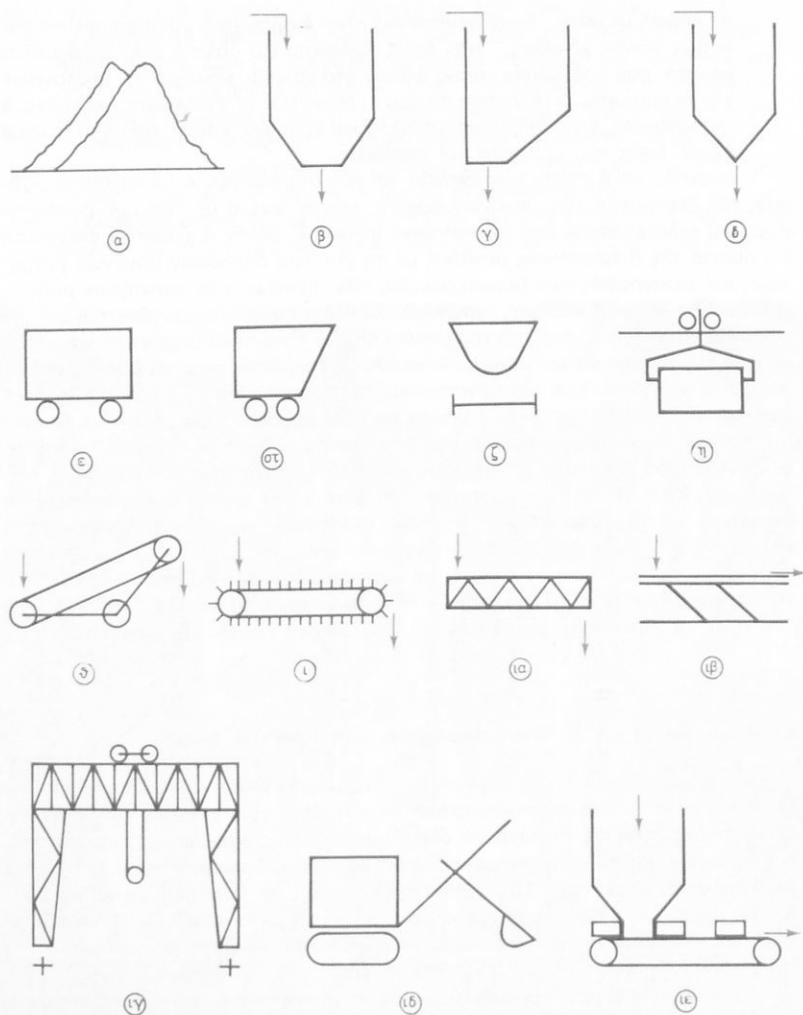
σέ έπαφή μέ αυτό. "Αν τό ρευστό δέν είναι διαβρωτικό, χρησιμοποιείται συνήθως κοινός χάλυβας. "Όταν όμως πρόκειται γιά όξινα ή άλλα διαβρωτικά ρευστά πού προκαλούν ταχεία φθορά στό χάλυβα, επιλέγονται, ανάλογα μέ τήν περίπτωση, καταλληλότερα υλικά, όπως π.χ. οί ανοξειδώνωτοι χάλυβες, ό χυτοσίδηρος, άλλα άνθεκτικά μέταλλα καί κράματα, καθώς καί μή μεταλλικά υλικά, όπως π.χ. πλαστικά καί κεραμικά.

Η έκκίνηση καί ή στάση τών άντλιών καί τών συμπιεστών καί ή αυτόματη ρύθμιση του άνοίγματος τών όργάνων φραγής, γίνεται συχνά μέ σύστημα αυτόματισμού καί τηλεχειρισμού από ένα κεντρικό πίνακα. Σ' αυτόν, ό χειριστής έλέγχει ή λειτουργία τής βιομηχανικής μονάδας μέ ή βοήθεια διαφόρων όργάνων μετρήσεως καί καταγραφής τών θερμοκρασιών, τών πιέσεων, τών ταχυτήτων ροής ύγρων καί αερίων, τής στάθμης ύγρων κλπ. Σέ άλλες όμως έγκαταστάσεις, ή συμμετοχή του προσωπικού παράγοντα έξακολουθεί νά είναι πολύ σημαντική καί οί χειρισμοί γίνονται από ειδικευμένους τεχνικούς, μέ επέμβαση σέ χειροκίνητα όργανα, σύμφωνα μέ τίς ένδείξεις τών όργάνων καί τήν παρατήρηση τής πορείας τών διεργασιών. Μιά τέτοια περίπτωση, βλέπομε στή φωτογραφία του σχήματος 5.4ε. Δεξιά, φαίνεται ένα μέρος ενός δοχείου, όπου πραγματοποιούνται χημικές αντίδράσεις. Άριστερά είναι τό σύστημα τών σωληνώσεων, όργάνων καί άντλιών, πού χρησιμοποιείται γιά τήν τροφοδότηση του δοχείου μέ χημικά αντίδραστήρια, ή θέρμανση καί ψύξη του καί τήν παραλαβή τών προϊόντων τών αντιδράσεων. Στο κάλυμμα του δοχείου φαίνεται μία ύαλόφρακτη όπή, γιά τήν παρατήρηση τής καταστάσεως στό έσωτερικό του, ώστε, σέ συνδυασμό μέ τήν άνάγνωση τών διαφόρων όργάνων έλέγχου (θερμόμετρα, μανόμετρα, παροχόμετρα κλπ.), νά ρυθμίζει ό χειριστής τίς κατάλληλες συνθήκες γιά τήν εύνοική πορεία τής αντίδράσεως.

### 5.5 Συμβολισμοί γιά τήν άποθήκευση καί μεταφορά τών υλικών.

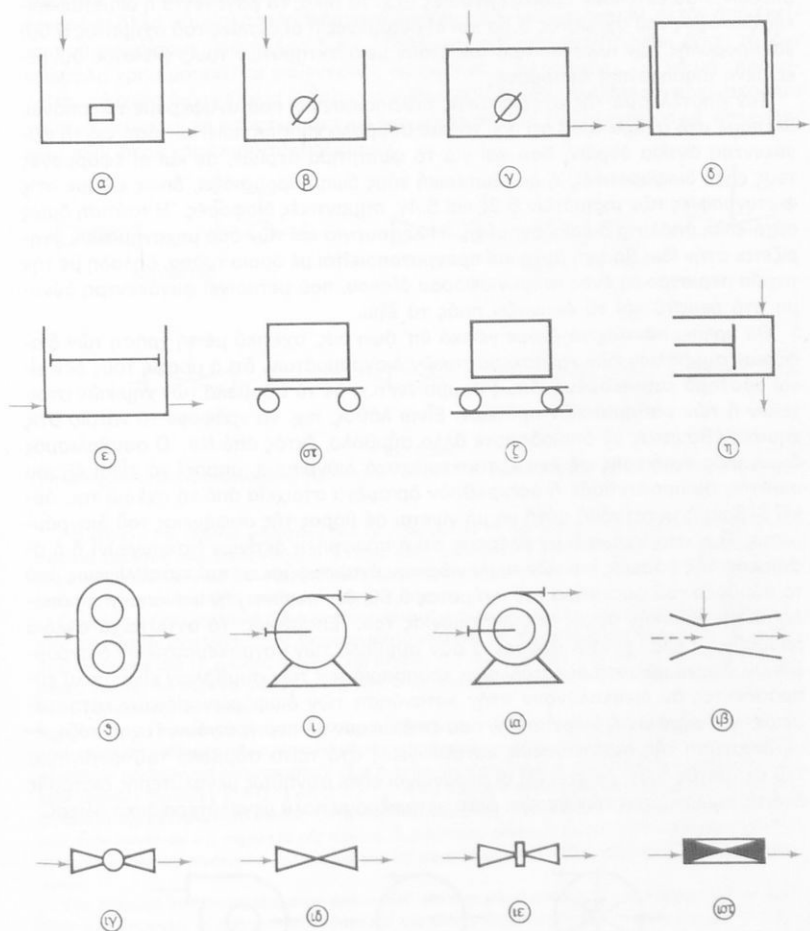
Στήν παράγραφο 4.2 είχαμε γνωρίσει ένα μικρό αριθμό από τά σύμβολα πού χρησιμοποιούνται στα κατασκευαστικά διαγράμματα τών χημικών βιομηχανιών. Μεταξύ τους ήταν καί τά σύμβολα δύο βιομηχανικών συσκευών μεταφοράς στερεών υλικών, δηλαδή τής μεταφορικής ταινίας καί του άναβατορίου. Στο σχήμα 5.5α παρουσιάζονται άλλα 15 χρήσιμα σύμβολα, γιά τήν άποθήκευση καί μεταφορά τών στερεών. Επίσης, στό σχήμα 5.5β παρουσιάζονται τά σύμβολα τών κυριότερων όργάνων, μηχανημάτων καί βιομηχανικών συσκευών, πού χρησιμοποιούνται στήν άποθήκευση καί μεταφορά τών ύγρων καί τών αερίων.

Η γνώση τών συμβολικών σχεδίων, όπως τά παραπάνω, είναι πολύ χρήσιμη, όχι μόνο γιατί μς επιτρέπει νά διαβάζομε καί νά καταστρώνομε τά κατασκευαστικά διαγράμματα τών χημικών βιομηχανιών, άλλα καί γιατί ή σχεδίασή τους είναι άπλουστευμένη, μέχρι τήν πλήρη άφαίρεση τών λεπτομερειών. Έτσι, προβάλλονται μόνο τά άπολύτως ουσιώδη χαρακτηριστικά καί γίνονται φανερές οί βασικές άρχές τής λειτουργίας τών διαφόρων μηχανημάτων καί συσκευών. Στίς περισσότερες μάλιστα περιπτώσεις, δέν χρειάζεται καμιά άλλη περιγραφή ή επεξήγηση, έκτός από τήν όνομασία καί τό σύμβολο τής συσκευής, γιά τήν κατανόηση τής λειτουργίας της. Επίσης, δίνεται ή εύκαιρία άμεσης συγκρίσεως τών μηχανημάτων καί συ-



Σχ. 5.5α.

Συμβολικές απεικονίσεις, σχετικές με τήν αποθήκευση καί τή μεταφορά τών στερεών υλικών στίς βιομηχανίες: α) Αποθήκευση σέ σωρούς, β) Όρθογώνιο σιλό μέ ἐκκένωση στό μέσο, γ) Όρθογώνιο σιλό μέ ἐκκένωση στό πλευρό, δ) Κυλινδρικό σιλό, ε) Κοινό τετράτροχο βαγονέτο, στ) Βαγονέτο ἀνατρεπόμενο πρός τά ἐμπρός (σέσουλα), ζ) Βαγονέτο ἀνατρεπόμενο πλευρικά (κούνια), η) Άνατρεπόμενο έναέριο βαγονέτο, θ) Φορητή μεταφορική ταινία, ι) Μεταφορική ταινία μέ ξέστρα, ια) Μεταφορικός κοχλίας, ιβ) Δονούμενος μεταφορέας, ιγ) Γερανογέφυρα σέ σιδηροτροχιές, ιδ) Μηχανικό πτύο σέ έρπύστριες, ιε) Μηχανή συσκευασίας υλικών σέ κιβώτια.



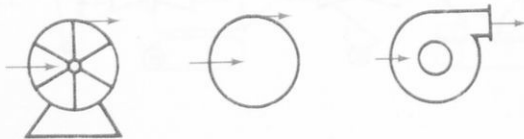
Σχ. 5.5β.

Συμβολικές απεικονίσεις σχετικές με την αποθήκευση και τη μεταφορά των υγρών και αερίων στις βιομηχανίες: α) Άνοικτη ορθογώνια δεξαμενή. β) Άνοικτη κυλινδρική δεξαμενή. γ) Κλειστή κυλινδρική δεξαμενή. δ) Τηλεσκοπικό αεριοφυλάκιο (τύπου κώδωνα). ε) Άεριοφυλάκιο με κινητή στέγη. στ) Βυτιοφόρο δχημα. ζ) Βυτιοφόρο σιδηροδρομικό βαγόνι. η) Παλινδρομική έμβολοφόρα άντλία ή αεριοσυμπιεστής. θ) Όδοντωτή άντλία. ι) Φυγόκεντρη άντλία ή φυσητήρας με μία βαθμίδα. ια) Πολυβάθμια φυγόκεντρη άντλία ή φυσητήρας. ιβ) Έγχυτήρας (τζιφάρι). ιγ) Κρουνός. ιδ) Διακόπτης. ιε) Βάννα με σύρτη. ιστ) Βάννα μοναδικής φοράς.

σκευών, πού έκτελοῦν ὁμοίες ἐργασίες (π.χ. τὰ σιλό, τὰ βαγονέττα ἢ οἱ μεταφορικές διατάξεις τοῦ σχήματος 5.5α καί οἱ δεξαμενές ἢ οἱ ἀντλίες τοῦ σχήματος 5.5β) καί προβολῆς τῶν πλεονεκτημάτων ἢ τῶν μειονεκτημάτων τους, γιά κάθε συγκεκριμένη βιομηχανική ἐφαρμογή.

Σάν ἀποτέλεσμα τῆς σχεδιαστικῆς ἀπλοποιήσεως πού ἀναφέραμε παραπάνω, βλέπομε στό σχῆμα 5.5β ὅτι π.χ. τό ἴδιο σύμβολο χρησιμοποιεῖται τόσο γιά τή φυγόκεντρη ἀντλία ὑγρῶν, ὅσο καί γιά τό φυσητήρα ἀερίων, ἄν καί οἱ ἐφαρμογές τους εἶναι διαφορετικές, ἡ δέ ἐξωτερική τους ὄψη παρουσιάζει, ὅπως εἶδαμε στίς φωτογραφίες τῶν σχημάτων 5.3ς καί 5.4γ, σημαντικές διαφορές. Ἡ ταύτιση ὁμως αὐτή εἶναι ἀπόλυτα δικαιολογημένη. Ἡ λειτουργία καί τῶν δύο μηχανημάτων στηρίζεται στήν ἴδια βασική ἀρχή καί πραγματοποιεῖται μέ ὅμοιο τρόπο, δηλαδή μέ τήν ταχεία περιστροφή ἐνός περυγιοφόρου δίσκου, πού μεταδίνει φυγόκεντρη δύναμη στό ρευστό καί τό ἐκτινάξει πρὸς τό ἔξω.

Θά πρέπει πάντως νά ἔχομε γενικά ὑπ' ὄψη μας, σχετικά μέ τή χρήση τῶν διαφόρων συμβόλων τῶν κατασκευαστικῶν διαγραμμάτων, ὅτι ἡ μορφή τους δέν εἶναι αὐστηρά καθορισμένη, ὅπως συμβαίνει π.χ. μέ τὰ σύμβολα τῶν χημικῶν στοιχείων ἢ τῶν μαθηματικῶν πράξεων. Εἶναι λάθος, π.χ. νά γράφομε τό νάτριο στίς χημικές ἐξισώσεις μέ ὀποιοδήποτε ἄλλο σύμβολο, ἐκτός ἀπό Na. Ὁ συμβολισμός ὁμως μιᾶς συσκευῆς σέ ἕνα κατασκευαστικό διάγραμμα, μπορεῖ νά εἶναι ἐξίσου σωστός, ἄν προστεθοῦν ἢ ἀφαιρεθοῦν ὀρισμένα στοιχεῖα ἀπό τό σχέδιό της, ἀρκεῖ βέβαια ἡ μετατροπή αὐτή νά μή γίνεται σέ βάρος τῆς σαφήνειας τοῦ διαγράμματος. Π.χ. στό σχῆμα 5.5γ βλέπομε ὅτι ἡ προσθήκη ἀκτίων (περυγίων) ἢ ἡ ἀφαίρεση τῆς βάσεως καί τῶν σωληνώσεων ἀναρροφῆσεως καί καταθλίψεως ἀπό τό σύμβολο τοῦ φυσητήρα τοῦ σχήματος 5.5β, δέν μειώνει τήν ἱκανοποιητική ἀπόδοση τῆς βασικῆς ἀρχῆς τῆς λειτουργίας του. Ἐπομένως, τὰ ἀντίστοιχα σχέδια μποροῦν νά εἶναι ἐπίσης ἀποδεκτά σάν σύμβολα τῶν κατασκευαστικῶν διαγραμμάτων. Συχνά μάλιστα οἱ κατάλληλες τροποποιήσεις τῶν συμβόλων εἶναι πολύ εὐπρόσδεκτες ἄν διευκολύνουν στήν κατανόηση τῶν διαφόρων εἰδικῶν καταστάσεων, λειτουργιῶν ἢ διεργασιῶν, πού ἐπιδιώκουν νά περιγράψουν. Π.χ. ἡ αὐξημένη διάσταση τῆς σωληνώσεως καταθλίψεως στό τρίτο σύμβολο τοῦ φυσητήρα τοῦ σχήματος 5.5γ, δείχνει ὅτι οἱ ἀεραγωγοί εἶναι συνήθως μεγαλύτερης διατομῆς ἀπό τίς σωληνώσεις τῶν ὑγρῶν, διότι μεταφέρουν πολύ μεγαλύτερο ὄγκο ὑλικοῦ.

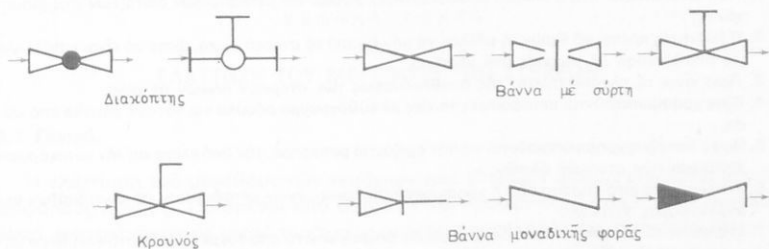


Σχ. 5.5γ.

Παραδείγματα διαφορετικῶν βαθμῶν ἀπλοποιήσεως τοῦ συμβόλου τοῦ φυγόκεντρικοῦ φυσητήρα ἀερίων.

Αὐτή ἡ ἐλευθερία στό συμβολισμό τῶν κατασκευαστικῶν διαγραμμάτων ἔχει ὀδηγήσει, σέ πολλές περιπτώσεις, στήν ἐμφάνιση διαφορετικῶν συμβόλων, πού χρησιμοποιοῦνται σέ βιβλία, βιομηχανικά σχέδια ἢ ἐμπορικούς κατάλογους μηχαν-

νημάτων για την άπαικόνιση του ίδιου αντικειμένου. Π.χ. στο σχήμα 5.5δ βλέπουμε ορισμένα άλλα σύμβολα για τα όργανα φραγής των σωληνώσεων, εκτός από εκείνα που γνωρίσαμε στο σχήμα 5.5β. Υπάρχουν μάλιστα περιπτώσεις όπου το ίδιο σύμβολο χρησιμοποιείται για έντελώς διαφορετικά αντικείμενα. Για να μην προκαλείται σύγχυση ή άμφιβολία ως προς την έννοια του κάθε συμβόλου, είναι σκόπιμο να συνοδεύονται τα κατασκευαστικά διαγράμματα από ένα υπόμνημα με την έρμηνεία των περιεχομένων συμβολισμών.



Σχ. 5.56.

Παραδείγματα χρησιμοποιήσεως διαφορετικών συμβόλων για τα όργανα φραγής των σωληνώσεων.

Στο κείμενο του βιβλίου υπάρχουν όλα τα στοιχεία για τη διατύπωση απαντήσεων στις έρωτήσεις και άσκησης που ακολουθούν στο τέλος κάθε κεφαλαίου. Ειδικότερα για τη λύση των ασκήσεων, όπως άλλωστε και των πραγματικών προβλημάτων που συναντά ο τεχνικός στη χημική βιομηχανία, είναι χρήσιμες οι παρακάτω γενικές οδηγίες.

Σχεδιάζουμε ένα σχηματικό ή ένα κατασκευαστικό διάγραμμα, στο οποίο σημειώνουμε τις διεργασίες, τις χημικές αντιδράσεις, τις βιομηχανικές συσκευές, τις ποσότητες των υλικών, τις αποστάσεις και γενικά όλα τα γνωστά στοιχεία και μεγέθη του προβλήματος. Με τον τρόπο αυτό το πρόβλημα παίρνει πιο συγκεκριμένη μορφή, γίνεται κατανοητό και διευκολύνεται σημαντικά η άναζητηση της σωστής λύσεως.

Ανάλογα με το είδος του προβλήματος, η εξαγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων γίνεται με τη διατύπωση μαθηματικών σχέσεων, με την κατασκευή γραφικών λύσεων ή με τη χρησιμοποίηση διαφόρων πινάκων και διαγραμμάτων. Π.χ. η λύση της άσκησης 8 γίνεται με τη διατύπωση των μαθηματικών σχέσεων  $V = Q \cdot t$  και  $Q = S \cdot u$ , όπου  $V$  είναι ο όγκος του μεταφερόμενου υλικού,  $Q$  η παροχή της μεταφορικής ταινίας,  $t$  ο χρόνος της εργασίας,  $S$  η διατομή του στρώματος του υλικού στην ταινία και  $u$  η ταχύτητα της ταινίας. Παράδειγμα γραφικής λύσεως είναι η άσκηση 7, ενώ τη χρησιμοποίηση πινάκων ή διαγραμμάτων θα συναντήσουμε σε άσκησης των επομένων κεφαλαίων.

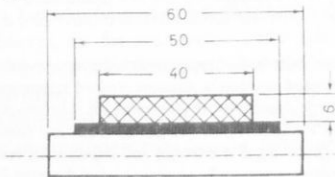
Την εξαγωγή του αποτελέσματος ακολουθεί πάντοτε μία διερεύνηση της λύσεως, με τη βοήθεια των γνώσεων που έχουμε αποκτήσει και της κοινής λογικής. Άς υποθέσουμε π.χ. ότι σε πρόβλημα της χημικής τεχνολογίας βρήκαμε σαν λύσεις ότι η θερμοκρασία σε μία κάμνο θα πρέπει να είναι  $8000^{\circ}\text{C}$  ή ότι το υγρό σε μία σωλήνωση θα πρέπει να ρέει με ταχύτητα  $10\text{ m/s}$ . Τις απαντήσεις αυτές θα πρέπει να τις άπορρίψουμε σαν άνεφάρμοστες στις βιομηχανικές συνθήκες και να άναζητήσουμε άλλες λύσεις, πρακτικά άφάρμοστες. Θα πρέπει βέβαια να μάς είναι γνωστό ότι στις βιομηχανικές καμίνους ή θερμοκρασία δέν υπερβαίνει συνήθως τους  $1500^{\circ}\text{C}$  (σε ειδικές ηλεκτρικές καμίνους έχουν πραγματοποιηθεί θερμοκρασίες μέχρι  $5500^{\circ}\text{C}$ ) και ότι η ταχύτητα ροής των υγρών στις σωληνώσεις δέν υπερβαίνει συνήθως τα  $2\text{ m/s}$  (για λεπτόρρευστα υγρά μπορεί να φθάσει μέχρι  $3\text{ m/s}$ ).

Επίσης η άκρίβεια με την οποία εκφράζουμε τα αποτελέσματα θα πρέπει να ταιριάζει με τα όρια που καθορίζουν οι πρακτικές βιομηχανικές συνθήκες. Π.χ. στην άσκηση 8 δέν έχει νόημα να γράψουμε ότι η ταχύτητα της μεταφορικής ταινίας θα πρέπει να είναι  $0,52083\text{ m/s}$ , όπως προκύπτει δ-

πό τις υπολογιστικές πράξεις. Δέν υπάρχει τρόπος νά ρυθμισθεῖ ἀλλά οὔτε καί νά μετρηθεῖ ἡ ταχύτητα τῆς ταινίας μέ τὴν ἀκρίβεια. Ἐπομένως μιά τέτοια ἀπάντηση δείχνει ἀγνοία τῶν δυνατοτήτων καί τῶν συνθηκῶν στή βιομηχανία. Ἐπί πλέον μπορεῖ νά εἶναι παραπλανητική, γιατί δίνει τήν ἐντύπωση ὅτι εἶναι ἀναγκαῖα ἡ τήρηση συνθηκῶν πολύ ὑψηλῆς ἀκρίβειας, πράγμα πού συνήθως δέν ἰσχύει. Εἶναι πολύ σωστότερο νά στρογγυλέωμε τὸ ἀποτέλεσμα στό παράδειγμά μας στήν τιμὴ 0,52 m/s ἢ ἀκόμη καί στήν τιμὴ 0,5 m/s, ἂν κρίνομε ὅτι ἡ ἀκρίβεια αὐτὴ εἶναι περισσότερο προσαρμοσμένη στὶς συνθήκες μιᾶς συγκεκριμένης περιπτώσεως.

### Ἐρωτήσεις καί Ἀσκήσεις.

1. Γιατί εἶναι ἀπαραίτητὴ ἡ ὑπαρξὴ ἀποθηκευτικῶν χώρων καί μεταφορικῶν διατάξεων στὶς βιομηχανίες;
2. Τί ιδιότητες πρέπει νά ἔχουν (ἢ μᾶλλον νά μὴν ἔχουν) τὰ στερεὰ ὑλικά, ὥστε νά εἶναι κατάλληλα γιὰ ἀποθήκευση σέ σωροὺς στό ὑπαίθριο;
3. Ποιὰ εἶναι τὰ πλεονεκτήματα τῆς ἀποθηκείωσης τῶν στερεῶν ὑλικῶν σέ σιλό;
4. Πότε χρησιμοποιοῦνται μεταφορικῆς ταινίεσ με εὐθύγραμμα ράουλα καί πότε με ράουλα ὑπὸ κλίση;
5. Ποιῆσ διατάξεις χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴν ὀριζόντια μεταφορά, τὴν ὑπὸ κλίση καί τὴν κατακόρυφη ἀνύψωση τῶν στερεῶν ὑλικῶν;
6. Τί πλεονεκτήματα παρουσιάζει ἡ χρησιμοποίησὴ δονουμένων μεταφορέων καί συστημάτων ἀερομεταφορᾶς στερεῶν;
7. Σχεδιάστε τὸ κατασκευαστικὸ διάγραμμα καί ὑπολογίστε τὸ ἀπαιτούμενο ἐλάχιστο ἐλεύθερο μῆκος τοῦ γηπέδου ἐνὸς ἐργοστασίου γιὰ τὴν ἀποθήκευση 360 m<sup>3</sup> ὑγρῆς ἄμμου σέ ὑπαίθριο κωνικὸ σωρὸ καί τὴν ἐγκατάσταση μιᾶς μεταφορικῆς ταινίας ὑπὸ κλίση, πού θά τροφοδοτεῖ μέ ὑγρὴ ἄμμο ἀπὸ τὸν σωρὸ ἓνα σιλό ὕψους 10 μέτρων. Ὁ ὑπολογισμὸς μπορεῖ νά γίνει γεωμετρικά καί τριγωνομετρικά ἢ, ἀπλούστερα, γραφικά μέ ἓνα σχέδιο ὑπὸ κλίμακα. (**Ἀπάντησ:** 42 m περίπου πέρα ἀπὸ τὸ σιλό, ἀπὸ τὰ ὁποῖα τὰ 14 m γιὰ τὸ σωρὸ καί τὰ 28 m γιὰ τὴ μεταφορικὴ ταινία).
8. Ὑποθέστε ὅτι τὸ μῆκος τῶν ραούλων τῆς μεταφορικῆς ταινίας τῆς προηγούμενης ἀσκήσεως εἶναι 60 cm, τὸ πλάτος τῆς ταινίας 50 cm καί ἡ διατομὴ τοῦ στρώματος τοῦ μεταφερόμενου ὑλικοῦ ἐπάνω στήν ταινία ἔχει κατὰ μέσο ὄρο σταθερὸ πλάτος 40 cm καί ὕψος 6 cm. Ὑπολογίστε τὴν ταχύτητα πού πρέπει νά ἔχει ἡ μεταφορικὴ ταινία, ὥστε ὀλόκληρη ἡ ποσότητα τῆς ἄμμου τοῦ σωροῦ νά μεταφερθεῖ στό σιλό στό χρονικὸ διάστημα μιᾶς βάρδιας ἐργασίας (8 ὥρες). (**Ἀπάντησ:** 0,52 m/s).



Οἱ ὑποτιθέμενες μέσες διαστάσεις τοῦ στρώματος τοῦ ὑλικοῦ στὴ μεταφορικὴ ταινία τῆς ἀσκήσεως.

9. Μέ ποιούς τρόπους γίνεται ἡ προφύλαξη καί ἡ ἀντιμετώπιση τῶν πυρκαϊῶν στὰ ἐργοστάσια;
10. Γιὰ ποῖο λόγο ἐφαρμόζεται θερμικὴ μόνωση στὰ δοχεῖα ἀποθηκείωσης καί στὶς σωληνώσεις μεταφορᾶς θερμῶν ἢ ψυχρῶν ὑγρῶν καί ἀερίων;
11. Τί πλεονεκτήματα καί μειονεκτήματα παρουσιάζουν τὰ κυριότερα ὄργανα φραγῆς τῶν σωληνώσεων (κρουνοὺς, διακόπτες, βάννα μέ εὐρτη);
12. Ποιὰ εἶναι τὰ κύρια χαρακτηριστικὰ τῶν παλινδρομικῶν, τῶν περιστροφικῶν καί τῶν φυγοκέντρων ἀντλιῶν;
13. Τί πλεονεκτήματα παρουσιάζει ὁ ἐγχυτήρας, σέ σύγκριση μέ τίς ἀντλίες τῶν παραπάνω τύπων;
14. Τί εἶναι ἡ κρυογενὴς ἀποθήκευση τῶν ἀερίων καί ποιὰ πλεονεκτήματα παρουσιάζει;
15. Ποιῆσ εἶναι οἱ κυριότερες χρήσεις τοῦ πεπιεσμένου ἀέρα καί τοῦ ἀτμοῦ στὰ ἐργοστάσια;
16. Ποιὰ εἶναι τὰ κριτήρια γιὰ τὴν ἐπιλογή τοῦ κατάλληλου τύπου καί μεγέθους ἀντλιῶν, ἀεροσυμπιεστῶν ἢ σωληνώσεων;
17. Νά γράψετε τὰ κατασκευαστικὰ διαγράμματα μιᾶς βιομηχανικῆς ἐγκαταστάσεως στερεῶν ὑλικῶν καί μιᾶς ἄλλης, κατεργασίας ὑγρῶν ἢ ἀερίων ὑλικῶν, χρησιμοποιώντας καί ἐπινοώντας συμβολικῆς ἀπεικονίσεις, ὅπως ἐκεῖνες τῶν σχημάτων 5.5α καί 5.5β.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

#### 6.1 Γενικά.

Ἡ ἐλάττωση τοῦ μεγέθους τῶν τεμαχίων τῶν στερεῶν ὑλικῶν ἐπιδιώκεται γιὰ διάφορους λόγους. Ὅρισμένοι ἀπὸ αὐτοὺς εἶναι προφανεῖς. Ὄταν π.χ. τὰ στερεὰ ὑλικά μετατρέπονται σὲ μικρὰ τεμάχια μεταφέρονται εὐκολότερα, ἀποκτοῦν ὁμοιομορφία καὶ σχηματίζουν ὁμοιογενῆ μίγματα μὲ ἄλλα στερεά. Οἱ μεγάλες πέτρες τῶν λατομείων, ὅταν μετατραποῦν σὲ χαλίκια, μποροῦν νὰ φορτωθοῦν εὐκολὰ σὲ φορτηγὰ αὐτοκίνητα ἢ νὰ μεταφερθοῦν μὲ μεταφορικὲς ταινίες. Μποροῦν ἐπίσης νὰ χωρισθοῦν σὲ κατηγορίες γιὰ διαφορετικὲς χρήσεις ἀνάλογα μὲ τὸ μέγεθός τους. Τὰ μίγματά τους ἐξ ἄλλου μὲ ἄμμο καὶ τσιμέντο εἶναι ὁμοιογενῆ, ὥστε νὰ σχηματίζουν μπετόν μὲ σταθερὲς καὶ ἐνιαῖες ιδιότητες.

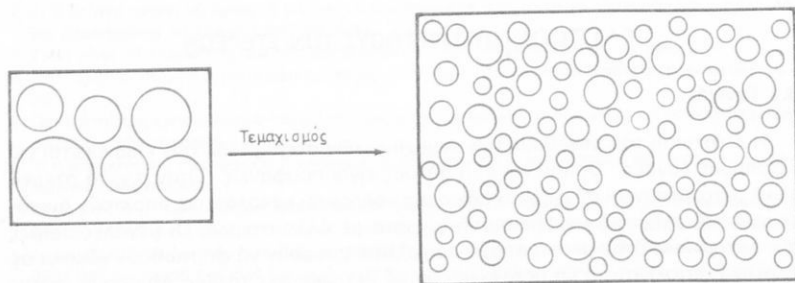
Μεγαλύτερης ὅμως σημασίας γιὰ τὴ χημικὴ βιομηχανία εἶναι μία ἔμμεση συνέπεια τῆς ἐλαττώσεως τοῦ μεγέθους τῶν στερεῶν. Πρόκειται γιὰ τὴν αὐξησὴ τῆς **εἰδικῆς ἐπιφάνειας** τοῦ στερεοῦ ὑλικοῦ, δηλαδὴ τῆς ἐπιφάνειας πού ἀποκτοῦν τὰ τεμάχια τοῦ ἀνά μονάδα μάζας ( $\text{m}^2/\text{kg}$ ) ἢ ἀνά μονάδα ὄγκου ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ) τοῦ ὑλικοῦ. Ὅπως φαίνεται καὶ στό σχῆμα 6.1, ὅσο μικρότερο εἶναι τὸ μέγεθος τῶν τεμαχίων μιᾶς ποσότητος στερεοῦ σώματος, τόσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ ἀνάπτυγμα τῆς ἐπιφάνειας πού παρουσιάζει. Αὐτὸ διευκολύνει πολὺ τὴν πραγματοποίηση τῶν διαφορῶν φυσικῶν μεταβολῶν καὶ χημικῶν ἀντιδράσεων τῶν στερεῶν σωμάτων, γιατί δίνει τὴν εὐκαιρία σὲ περισσότερα ἄτομα καὶ μόρια νὰ συμμετάσχουν σ' αὐτές. Π.χ. ἡ διάλυση τῶν ἀλάτων στό νερό, ἡ πήξη τοῦ τσιμέντου στά κονιάματα ἢ ἡ καύση τοῦ κάρβουνο στίς ἐστίες τῶν καμίνων, συντελοῦνται ταχύτερα καὶ πληρέστερα, ὅταν τὰ στερεὰ αὐτὰ ὑλικά βρίσκονται σὲ μορφή μικρῶν τεμαχίων ἢ λεπτῆς σκόνης, ἀφοῦ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ἐκδηλώνονται στὴν ἐπιφάνεια τῶν κόκκων τους. Ἡ ταχύτερη ὅμως καὶ πληρέστερη πραγματοποίηση τῶν φυσικῶν μεταβολῶν καὶ τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων, συντείνουν στὴν αὐξησὴ τῆς ἀποδόσεως τῶν βιομηχανικῶν ἐγκαταστάσεων (ἐπομένως στὴ μείωσιν τοῦ κόστους) καὶ στὴ βελτίωσιν τῆς ποιότητος τοῦ προϊόντος. Δηλαδὴ στὴν ἱκανοποίηση τῶν βασικῶν ἐπιδιώξεων τῆς χημικῆς βιομηχανίας. Τὸν ἴδιο σκοπὸ ἐξυπηρετεῖ καὶ ἡ αὐξησὴ τῆς εἰδικῆς ἐπιφάνειας τῶν ὑγρῶν, πού θὰ συναντήσομε σὲ ἐπόμενο κεφάλαιο.

Ξαναγυρίζοντας στό σχῆμα 6.1, θὰ πρέπει νὰ διευκρινήσομε ὅτι ἡ εἰκόνα μὲ τοὺς σφαιρικοὺς κόκκους, πού παρουσιάζει, εἶναι ἐντελῶς θεωρητικὴ. Στίς πραγματικὲς συνθήκες, τὰ προϊόντα τοῦ τεμαχισμοῦ τῶν ὑλικῶν ἀποκτοῦν ἀκανόνιστο γεωμετρικὸ σχῆμα, πού τοὺς προσδίνει πολὺ μεγαλύτερη εἰδικὴ ἐπιφάνεια. Γιὰ τὸν

ύπολογισμό τής πραγματικής αΐτης ειδικής επιφάνειας  $E$  τών κόκκων ενός στερεοΐ εφαρμόζεται ή σχέση:

$$E = \delta \cdot E_{\sigma\phi} \text{ m}^2/\text{kg}$$

όπου  $\delta$  εΐναι ένας συντελεστής πού εκφράζει τήν έλλειψη σφαιρικότητας στο σχήμα τών κόκκων του ΐλικου καΐ  $E_{\sigma\phi}$  ή θεωρητική ειδική επιφάνεια πού αντίστοιχει σε σφαιρικούς κόκκους διαμέτρου ΐσης με τό μέσο μέγεθος.



Σχ. 6.1.

Οι σφαιρικοί κόκκοι στο δεξιό μέρος του σχήματος προήλθαν από τόν τεμαχισμό τών μεγάλων κόκκων του άριστερου μέρους. Ή επιφάνειά τους όμως εΐναι τρεις φορές μεγαλύτερη.

Ή τιμή του  $\delta$  μπορεί να προσδιορισθεΐ έμπειρικά ή με συγκριτική παρατήρηση στο μικροσκόπιο. Στόν πίνακα 6.1.1 δίνονται ένδεικτικά οι τιμές του  $\delta$  για όρισμένα συνηθισμένα ΐλικά. Βλέπομε ότι τό γυαλί, με τό πολυγωνικό σχήμα τών κόκκων του, έχει σημαντικά μεγαλύτερη τιμή  $\delta$  από τήν άμμο, πού χαρακτηρίζεται με σχεδόν σφαιρικούς κόκκους. Άκόμη μεγαλύτερη τιμή έχουν οι διάφορες σκόνες, έπειδή τό σχήμα τών συστατικών τους εΐναι πολύ άκανόνιστο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.1.

Τιμές του συντελεστή  $\delta$  για διάφορα ΐλικά σε κόκκους

Τέλειες σφαΐρες	1,00
Άμμος	1,43
Γυαλί	1,90
Φελλός	1,98
Καρβουνόσκονη	2,12
Κοινή σκόνη	2,28

Έκτός από τό παραπάνω πλεονεκτήματα, δέν θά πρέπει να παραβλέπομε καΐ όρισμένα μειονεκτήματα, πού συνεπάγεται ή πολύ λεπτή κατανομή τών στερεών. Τό κυριότερο εΐναι ό κίνδυνος να σκορπίσει τό ΐλικό καΐ να παρασυρθεΐ στόν άέρα υπό τή μορφή σκόνης κατά τή μεταφορά, τήν αποθήκευση ή τή χρήση του. Πολλές φορές λοιπόν εΐναι σκόπιμη ή αντίστροφη έργασία, δηλαδή ή αύξηση του μεγέ-



θους τῶν τεμαχίων τοῦ στερεοῦ, μέ συσσωμάτωση καί συμπίεση τῶν μικρῶν τεμαχίων καί σχηματισμό κόκκων ἢ μεγαλύτερων τεμαχίων. Τέτοια συνηθισμένα παραδείγματα εἶναι ἡ μετατροπὴ τῶν λιπασμάτων ἀπὸ σκόνη σέ κόκκους καί τῶν φαρμάκων σέ δισκία (χάπια).

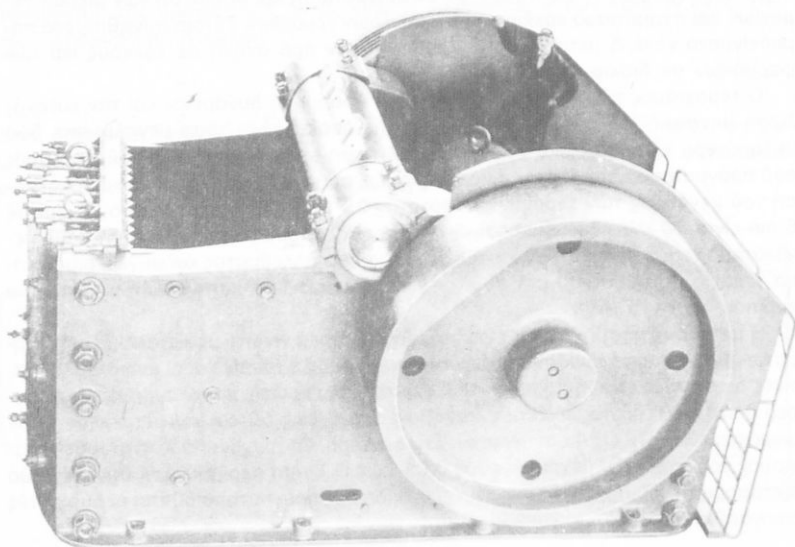
Ὁ τεμαχισμός τῶν στερεῶν ἀπαιτεῖ τὴν ἐφαρμογὴ δυνάμεων καί τὴν κατανάλωση μηχανικῆς ἐνέργειας, ἡ ποσότητα τῆς ὁποίας εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο σκληρότερο εἶναι τὸ ὑλικό καὶ ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἐλάττωση τοῦ μεγέθους πού πραγματοποιεῖται. Ἔστω π.χ. ὅτι ἡ ἰσχύς, πού καταναλώνεται γιὰ τὴν ἐλάττωση τοῦ μεγέθους τῶν τεμαχίων ποσότητας 25 t/h μεταλλεύματος ἀπὸ 30 cm σέ 6 cm εἶναι 20 kW. Ἔχει διαπιστωθεῖ ὅτι, ἂν θελήσομε νὰ πραγματοποιήσομε μεγαλύτερο τεμαχισμό τῆς ποσότητας αὐτῆς τοῦ μεταλλεύματος καί συγκεκριμένα ἀπὸ τεμάχια μεγέθους 30 cm σέ 3 cm, θά χρειασθεῖ νὰ καταναλώσομε διπλάσια περίπου ἰσχύ (45 kW).

Ἡ μετάδοση τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας στὰ στερεὰ γίνεται μέ κατάλληλα μηχανήματα, ὑπὸ τὴ μορφή **κρούσεων, συμπίεσης, κοπῆς ἢ τριβῆς** καί οἱ κυριότερες σχετικές διεργασίες εἶναι ἡ **θραύση** καί ἡ **ἄλεση**. Στὴν πρώτη, παραλαμβάνεται τὸ στερεὸ ὑλικό σέ τεμάχια μεγέθους συνήθως ἀπὸ 5 ἕως 50 cm καί μετατρέπεται σέ μικρότερα, ἀπὸ 1 ἕως 4 cm περίπου. Στὴ δευτέρη, ἐπιτυγχάνεται λεπτότερος τεμαχισμός τοῦ στερεοῦ, μέχρι μέγεθος 0,01 ἕως 0,1 mm περίπου. Στὴ συνέχεια, θά ἐξετάσομε τὶς βιομηχανικὲς συσκευές, στίς ὁποῖες πραγματοποιοῦνται οἱ δύο αὐτές διεργασίες.

## 6.2 Θραύση.

Ὅταν τὸ ὑλικό εἶναι σχετικά σκληρό καί τὸ μέγεθος τῶν τεμαχίων του ἀρκετὰ μεγάλο, π.χ. πάνω ἀπὸ 10 cm, ἡ θραύση του γίνεται συνήθως σέ θραυστήρες μέ σιαγόνες. Ἐνα θραυστήρα αὐτοῦ τοῦ τύπου βλέπομε στὸ σχῆμα 6.2α. Ἡ τροφοδοσία γίνεται ἀπὸ ἓνα ὀρθογώνιο ἄνοιγμα, οἱ διαστάσεις τοῦ ὁποίου καθορίζουν τὸ μέγιστο ὄριο γιὰ τὰ μεγέθη τῶν τεμαχίων πού μπορεῖ νὰ δεχθεῖ καί νὰ κατεργασθεῖ ὁ θραυστήρας. Κάτω ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα τῆς τροφοδοσίας κινεῖται παλινδρομικὰ ἢ μία σιαγόνα, συμπιέζοντας τὸ ὑλικό ἐπάνω στήν. ἄλλη, πού εἶναι σταθερὴ. Ἡ συμπίεση προκαλεῖ τὸ θρυμματισμό τῶν μεγάλων τεμαχίων καί τὰ προϊόντα κατέρχονται πρὸς τὸ ἄνοιγμα ἐξαγωγῆς στὸ κάτω μέρος τοῦ θραυστήρα. Κατὰ τὴν πορεία πρὸς τὰ κάτω, τὰ μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ προϊόντα τῆς θραύσεως συμπιέζονται καί πάλι ἀπὸ τὶς σιαγόνες καί θρυμματίζονται πρὸς μικρότερα τεμάχια. Τὸ μέγεθος τοῦ τελικοῦ προϊόντος καθορίζεται ἀπὸ τὶς διαστάσεις τοῦ ἀνοίγματος ἐξαγωγῆς τοῦ θραυστήρα, οἱ ὁποῖες μποροῦν νὰ ρυθμισθοῦν κατὰ βούληση.

Ὁ πίνακας 6.2.1 δείχνει τὴν ὠριαία παροχὴ σέ τόνους διαφόρων θραυστήρων μέ σιαγόνες, ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τῶν τεμαχίων τοῦ ὑλικοῦ, πού παραλαμβάνουν (καθορίζεται, ὅπως εἶδαμε, ἀπὸ τὶς διαστάσεις τοῦ ἀνοίγματος τροφοδοσίας) καί τοῦ τελικοῦ μεγέθους τῶν προϊόντων τῆς θραύσεως. Βλέπομε ὅτι ἡ λήψη προϊόντος σέ σχετικά μικρὰ τεμάχια εἶναι δυνατὴ, μόνο ὅταν ἡ τροφοδοσία τοῦ θραυστήρα ἀποτελεῖται ἀπὸ τεμάχια μικροῦ σχετικά μεγέθους. Π.χ. γιὰ τὴ λήψη προϊόντος μεγέθους 6 cm, τὸ ἄνοιγμα τῆς τροφοδοσίας πρέπει νὰ εἶναι 60 x 40 cm ἢ μικρότερο. Ἄν ἐπιδιώκεται ἡ παραγωγὴ προϊόντος μικροῦ μεγέθους ἀπὸ τὴ θραύση ὑλικοῦ μεγάλου σχετικά μεγέθους, π.χ. ἀπὸ 80 cm σέ 6 cm, τότε εἶτε



Σχ. 6.2α.

Ένας από τους μεγαλύτερους τύπους θραυστήρα με σιαγόνες με άνοιγμα τροφοδοσίας  $210 \times 150$  cm. Άριστερά είναι η σταθερή σιαγόνα (φαίνονται οι ραβδώσεις του άνω άκρου της), στο κέντρο ο άξονας ανάρτησης της κινητής σιαγόνας και δεξιά ο σφόνδυλος που της δίνει την παλινδρομική κίνηση.

εκλέγεται θραυστήρας άλλου τύπου (σχ. 6.2δ), είτε χρησιμοποιούνται δύο διαδοχικοί θραυστήρες με σιαγόνες. Στην περίπτωση αυτή, ο πρώτος θραυστήρας θα έχει άνοιγμα τροφοδοσίας  $120 \times 90$  cm, ώστε να δέχεται τα τεμάχια των 80 cm, και θα εκτελεί την **πρόθραυση** του υλικού σε τεμάχια μεγέθους 10 ή 15 cm. Ο δεύτερος θραυστήρας, με άνοιγμα τροφοδοσίας  $60 \times 40$  cm ή  $40 \times 25$  cm, θα δέχεται το προϊόν του προηγούμενου θραυστήρα και θα εκτελεί την τελική θραύση του υλικού μέχρι του μεγέθους των 6 cm.

Από τον πίνακα 6.2.1 βλέπουμε επίσης ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ελάττωση μεγέθους, που πραγματοποιεί ένας θραυστήρας, τόσο μικρότερη γίνεται η παροχή του. Π.χ. ο θραυστήρας με άνοιγμα τροφοδοσίας  $40 \times 25$  cm, όταν παράγει προϊόν μεγέθους 8 cm, έχει παροχή 22 t/h, ενώ, όταν το προϊόν είναι μεγέθους 4 cm, η παροχή του είναι μόνο 8 t/h. Αυτό εξηγείται εύκολα, διότι, όπως είπαμε προηγουμένως, η ελάττωση μεγέθους των στερεών απαιτεί την κατανάλωση μηχανικής ενέργειας, ή ποσότητα της οποίας είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι και η ελάττωση του μεγέθους των τεμαχίων του υλικού. Επομένως, η μηχανική ισχύς του θραυστήρα έπαρκει για μικρότερη παροχή υλικού, όταν η ελάττωση μεγέθους είναι σχετικά μεγάλη (δηλαδή από μέγιστο μέγεθος  $40 \times 25$  cm

Ο πίνακας 6.2.1 δείχνει την ωριαία παροχή σε τόννους ανά ώρα (t/h).

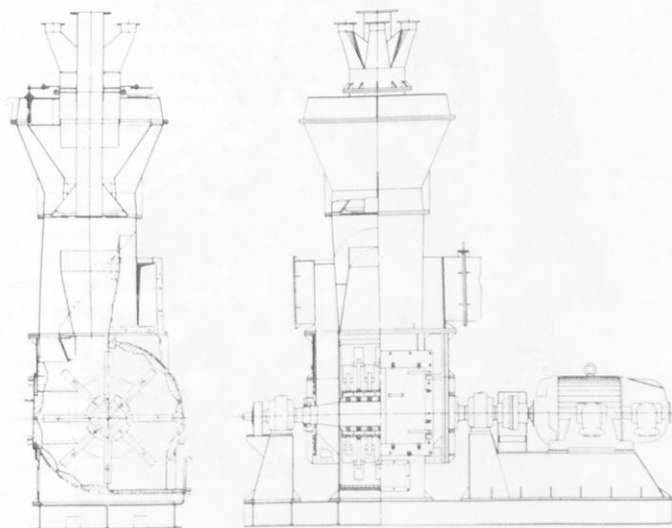
**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1.**

*Τροφοδοσία και παροχή θραυστήρων με σιαγόνες*

Ανοιγμα τροφοδοσίας	Μέσο μέγεθος παραγόμενου προϊόντος						
	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
40 × 25 cm	8 t/h	14 t/h 25 t/h	22 t/h	28 t/h	70 t/h	180 t/h	340 t/h
60 × 40 cm			36 t/h	48 t/h			
90 × 60 cm			50 t/h	67 t/h	110 t/h	225 t/h	
120 × 90 cm				100 t/h	155 t/h	265 t/h	
150 × 120 cm				120 t/h	210 t/h	350 t/h	460 t/h
180 × 150 cm						380 t/h	510 t/h
210 × 150 cm							

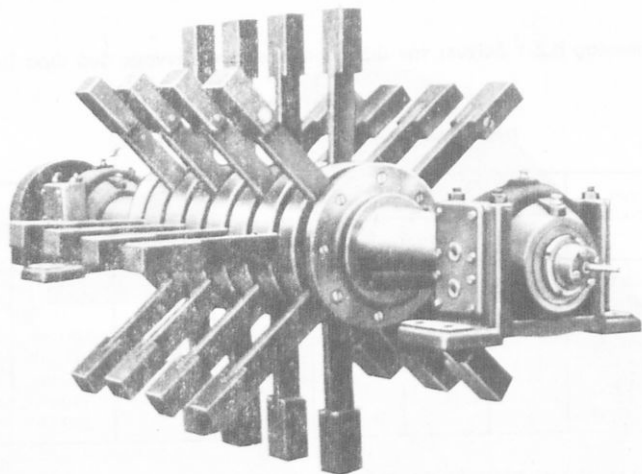
σε 4 cm) και για μεγαλύτερη παροχή, όταν η ελάττωση μεγέθους είναι σχετικά μικρή (από μέγιστο μέγεθος 40 × 25 cm σε 8 cm).

Για τη θραύση υλικών μέτριας ή σχετικά μικρής σκληρότητας, χρησιμοποιείται συνήθως ο **θραυστήρας με σφυριά** (σχ. 6.2β). Αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο άξονα, στον οποίο είναι προσαρμοσμένα με άρθρωσεις πολλά κινητά σφυριά



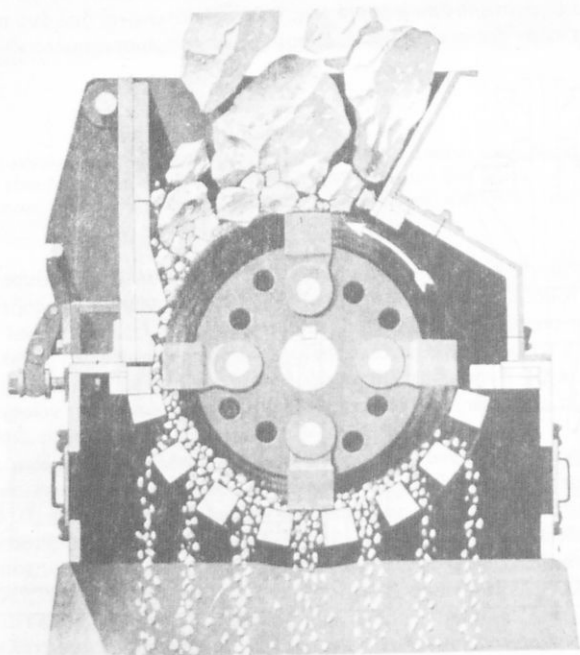
**Σχ. 6.2β.**

Όψεις και τομές ενός θραυστήρα με σφυριά και της διατάξεως τροφοδοσίας και παραλαβής του υλικού. Δεξιά είναι ο ηλεκτροκινητήρας για την περιστροφή του άξονα του θραυστήρα.



Σχ. 6.2γ.

Άξονας με 32 σφυριά, για τό θραυστήρα του σχήματος 6.2β.



Σχ. 6.2δ.

Θραυστήρας με σφυριά, για τή θραύση μεγάλων δγκων ασβεστόλιθου σέ τεμάχια μεγέθους 5 έως 10 cm περίπου.

(σχ. 6.2γ). Κατά τήν ταχεία περιστροφή του άξονα, τά σφυριά κτυποῦν μέ δύναμη τά μεγάλα τεμάχια του ὑλικού, τά θρυμματίζουν καί συνεχίζουν τόν τεμαχισμό τους μέ συνεχείς κρούσεις ἐπάνω στήν ἐσωτερική αὐλακωτή ἐπένδυση του θραυστήρα (σχ. 6.2β) ἢ ἐπάνω σέ μία ἐσχάρα, στό κάτω μέρος του (σχ. 6.2δ).

Στήν πρώτη περίπτωση, ὁ τεμαχισμός του ὑλικού φθάνει μέχρι μεγέθους σκόνης καί ἡ παραλαβή της γίνεται μέ σύστημα ἀερομεταφορᾶς. Ἔχομε δηλαδή θραύση καί ἄλεση του ὑλικού στό ἴδιο μηχανήμα καί ἐπομένως ὁ θραυστήρας μπορεῖ νά χαρακτηρισθεῖ ἐπίσης σάν μύλος. Στήν περίπτωση του σχήματος 6.2δ, τό μέγεθος τῶν τεμαχίων του προϊόντος τῆς θραύσεως καθορίζεται ἀπό τό πλάτος τῶν ἀνοιγμάτων μεταξύ τῶν ράβδων τῆς ἐσχάρας.

### 6.3 Ἄλεση.

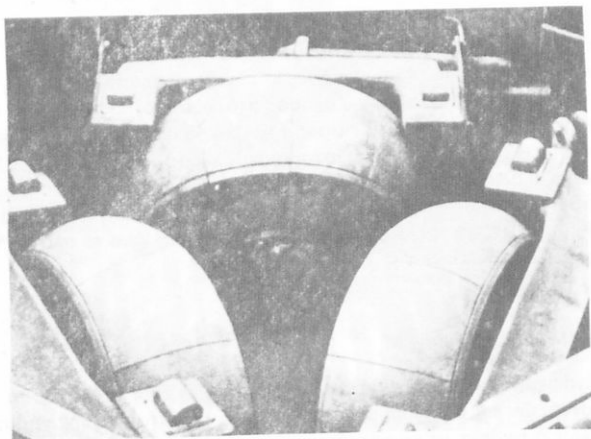
Ὅπως ἀναφέρθηκε προηγουμένως, **ἄλεση** ὀνομάζεται ἡ ἐλάττωση του μεγέθους τῶν στερεῶν σέ προχωρημένο στάδιο. Τά ἀντίστοιχα μηχανήματα εἶναι οἱ **μύλοι** ἄλεσεως ἢ **τριβεῖα**, μέ κυριότερους τύπους τούς μύλους μέ μυλόπετρες, τούς σφαιρόμυλους καί τούς κυλινδρόμυλους.

Ὁ ἀρχαιότερος ἴσως τύπος μηχανήματος γιά τήν ἄλεση στερεῶν ὑλικῶν, εἶναι ὁ **μύλος μέ ὀριζόντιες μυλόπετρες**. Παλαιότερα τόν χρησιμοποιοῦσαν στήν ἄλεση του σιταριοῦ καί τῶν ἄλλων δημητριακῶν καρπῶν, γιά τήν παραγωγή ἀλεύρου. Μικροί μύλοι του τύπου αὐτοῦ χρησιμοποιοῦνται ἀκόμη καί σήμερα, ὄχι ὁμως γιά τήν παραγωγή ἀλεύρου (ἔχουν ἀντικατασταθεῖ στόν τομέα αὐτό ἀπό τούς κυλινδρόμυλους), ἀλλά στή βιομηχανία χρωμάτων, φαρμάκων ἢ καλλυντικῶν. Ἀποτελοῦνται ἀπό δύο κυκλικές μυλόπετρες δηλαδή δύο βαριοῦς δίσκους μέ λεπτές αὐλακώσεις χαραγμένες στήν ἐπιφάνεια τους, ὁ κατώτερος ἀπό τούς ὁποίους εἶναι πλήρης ἐνῶ ὁ ἄνωτερος εἶναι διάτρητος στό κέντρο.

Οἱ μυλόπετρες κατασκευάζονται ἀπό γρανίτη, ἀμμόλιθο ἢ ἄλλα σκληρά πετρώματα. Ἡ πλήρης μυλόπετρα μένει ἀκίνητη. Ἐπάνω της περιστρέφεται ἡ διάτρητη μυλόπετρα, στό κέντρο τῆς ὁποίας γίνεται ἡ τροφοδοσία τῶν τεμαχίων του ὑλικού πού πρόκειται νά ἀλεστεῖ. Αὐτό παρᾶσύρεται στίς αὐλακώσεις τῶν δύο ἐπιφανειῶν, συνθλίβεται ἀνάμεσα στίς μυλόπετρες καί ἐξέρχεται ἄλεσμένο ἀπό τήν περιφέρειά τους. Τόν τρόπο λειτουργίας του μύλου μέ ὀριζόντιες μυλόπετρες μπορούμε νά καταλάβομε, καλύτερα, ἀπό τό σύμβολο του στό σχῆμα 6.4. Αὐτό, δηλαδή ἡ παρατήρηση τῶν συμβόλων γιά τή διευκόλυνση τῆς κατανοήσεως τῆς λειτουργίας, ἰσχύει βέβαια γιά ὅλες τίς βιομηχανικές συσκευές.

Πολύ μεγαλύτερη ἐφαρμογή ἔχουν οἱ **μύλοι μέ κατακόρυφες μυλόπετρες**. Ἀποτελοῦνται ἀπό 2 ἢ 3 βαριοῦς μεταλλικούς τροχούς σέ σχῆμα μυλόπετρας, πού συγκροτοῦνται ὀρθοί σέ μία περιστρεφόμενη λεκάνη. Ἡ κίνηση αὐτή παρᾶσύρει τούς μεταλλικούς τροχούς σέ ἐπί τόπου περιστροφή, μέ ἀποτέλεσμα τή συνθλίψη του ὑλικού, πού τροφοδοτεῖται στή λεκάνη. Τό ἄλεσμένο προϊόν εἴτε παρᾶσύρεται ἔξω ἀπό τό μύλο μέ σύστημα ἀερομεταφορᾶς, εἴτε περνᾶ ἀπό τό διάτρητο πυθμένα τῆς λεκάνης.

Ὅπως φαίνεται στή φωτογραφία του σχήματος 6.3α, οἱ ἐπιφάνειες κυλίσσεως τῶν τροχῶν ἀποτελοῦνται ἀπό χωριστά τμήματα πού μποροῦν νά ἀποσυναρμολογηθοῦν, ὥστε νά γίνεται εὐκόλα ἀντικατάστασή τους, ὅταν φθείρονται ἀπό τή χρῆ-



Σχ. 6.3α.

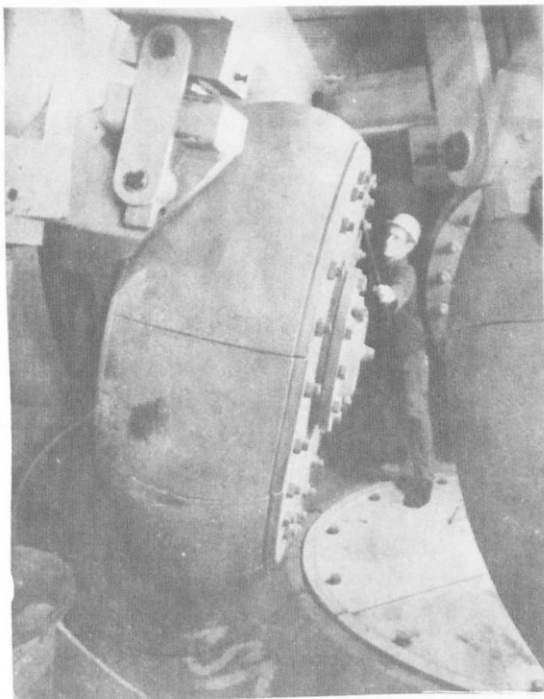
Τό έσωτερικό ενός μεγάλου μύλου με τρεις κατακόρυφες μυλόπετρες.



Σχ. 6.3β.

Έπιθεώρηση τής φθοράς σέ ένα μύλο με μυλόπετρες.

ση. Στο σχήμα 6.3β βλέπουμε ένα τεχνίτη, που έπιθεωρεί τις φθορές στο έσωτε-  
 ρικό ένός μύλου και στο σχήμα 6.3γ τό σφίξιμο τών περικοχλίων, γιά τή προσαρμογή  
 τής μεταλλικής επένδύσεως τών τροχών.

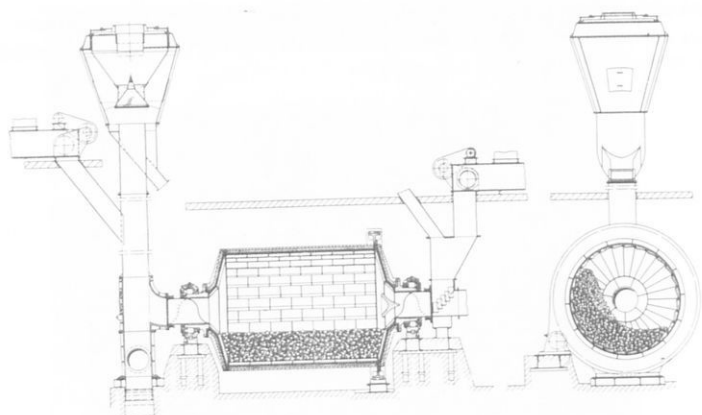


Σχ. 6.3γ.

Συναρμολόγηση τών κατακορύφων τροχών σέ ένα μύλο μέ μυλόπετρες.

Ή περισσότερο συνηθισμένη από τίς βιομηχανικές συσκευές άλέσεως είναι ό  
**σφαιρόμυλος**, δηλαδή ένας περιστρεφόμενος όριζόντιος κυλινδρικός θάλαμος, που  
 είναι κατά τό  $\frac{1}{3}$  περίπου γεμάτος μέ χαλύβδινες σφαιρές (σχ. 6.3δ και 6.3ε). Στήν  
 περίπτωση του σφαιρόμυλου του σχήματος 6.3δ ή τροφοδοσία του ύλικού γίνεται  
 στο δεξιό μέρος του θάλαμου. Κατά τήν περιστροφή, προκαλείται στο έσωτε-  
 ρικό του θάλαμου μία συνεχής κύλιση τών χαλυβδίνων σφαιρών, οι όποιες άναμιγνύον-  
 ται μέ τό ύλικό, κτυπούν και τρίβουν τά τεμάχιά του και τό μετατρέπουν σέ σκόνη.  
 Ή άπομάκρυνση του άλεσμένου προϊόντος από τό σφαιρόμυλο γίνεται είτε μέσω  
 του πλέγματος μις έσχάρας, είτε, όπως εϊκονίζεται στο άριστερό μέρος του σχή-  
 ματος 6.3δ, μέ σύστημα άερομεταφοράς.

Όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις του κυλινδρικού θάλαμου, τόσο μεγαλύ-  
 τερο φορτίο σφαιρών μπορεί νά περιλάβει και τόσο μεγαλύτερη είναι ή παροχή



Σχ. 6.36.

Όψεις και τομές ενός σφαιρόμυλου και των διατάξεων τροφοδοσίας και παραλαβής του υλικού.

του. Έκτός από τους παραπάνω δύο παράγοντες, η παροχή του σφαιρόμυλου εξαρτάται επίσης, όπως είδαμε και στην περίπτωση του θραυστήρα με σιαγόνες, από το βαθμό ελαττώσεως του μεγέθους των τεμαχίων του υλικού, με το οποίο τροφοδοτείται. Στον πίνακα 6.3.1 βλέπουμε το φορτίο σφαιρών και την ωριαία παροχή για σφαιρόμυλους με διάφορες τιμές διαμέτρου και μήκους του κυλινδρικού θάλαμου, ανάλογα με την πραγματοποιούμενη μέση ελάττωση του μεγέθους του υλικού τροφοδοσίας. Οι αριθμοί είναι κατά προσέγγιση και ισχύουν για υλικά μέτριας σκληρότητας.

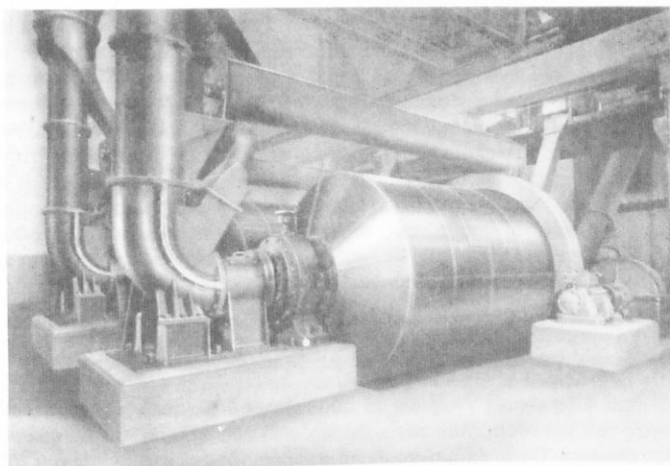
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1.

*Φορτία σφαιρών και παροχές σφαιρομύλων διάφορων διαστάσεων*

Διάμετρος x μήκος - του σφαιρόμυλου	Φορτίο σφαιρών	Παροχή για μέση ελάττωση μεγέθους		
		από 12 σε 0,3 mm	από 12 σε 0,2 mm	από 6 σε 0,15 mm
0,9 x 0,6 m	0,5 t	12 t/h	9 t/h	5 t/h
0,9 x 1,2 m	0,9 t	24 t/h	18 t/h	10 t/h
1,2 x 1,2 m	1,5 t	42 t/h	30 t/h	20 t/h
1,5 x 1,2 m	2,3 t	80 t/h	55 t/h	30 t/h
1,5 x 1,8 m	3,4 t	120 t/h	85 t/h	50 t/h
1,8 x 1,5 m	4,5 t	210 t/h	150 t/h	90 t/h
1,8 x 1,8 m	5,4 t	250 t/h	175 t/h	100 t/h
2,4 x 1,8 m	12,6 t	620 t/h	450 t/h	260 t/h

Τά στοιχεία των πινάκων της λειτουργίας των βιομηχανικών συσκευών και μηχανημάτων, όπως είναι και οι 6.2.1 και 6.3.1, είναι συνήθως εμπειρικά και προέρ-





Σχ. 6.3ε.

Φωτογραφία του σφαιρόμυλου του σχήματος 6.3δ.

χονται από βιομηχανικές εφαρμογές. Έπομένως, οι πίνακες αυτοί είναι πολύ χρήσιμοι στην επιλογή του κατάλληλου τύπου και μεγέθους συσκευών και μηχανημάτων για την εκτέλεση κάθε συγκεκριμένης βιομηχανικής διεργασίας. Παραδείγματα για τη χρησιμοποίηση των πινάκων 6.2.1 και 6.3.1 περιέχονται στις ασκήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

Τά έσωτερικά τοιχώματα των σφαιρομύλων φέρουν επένδυση από χαλύβδινες πλάκες. Αυτές όπως και οι χαλύβδινες σφαίρες του φορτίου τους, ύφιστανται σημαντική φθορά, λόγω των κρούσεων και των άλλων καταπονήσεων, κατά τη διάρκεια της αλέσεως των υλικών. Συνήθως χρησιμοποιείται χάλυβας με μικρή πρόσμιξη χρωμίου (1,0 έως 1,5% Cr) και η φθορά του υπολογίζεται στις μέν πλάκες της επενδύσεως σέ 50 έως 250 g, στίς δέ σφαίρες του φορτίου σέ 500 έως 1500 g ανά τόνο προϊόντος αλέσεως. Η αντίκατάσταση της επενδύσεως του σφαιρόμυλου και κυρίως η απαιτούμενη συχνή προσθήκη νέων σφαιρών στο φορτίο του, για την αντιμετώπιση της φθοράς, άποτελεί μία αξιόλογη συνεχή δαπάνη στίς βιομηχανίες πού χρησιμοποιούν σφαιρόμυλους. Γι' αυτό, σέ όρισμένες περιπτώσεις, άποδείχθηκε οικονομικά πλεονεκτικότερη ή κατασκευή των σφαιρών, ή άκόμη και της επενδύσεως, από χυτοσίδηρο με ύψηλή περιεκτικότητα στίς χρώμιο (11 έως 17% Cr). Τό κόστος των σφαιρών του κράματος αυτού είναι περίπου 50 δραχμές ανά kg (ένω του χάλυβα με 1,0 έως 1,5% Cr είναι περίπου 25 δραχμές ανά kg), άλλά ή διάρκεια ζωής τους είναι πολύ μεγαλύτερη, ώστε νά δικαιολογείται ή προτίμηση πρός τό άκριβότερο και άνθεκτικότερο υλικό κατασκευής.

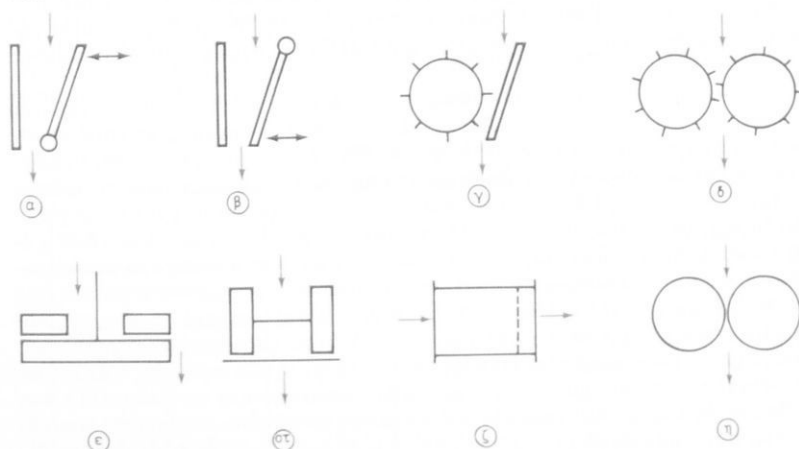
Σέ όρισμένες ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. κατά την παρασκευή των χρωμάτων ή της πορσελάνης, τό προϊόν της αλέσεως δέν επιτρέπεται νά άποκτήσει προσμίξεις σιδήρου ή άλλων μετάλλων, πού θά μπορούσαν νά άλλοιώσουν την ά-

πόχρωσή του, να μειώσουν την άντοχή του κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές, ή επένδυση και οι σφαίρες του σφαιρόμυλου κατασκευάζονται από μη μεταλλικά άθροιστικά υλικά, όπως ο γρανίτης, ή πορσελάνη ή οι φυσικές κροκάλες της θάλασσας.

Η άλεση των σχετικά μαλακών υλικών, όπως είναι οι δημητριακοί καρποί, οι χρωστικές ύλες και διάφοροι πολτοί, γίνεται συνήθως σε **κυλινδρόμυλους**. Αποτελούνται από δύο παράλληλους, οριζόντιους κυλίνδρους με αυλακώσεις στην επιφάνειά τους, που περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες. Όπως δείχνει και το αντίστοιχο σύμβολο στο σχήμα 6.4, το υλικό ρίχνεται στο χώρο μεταξύ των δύο κυλίνδρων, συμπιέζεται από αυτούς και κόβεται από τις αυλακώσεις, καθώς κινούνται με διαφορετική ταχύτητα. Η λεπτότητα του προϊόντος της άλεσεως καθορίζεται από την απόσταση μεταξύ των δύο κυλίνδρων, ή οποία ρυθμίζεται κατά βούληση.

#### 6.4 Συμβολισμοί για την ελάττωση του μεγέθους των στερεών.

Στο σχήμα 4.2α είχαμε γνωρίσει τα σύμβολα δύο βιομηχανικών συσκευών ελάττωσης του μεγέθους των στερεών, δηλαδή του θραυστήρα με σφυριά και του σφαιρόμυλου. Όκτώ ακόμη σύμβολα παρουσιάζονται στο σχήμα 6.4. Τα δύο πρώτα δείχνουν τις κυριότερες παραλλαγές του θραυστήρα με σιαγόνες. Τα επόμενα δύο είναι για θραυστήρες με όδοντωτούς κυλίνδρους, ή λειτουργία των οποίων είναι ανάλογη με του γνωστού μας ήδη κυλινδρόμυλου. Τα υπόλοιπα τέσσερα σύμβολα αντιστοιχούν στους διάφορους τύπους των μύλων άλεσεως, που περιγράψαμε.



Σχ. 6.4.

Συμβολικές απεικονίσεις θραυστήρων και μύλων.

- α) Θραυστήρας με ταλάντωση στο άνω άκρο της κινητής σιαγόνας. β) Θραυστήρας με ταλάντωση στο κάτω άκρο της κινητής σιαγόνας. γ) Θραυστήρας με μονό όδοντωτό κύλινδρο. δ) Θραυστήρας με δύο όδοντωτούς κυλίνδρους. ε) Μύλος με οριζόντιες μολόπετρες. στ) Μύλος με κατακόρυφες μολόπετρες. ζ). Σφαιρόμυλος με έσχαρά στην πλευρά εξαγωγής του προϊόντος. η) Κυλινδρόμυλος.

## Ερωτήσεις και Ασκήσεις.

1. Τι ονομάζεται **ειδική έπιφάνεια** των στερεών σωμάτων και σε τί μονάδες εκφράζεται;
2. Γιατί επιδιώκεται συνήθως η αύξηση της ειδικής επιφάνειας των στερεών σωμάτων, που καταργάζεται ή χημική βιομηχανία;
3. Υπολογίσθηκε ότι η ειδική επιφάνεια μιάς ποσότητας άμμου, αν οι κόκκοι της θεωρηθούν σφαιρικού σχήματος, αντιστοιχεί σε  $40 \text{ m}^2/\text{kg}$ . Ποιά είναι η πραγματική ειδική επιφάνεια του υλικού, σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 6.1.1; (**Απάντηση:**  $57,2 \text{ m}^2/\text{kg}$ ).
4. Τι μειονεκτήματα μπορεί να παρουσιάσει η πολύ λεπτή κατανομή των στερεών σωμάτων και πώς αντιμετωπίζονται;
5. Με ποιές μορφές μεταδίδεται η μηχανική ενέργεια στα τεμάχια των στερεών κατά τις διεργασίες ελαττώσεως του μεγέθους τους;
6. Διαλέξτε από τον πίνακα 6.2.1 το μικρότερο τύπο θραυστήρα με σιαγόνες, για τη θραύση του προϊόντος ενός λατομείου, από τεμάχια μεγέθους  $50 \text{ cm}$  περίπου σε τεμάχια μεγέθους  $10 \text{ cm}$  περίπου. Ποιά είναι η παροχή του θραυστήρα αυτού; (**Απάντηση:** θραυστήρας άνοιγματος τροφοδοσίας  $90 \times 60 \text{ cm}$ , παροχή  $67 \text{ t/h}$ ).
7. Γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις ελαττώσεως μεγέθους απαιτείται να προηγηθεί η πρόθραυση και να ακολουθεί η θραύση του υλικού;
8. Γιατί η παροχή ενός θραυστήρα ή ενός μύλου είναι αντιστρόφως ανάλογη από το βαθμό ελαττώσεως του μεγέθους του προϊόντος τους;
9. Διαλέξτε από τον πίνακα 6.2.1 τους απαιτούμενους θραυστήρες, του μικρότερου δυνατού τύπου, για τη θραύση  $200 \text{ t/h}$  στερεού υλικού μεγέθους τεμαχίων  $100 \text{ cm}$  σε προϊόν μέσου μεγέθους  $8 \text{ cm}$ . (**Απάντηση:** Πρόθραυση με θραυστήρα  $150 \times 120 \text{ cm}$  σε μεγέθη  $15$  ή  $20 \text{ cm}$  και θραύση με  $5$  θραυστήρες  $40 \times 25 \text{ cm}$ ).
10. Να περιγράψετε τη λειτουργία των μύλων με οριζόντιες και κατακόρυφες μυλόπετρες.
11. Με ποιούς τρόπους μπορεί να γίνει η απομάκρυνση του αλεσμένου προϊόντος από τους σφαιρόμυλους;
12. Διαλέξτε από τον πίνακα 6.3.1 το μικρότερο σφαιρόμυλο, που μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα εργοστάσιο, για να αντιμετωπίζονται κατά καιρούς οι παρακάτω διάφορες αλέσεις:
  - α) η άλεση  $100 \text{ t/h}$  προϊόντος, από μέγεθος  $12 \text{ mm}$  σε μέγεθος  $0,3 \text{ mm}$ .
  - β) η άλεση  $40 \text{ t/h}$  προϊόντος, από μέγεθος  $12 \text{ mm}$  σε μέγεθος  $0,2 \text{ mm}$ .
  - γ) η άλεση  $60 \text{ t/h}$  προϊόντος, από μέγεθος  $6 \text{ mm}$  σε μέγεθος  $0,15 \text{ mm}$ .
 (**Απάντηση:** Διάμετρος  $1,8 \text{ m}$  x μήκος  $1,5 \text{ m}$ ).
13. Πόση ποσότητα προσμίξεως σιδήρου και χρωμίου θα μεταφερθεί στο προϊόν θωρης αλέσεως της προηγούμενης άσκησης (περίπτωση α), λόγω φθοράς των σφαιρών και της επενδύσεως του μύλου, αν είναι κατασκευασμένες από χάλυβα με  $1,0\% \text{ Cr}$ ; (**Απάντηση:** Περίπου  $436$  έως  $1386 \text{ kg Fe}$  και  $4,4$  έως  $14 \text{ kg Cr}$ ).
14. Κάθε πότε θα πρέπει να γίνεται αναπλήρωση του φορτίου των χαλυβδίων σφαιρών, στην περίπτωση της παραπάνω άσκησης; (**Απάντηση:** Κάθε  $30$  έως  $90$  ώρες αλέσεως περίπου).
15. Γιατί σε ορισμένες περιπτώσεις θραύσεως και αλέσεως δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση μεταλλικών υλικών στην κατασκευή των επιφανειών των θραυστήρων και μύλων, που έρχονται σε επαφή με τα προϊόντα;
16. Σχεδιάστε το κατασκευαστικό διάγραμμα της εγκαταστάσεως προετοιμασίας των στερεών πρώτων υλών Α και Β ενός εργοστασίου, η οποία περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες ελαττώσεως μεγέθους. Πρόθραυση του υλικού Α σε θραυστήρα με σιαγόνες (ταλάντωση της κινητής σιαγόνας στο κάτω άκρο), θραύση στη συνέχεια σε δεύτερο θραυστήρα με σιαγόνες (ταλάντωση της κινητής σιαγόνας στο άνω άκρο) και άλεση του προϊόντος σε μύλο με κατακόρυφες μυλόπετρες. Θραύση του υλικού Β σε θραυστήρα με δύο οδοντωτούς κυλίνδρους και άλεση του προϊόντος σε σφαιρόμυλο με έσχαρη στην πλευρά έξαγωγής. Ανάμιξη των δύο αλεσμένων προϊόντων και ύποβολή του μίγματος σε τελική λεπτότερη άλεση σε ένα δεύτερο σφαιρόμυλο χωρίς έσχαρη έξαγωγής, αλλά με απομάκρυνση του αλεσμένου μίγματος με σύστημα αερομεταφοράς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

#### 7.1 Γενικά.

Στό προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε ότι η ελάττωση του μεγέθους των στερεών επιδιώκεται κυρίως για την απόκτηση μεγαλύτερης ειδικής επιφάνειας, ώστε οι φυσικές και χημικές δράσεις των σωμάτων να πραγματοποιούνται με τον κατά τό δυνατό ταχύτερο και πληρέστερο τρόπο. Η αύξηση όμως της ειδικής επιφάνειας των σωμάτων δεν είναι παρά τό πρώτο μόνο βήμα για την πραγματοποίηση του παραπάνω σκοπού. Πρέπει να συνοδεύεται από τή **διασπορά** των τεμαχίων ή των κόκκων του στερεού, τά όποια πρέπει να απομακρυνθούν μεταξύ τους, να αναμιχθούν με άλλα σώματα και να συναντήσουν τά μόρια ή τά άτομα των σωμάτων αυτών, ώστε να εκδηλωθούν οι διάφορες αλληλεπιδράσεις που προκαλούν τίσ φυσικές και χημικές μεταβολές (άνταλλαγή θερμικής ενέργειας, διάλυση, χημική αντίδραση κλπ.)

Ανάλογα με τή φυσική κατάσταση και τίσ ιδιότητες των διαφόρων σωμάτων, ή πλήρης ανάμιξη τους μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολότερα ή δυσκολότερα και να οδηγήσει είτε στό σχηματισμό **διαλυμάτων**, δηλαδή **όμογενών μιγμάτων**, όπου τά συστατικά κατανέμονται όμοιόμορφα σέ όλη τή μάζα, είτε στό σχηματισμό **ετερογενών μιγμάτων**, που αποτελούνται από διακεκριμένα όμογενή μέρη. Τά παραπάνω ίσχύουν ανεξάρτητα αν ή ανάμιξη των σωμάτων συνοδεύεται από χημικές αντιδράσεις. Στήν περίπτωση αυτή, στό σχηματισμό των μιγμάτων θά μετέχουν και τά προϊόντα των αντιδράσεων.

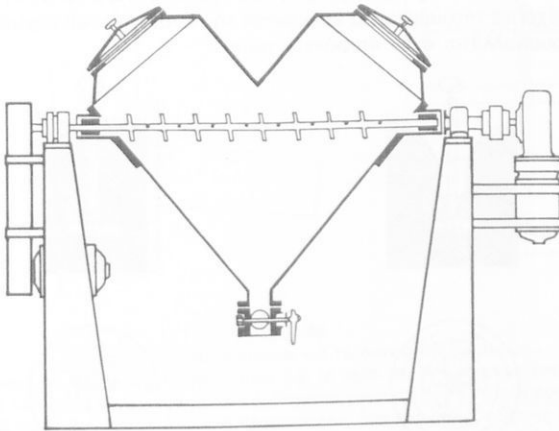
Η ανάμιξη των αερίων δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα, γιατί ή διάχυση των μορίων τους γίνεται αθόρμητα και σχηματίζουν πάντοτε όμογενή μίγματα. Αν χρειάζεται να επιταχυνθεί τό φαινόμενο, άρκεί να χρησιμοποιηθεί ένας φυσητήρας για τή δημιουργία ρευμάτων μεταξύ των αερίων.

Στά ύγρά, που τά μόριά τους είναι πολύ δυσκίνητα σέ σύγκριση με τά μόρια των αερίων, απαιτείται για τήν αποτελεσματική τους ανάμιξη ή κατανάλωση μηχανικής ενέργειας ή ίσως και θερμικής διεγέρσεως. Ακόμη δυσκολότερη είναι ή ανάμιξη των στερεών, γιατί δεν μπορούν να δημιουργηθούν ρεύματα ροής στή στερεή μάζα, χωρίς τή συμμετοχή αερίων ή ύγρων σωμάτων.

Στίς επόμενες παραγράφους θά εξετάσουμε τίσ κυριότερες βιομηχανικές διεργασίες αναμίξεως, ανάλογα με τή φυσική κατάσταση των σωμάτων που συμμετέχουν σ' αυτές.

## 7.2 'Ανάμιξη στερεών.

Οι συσκευές ανάμιξης των στερεών παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τις συσκευές μεταφοράς και έλαττώσεως μεγέθους, που γνωρίσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια. Οι συνθετέστεροι τύποι είναι περιστρεφόμενα δοχεία, ανάλογα με το σφαιρόμυλο του σχήματος 6.3δ, χωρίς όμως το φορτίο των σφαιρών. Στην κατηγορία αυτή ανήκει και η μετενιέρα για την ανάμιξη τσιμέντου, άμμου και σκυρών (χαλίκια) με προσθήκη μικρής ποσότητας νερού. Διαφορετική μορφή παρουσιάζει ο **ανάμικτήρας σκόνης** του σχήματος 7.2, αλλά στηρίζεται στην ίδια αρχή λειτουργίας. Αποτελείται από δύο κυλίνδρους ένωμένους σε σχήμα V, που περιστρέφονται περί έναν οριζόντιο άξονα. Η πλήρωση γίνεται από τα μεγάλα ανοίγματα στις βάσεις των κυλίνδρων, περιστρέφεται ο ανάμικτήρας επί 10 λεπτά περίπου και τότε έτοιμο μίγμα λαμβάνεται από το στόμιο στο κάτω μέρος, με το χειρισμό μιας βαλβίδας. Η τοποθέτηση περυγίων ή ξέστρων στον περιστρεφόμενο άξονα βοηθάει στην πληρέστερη ανάμιξη των υλικών.



Σχ. 7.2.

Περιστροφικός ανάμικτήρας σκόνης σχήματος V.

Η **σκάφη με κοχλίες** είναι ένας άλλος τύπος ανάμικτήρα, κατασκευής και λειτουργίας όμοιας με του δίδυμου μεταφορικού κοχλίου (σχ. 5.2θ). Η μόνη διαφορά είναι ότι στον ανάμικτήρα τα δύο άκρα της σκάφης είναι κλειστά, ώστε το υλικό να παραμένει μέσα στο χώρο της και να ανάμοχλεύεται από τους κοχλίες μέχρι να αποκτήσει ομοιομορφή σύσταση.

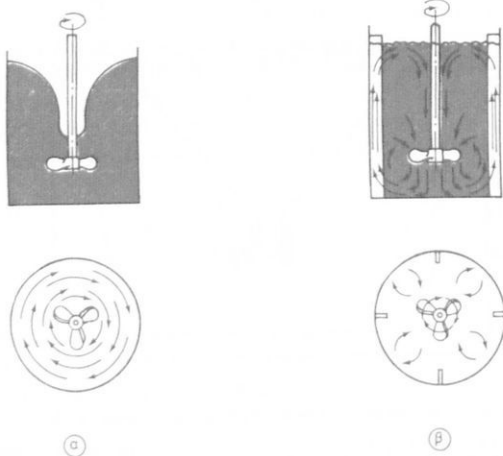
## 7.3 'Ανάμιξη υγρών.

Η ανάμιξη δύο ή περισσοτέρων υγρών μπορεί να οδηγήσει είτε στο σχηματισμό **διαλύματος** είτε στο σχηματισμό **γαλακτώματος**, δηλαδή έτερογενούς μίγματος όπου ένα υγρό είναι διασπαρμένο στη μάζα άλλου υγρού, σε μορφή μικρών

σταγονίδια, μεγέθους συνήθως 1 έως 2  $\mu\text{m}$ . Π.χ. τό γάλα εἶναι ἓνα γαλάκτωμα μέ σταγονίδια λίπους διασπαρμένα στό νερό.

Ἡ ἐκτέλεση καί τῶν δύο αὐτῶν διεργασιῶν, τῆς διαλύσεως καί τῆς γαλακτωματοποιήσεως τῶν ὑγρῶν, γίνεται συνήθως σέ **δοχεῖο ἀναδεύσεως**. Ἀποτελεῖται ἀπό ἓνα ἀνοικτό ἢ κλειστό κυλινδρικό δοχεῖο, πού φέρεי ἓνα **ἀναδευτήρα** γιά τήν ἀνακίνηση τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ καί τή δημιουργία ρευμάτων ροῆς στή μάζα του. Ἄν συγχρόνως μέ τήν ἀνάμιξη ἀπαιτεῖται θέρμανση ἢ ψύξη τοῦ ὑγροῦ, τό δοχεῖο συμπληρώνεται μέ ἓνα ἐξωτερικό **μανδύα** ἢ μία ἐσωτερική σωλήνωση (**σερπαντῖνα**) γιά τήν κυκλοφορία τοῦ θερμαντικοῦ ἢ τοῦ ψυκτικοῦ μέσου (νερό, ἀτμός, δάλυμα ἄλλης κλπ.).

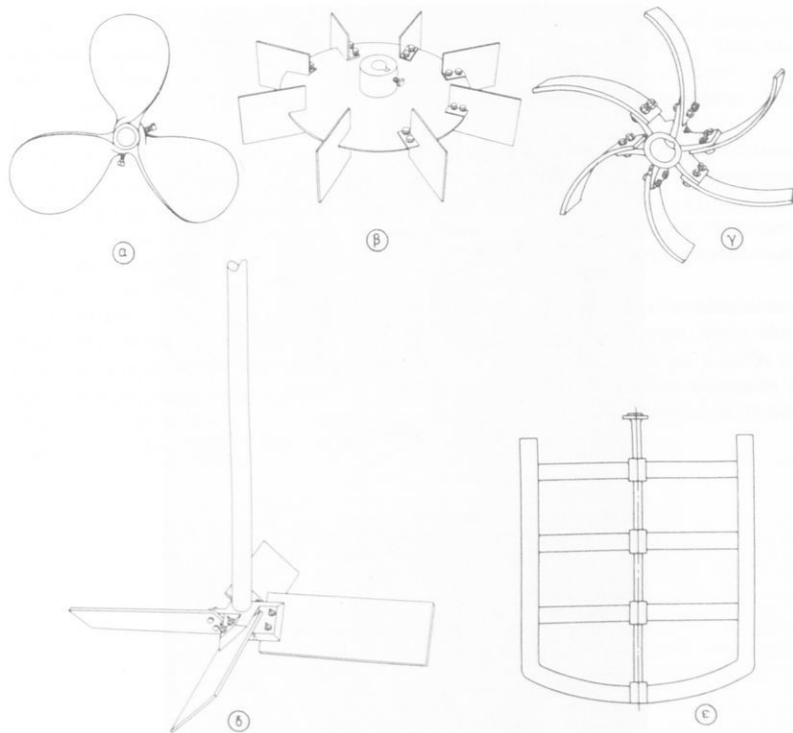
Μέ τήν τοποθέτηση **ἀνακλαστήρων**, δηλαδή ἐμποδίων στήν κίνηση τοῦ ὑγροῦ μέσα στό δοχεῖο (σχ. 7.3α) καί τή χρησιμοποίηση ἀναδευτήρων διαφόρων τύπων (σχ. 7.3β), ἀνάλογα μέ τίς ἰδιότητες τοῦ ὑγροῦ, ἐπιδιώκεται ἡ δημιουργία ἀκανονίστων ρευμάτων πού ἐμπλέκονται καί παρασύρουν ὁλόκληρη τή μάζα τοῦ ὑγροῦ στή διαδικασία τῆς ἀναμίξεως. Ἡ διάμετρος τοῦ ἀναδευτήρα τύπου ἑλικας ἢ τουρμπίνας εἶναι συνήθως τό  $\frac{1}{3}$  τῆς διαμέτρου τοῦ δοχείου, ἐνῶ ὁ τύπος ἀγκυρας φθάνει σχεδόν μέχρι τά τοιχώματα γιά νά ἀποσπᾷ τήν ποσότητα τοῦ παχύρρευστου ὑγροῦ πού προσκολλᾶται στήν ἐπιφάνειά τους.



Σχ. 7.3α.

Ἡ περιστροφή τοῦ ἀναδευτήρα δημιουργεῖ κυκλικά ρεύματα καί φυγόκεντρεις δυνάμεις, πού προκαλοῦν, στό κέντρο τοῦ δοχείου, τό σχηματισμό χοάνης ἀπό τή δίνη τοῦ ὑγροῦ καί ἐμποδίζουν τήν καλή ἀνάμιξη (α). Ἡ τοποθέτηση τεσσάρων ἀνακλαστήρων στά τοιχώματα τοῦ δοχείου διαμορφώνει ἀκτινικά ρεύματα, ἀπό τό κέντρο πρὸς τήν περιφέρεια καί ἀντίστροφα, πού ἐξασφαλίζουν τήν πλήρη ἀνάμιξη τῶν ὑγρῶν (β).

Ἡ ἰσχύς πού καταναλώνει ὁ ἀναδευτήρας ἐξαρτᾶται ἀπό τόν ὄγκο τοῦ ὑγροῦ πού περιέχεται στό δοχεῖο, ἀπό τήν ἔνταση τῆς ἀναδεύσεως καί ἀπό τή φύση τοῦ ὑγροῦ (λεπτόρρευστο ἢ παχύρρευστο). Στόν πίνακα 7.3.1 δίνονται τά ὄρια τῆς κα-



Σχ. 7.3β.

Διάφοροι τύποι αναδευτήρων για τὰ δοχεία ἀναδέυσεως.

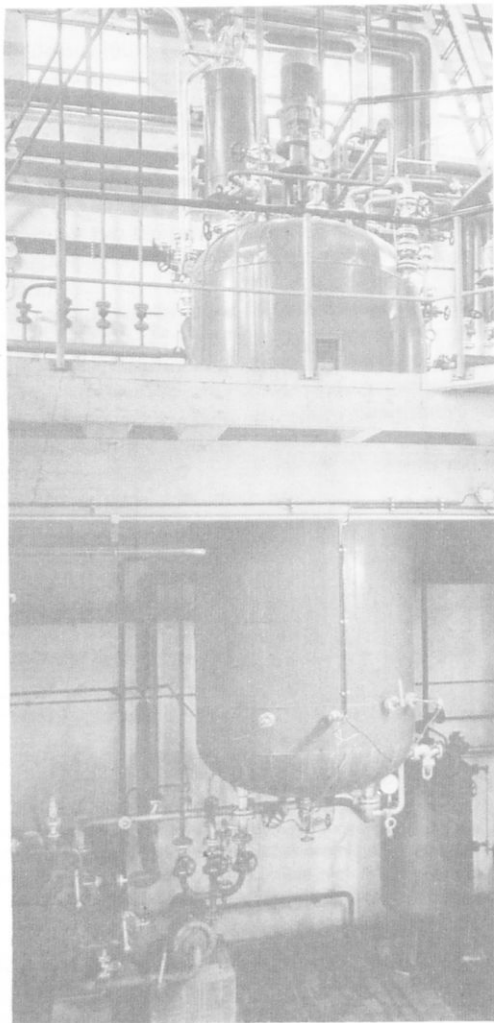
α) Τύπου ἔλικας για λεπτόρρευστα ὑγρά, ὅπως π.χ. τὸ νερὸ. β, γ, δ) Τύπου τουρμπίνας με ἐπίπεδες, καμπύλες καὶ ὑπὸ κλίση λεπίδες για ρευστὰ ἐνδιάμεσης ρευστότητας. ε) Τύπου ἀγκυρας για παχύρρευστα ὑγρά, ὅπως τὰ σιρόπια. Στὰ τρία πρῶτα σχέδια διακρίνονται οἱ πλήμνες (ἀφαλοὶ) για τὴν προσαρμογὴ τῶν ἀναδευτήρων στὸν περιστρεφόμενο ἄξονα.

ταναλώσεως ἰσχύος για μέτρια, ἰσχυρὴ ἢ πολὺ ἰσχυρὴ ἀνάδευση ὑδατικῶν διαλυμάτων στη συνήθη θερμοκρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3.1.

*Κατανάλωση ἰσχύος για τὴν ἀνάδευση ὑδατικῶν διαλυμάτων*

Ἔνταση ἀναδέυσεως	Μέτρια	Ἰσχυρὴ	Πολὺ ἰσχυρὴ
Ἰσχύς, kW/m <sup>3</sup> ὑγροῦ	0,1 - 0,3	0,3 - 0,7	0,7 - 1,0



Σχ. 7.3γ.

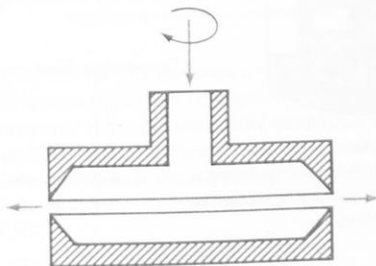
Ένα μεγάλο κλειστό δοχείο ανάδευσης και διεξαγωγής χημικών αντιδράσεων υγρών, χωρητικότητας  $5\text{m}^3$ , που εκτείνεται σε δύο ορόφους του κτιρίου ενός εργοστασίου. Στο επάνω μέρος καταλήγουν οι σωληνώσεις των υγρών για την πλήρωση του δοχείου και στο κάτω είναι η σωλήνωση και η αντλία απομακρύνσεως του μίγματος. Έπάνω στο κάλυμμα του δοχείου στηρίζεται ο ηλεκτροκινητήρας για την κίνηση του ανάδευτήρα.



Από τή φύση καί τίς ιδιότητες τῶν ὑγρῶν ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἡ χρονική διάρκεια τῆς ἀναδέυσεως πού ἀπαιτεῖται γιά τή συμπλήρωση τῆς ἀναμίξεώς τους. Ὅσο περισσότερο λεπτόρρευστα εἶναι τά ὑγρά καί λιγότερο διαφορετικές οἱ πυκνότητές τους, τόσο ταχύτερα γίνεται ἡ ἀνάμιξή τους. Συνήθως ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος εἶναι 5 ἕως 15 λεπτά.

Σέ ὀρισμένες περιπτώσεις, ἀντί γιά τή χρησιμοποίηση μηχανικῶν ἀναδευτήρων, ἡ ἀνάμιξη τῶν ὑγρῶν γίνεται μέ ἐμφύσηση ἀέρα στή μάζα τους, ἀπό ἀκροφύσια τοποθετημένα στό ἐσωτερικό τοῦ δοχείου ἀναδέυσεως. Ἡ μέθοδος αὕτη ἐφαρμόζεται κυρίως ὅταν ἐπιδιώκεται πολύ ἤρεμη ἀνάδευση, ὅπως π.χ. κατά τήν πλύση τῆς νιτρογλυκερίνης μέ νερό, ὅπου ἡ ὀρμητική κίνηση τοῦ μηχανικοῦ ἀναδευτήρα θά μπορούσε νά δημιουργήσει ἔκρηξη.

Τό δοχεῖο ἀναδέυσεως χρησιμοποιεῖται, σέ διάφορες μορφές, γιά πολλές ἄλλες διεργασίες ἐκτός ἀπό τήν ἀνάμιξη ὑγρῶν, ὅπως ἡ διάλυση καί ὁ σχηματισμός αἰωρημάτων στερεῶν, ἡ ἀπορρόφηση ἀερίων (σχ. 7.6β), ἡ θέρμανση καί ἡ ψύξη ὑγρῶν, ἡ πραγματοποίηση χημικῶν ἀντιδράσεων (σχ. 7.3γ) κλπ. Εἶναι ἀσφαλῶς ἡ σημαντικότερη συσκευή τῆς χημικῆς βιομηχανίας, ἀνάλογη μέ τό ποτήρι καί τό δοκιμαστικό σωλήνα τοῦ ἐργαστηρίου.



Σχ. 7.36.

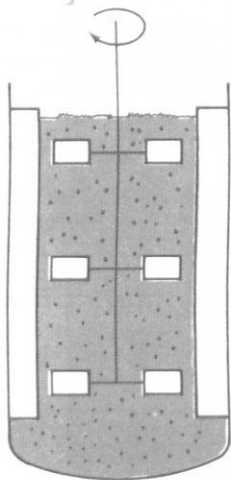
Ἀπλοποιημένο σχέδιο μιᾶς φυγοκεντρικῆς συσκευῆ σχηματισμοῦ γαλακτωμάτων.

Δοχεῖα ἀναδέυσεως χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης γιά τό σχηματισμό τῶν **γαλακτωμάτων**. Ἄν δέν ἐπιτυγχάνεται ἱκανοποιητική διασπορά, τό μίγμα διαβιβάζεται στή συνέχεια σέ **φυγοκεντρική συσκευή** ὅπως τοῦ σχήματος 7.3δ. Τό μίγμα εἰσάγεται στό σωληνωτό περιστρεφόμενο ἄξονα, γεμίζει τό ἐσωτερικό τοῦ δίσκου καί ἐκτινάσσεται μέ ὀρμή ἀπό τή λεπτή χαραγή πού ὑπάρχει στήν περιφέρειά του, σέ μορφή νέφους. Ὁ τρόπος αὐτός ἐξασφαλίζει τήν πλήρη διασπορά τῶν σταγόνων στό γαλακτωμα καί χρησιμοποιεῖται στή βιομηχανική παρασκευή διαφόρων προϊόντων ὅπως ἡ μαγιονέζα καί οἱ σάλτσες φαγητοῦ, φάρμακα, καλλυντικές κρέμες, χρώματα, ἐντομοκτόνα παρασκευάσματα κλπ.

#### 7.4 Ἀνάμιξη μεταξύ ὑγρῶν καί στερεῶν.

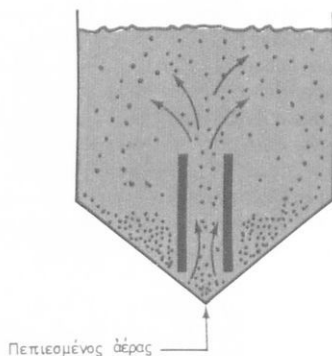
Ἡ **διάλυση** στερεῶν σέ ὑγρά γίνεται κατά κανόνα στά δοχεῖα ἀναδέυσεως πού περιγράψαμε στήν προηγούμενη παράγραφο. Μέ τόν ἴδιο τρόπο σχηματίζονται

συνήθως και τα **αίωρήματα** των στερεών σε υγρά. Χρησιμοποιούνται αναδευτήρες με πολλές επάλληλες τουρμπίνες με λεπίδες, ώστε να δημιουργούνται διαδοχικές ζώνες παρεμποδίσεως της καθιζήσεως των κόκκων του στερεού στον πυθμένα του δοχείου (σχ. 7.4α).



Σχ. 7.4α.

Σχηματισμός αιώρηματος σε δοχείο αναδευσεως με ανακλαστήρες και τρεις επάλληλες τουρμπίνες με λεπίδες.

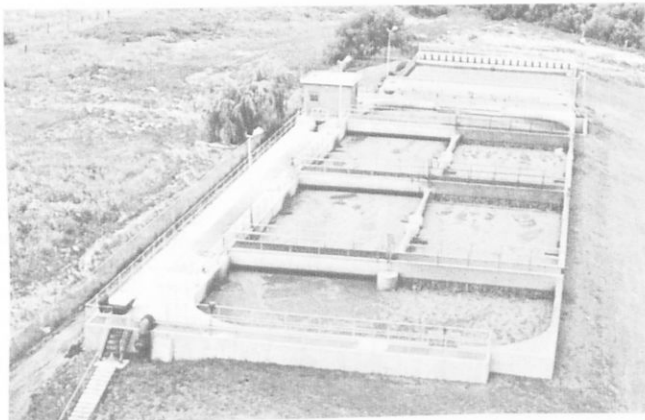


Σχ. 7.4β.

Σχηματισμός αιώρηματος με εμφύσηση πεπιεσμένου αέρα στον πυθμένα της δεξαμενής.

Μιά άλλη μέθοδος σχηματισμού αιώρημάτων στηρίζεται στη διαβίβαση πεπιεσμένου αερίου ή αέρα στον πυθμένα του δοχείου και τη δημιουργία ίσχυρων ανόδων ρευμάτων από τις ανερχόμενες φυσαλίδες προς την επιφάνεια του υγρού (σχ. 7.4β). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συνήθως στις έγκρασταστάσεις βιολογικού καθαρισμού των υγρών βιομηχανικών και οικιακών αποβλήτων. Εκεί γίνεται έκμετάλλευση της βιολογικής δράσεως μικροοργανισμών, που οξειδώνουν τις οργανικές ενώσεις των ακαθάρτων υδάτων και τις μετατρέπουν σε άβλαβες  $\text{CO}_2$ . Η εμφύσηση του αέρα στη μάζα των αποβλήτων δεν εξασφαλίζει μόνο την αιώρηση της λάσπης που περιέχει τους μικροοργανισμούς, ώστε να έρχονται σε έπαφή με τις διαλυμένες οργανικές ενώσεις αλλά επίσης εμπλουτίζει τα απόβλητα με τό απαραίτητο οξυγόνο για την οξειδωτική δράση των μικροοργανισμών (σχ. 7.4γ).

Όταν γίνεται ανάμιξη μεγάλης ποσότητας στερεού με σχετικά μικρή ποσότητα υγρού ή όταν το υγρό είναι πολύ παχύρρευστο, η μάζα που σχηματίζεται έχει τη μορφή πολτού. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται ειδικοί **άναμικτήρες πολτών** ή **ζυμωτήρια**. Πολύ καλή απόδοση έχει ο άναμικτήρας που εικονίζεται στο σχήμα 7.4δ. Τό χαρακτηριστικό του είναι ότι έχει δύο διαφορετικές έλικώσεις προσαρμοσμένες στον περιστρεφόμενο άξονα, τή μία έσωτερική και τήν άλλη έ-



Σχ. 7.4γ.

Συγκρότημα δεξαμενών αερισμού για τό σχηματισμό αιώρηματος καί τό βιολογικό καθαρισμό υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.

ξωτερική, πού προκαλούν αντίθετες κινήσεις στό ύλικό καί συντελούν έτσι στην άριστη ανάμιξή του. Ό αναμικτήρας αυτός παρουσιάζει επίσης τό πλεονέκτημα ότι είναι **συνεχοῦς λειτουργίας**. Ἡ τροφοδοσία τῶν διαφόρων συστατικῶν γίνεται συνεχῶς, μέ σταθερό ρυθμό, ἀπό τό στόμιο εἰσαγωγῆς πού βρίσκεται στό κάλυμμα τοῦ δοχείου καί ἡ ἐξαγωγή τοῦ ἔτοιμου μίγματος ἀκολουθεῖ μέ τόν ἴδιο ρυθμό ἀπό



Σχ. 7.4δ.

Ἄναμικτήρας πολτῶν συνεχοῦς λειτουργίας, μέ διπλή ἐλικύση στόν περιστρεφόμενο ἄξονα.

τό στόμιο τοῦ πυθμένα. Οι διαστάσεις τοῦ δοχείου, ἡ ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ ἄξονα καί ἡ παροχή τῶν ὑλικῶν καθορίζονται, μέ μελέτη καί δοκιμές, σέ τρόπο ὡ-

στε ο χρόνος παραμονής του μίγματος στο έσωτερικό του άναμικτήρα να είναι όσος χρειάζεται για την πραγματοποίηση της άναμίξεως.

Συνεχοϋς έπίσης λειτουργίας είναι τά **ζυμωτήρια με κυλίνδρους**. Ό πολτός ζυμώνεται μεταξύ δύο ή περισσοτέρων κυλίνδρων, οι όποιοι περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες και ή άνάμιξη έπιτυγχάνεται κατά τρόπο άνάλογο με την άλεση των στερεών στοϋς κυλινδρόμυλους.

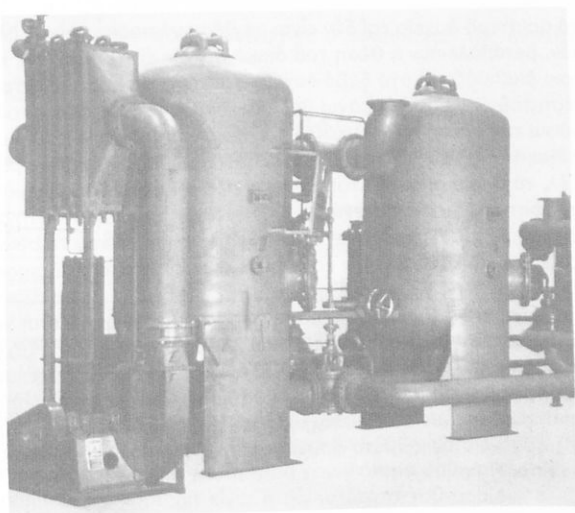
Άντίθετα άλλοι άναμικτήρες (π.χ. του σχήματος 7.2) λειτουργούν, όπως είδαμε, περιοδικά με διαδοχική πλήρωση, περιστροφή και έκκένωση του δοχείου κατά παρτίδες προϊόντος. Είναι γενικός κανόνας ότι ή λειτουργία των βιομηχανικών συσκευών κατά συνεχή τρόπο σε σταθερές συνθήκες, όπως ή άναμικτήρας του σχήματος 7.4δ, συνεπάγεται συνήθως σημαντική έξοικονόμηση στην κατανάλωση της ενέργειας και δίνει τή δυνατότητα για έφαρμογή αυτόματισμού στην παραγωγική διαδικασία και άποτελεσματικό έλεγχο στην ποιότητα των προϊόντων. Πρόκειται δηλαδή για τρία πλεονεκτήματα που συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη βελτίωση κάθε βιομηχανικής μεθόδου.

## 7.5 Προσρόφηση αερίων και υγρών από στερεά.

Τά στερεά σώματα παρουσιάζουν την ιδιότητα να έκδηλώνουν έλκτικές δυνάμεις στην επιφάνειά τους και να συγκρατούν ένα στρώμα από μόρια αερίων ή υγρών σωμάτων. Η ποσότητα των μορίων που μπορούν να συγκρατηθούν είναι άνάλογη με τό έμβαδόν της επιφάνειας του στερεού ή δέ ένταση των έλκτικών δυνάμεων είναι διαφορετική για διάφορα άέρια ή υγρά, καθώς εξαρτάται από τή μοριακή τους δομή. Τό φαινόμενο ονομάζεται **προσρόφηση** και έχει σημαντική βιομηχανική έφαρμογή, κυρίως στην έλεκτική άπομάκρυνση όρισμένων άτμών και διαλυμένων σωμάτων από τά άέρια μίγματα ή τά διαλύματα υγρών, στα όποια περιέχονται.

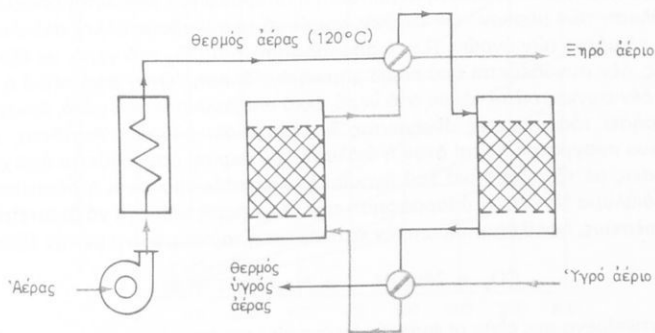
Τό συνθεότερο **προσροφητικό μέσο** είναι ό **ένεργός άνθρακας**, προϊόν ειδικής κατεργασίας του ξύλου ή της τύρφης, με άπανθράκωση στοϋς 1100°C, ώστε να άποκτήσει πορώδη ύψη. Οι πόροι είναι διαμέτρου μόλις 10<sup>-5</sup> mm ή άκόμα μικρότεροι και προσδίνουν στον ένεργο άνθρακα πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια (800 - 1400 m<sup>2</sup>/g). Χρησιμοποιείται κυρίως για την προσρόφηση άτμών ύδρογονάνθρακων, δηλητηριωδών αερίων και διαλυμένων ένώσεων. Άλλα προσροφητικά μέσα της βιομηχανίας είναι τό **σιλικαζέλ** και ή **ένεργη άλουμίνα**. Τό σιλικαζέλ είναι μία πορώδης μορφή του SiO<sub>2</sub>, που παρασκευάζεται με καταβύθιση πυριτικών άλάτων. Έχει ειδική επιφάνεια 600 m<sup>2</sup>/g περίπου και χρησιμοποιείται συνήθως για την ξήρανση διαφόρων αερίων ή του άέρα. Η ένεργη άλουμίνα (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) παρασκευάζεται με πύρωση του ύδροξειδίου του άργιλίου στοϋς 600°C, έχει ειδική επιφάνεια 200 m<sup>2</sup>/g περίπου και ή κυριότερη χρήση της είναι στις καταλυτικές χημικές αντιδράσεις αερίων για την προσρόφηση των αντίδρώντων σωμάτων.

Οι έγκαταστάσεις προσροφήσεως άποτελούνται συνήθως από δύο όμοια κυλινδρικά δοχεία, που περιέχουν τό προσροφητικό μέσο και εργάζονται περιοδικά. Π.χ. ή έγκατάσταση του σχήματος 7.5α χρησιμοποιείται για την ξήρανση αερίων, με συγκράτηση της υγρασίας του σε σιλικαζέλ. Όπως δείχνει τό διάγραμμα του σχήματος 7.5β, αρχικά τό υγρό άέριο διαβιβάζεται, μέσω της κάτω τετραπλής βαλβίδας, στο άριστερό δοχείο, όπου άπαλλάσσεται από τοϋς ύδρατμούς. Τό ξηρό πλέον



Σχ. 7.5α.

Προσοφθητικό συγκρότημα για τήν ζήρανση αέριων. Ἀριστερά εἶναι ὁ φυσητήρας καί τό θερμαντικό στοιχείο γιά τήν ἀναγέννηση τοῦ προσοφθητικοῦ μέσου. Μεταξύ τῶν δύο δοχείων διακρίνονται ἡ ἄνω καί κάτω τετραπλῆς βαλβίδες γιά τήν ἐναλλαγῆ τῆς ροῆς τῶν αέριων.



Σχ. 7.5β.

Διάγραμμα τοῦ συγκροτήματος τοῦ σχήματος 7.5α. Οἱ θέσεις τῶν βαλβίδων δείχνουν ὅτι ἡ ζήρανση τοῦ αέριου διεξάγεται στό ἀριστερό δοχεῖο, ἐνῶ στό δεξιό γίνεται ἀναγέννηση τοῦ προσοφθητικοῦ μέσου.

αέριο ἐξέρχεται ἀπό τό ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καί ἐγκαταλείπει τήν ἐγκατάσταση μέσω τῆς ἀντίστοιχης τετραπλῆς βαλβίδας. Ὅταν κορεσθεῖ τό σιλικαζέλ πού πε-

ριέχεται στο άριστερό δοχείο και δέν είναι σέ θέση νά προσροφήσει άλλη ποσότητα ύδρατων, μεταβάλλεται ή θέση του διακόπτη τής κάτω βαλβίδας κατά 90° και τό ύγρό άέριο διαβιβάζεται στο δεξιό δοχείο. Ταυτόχρονα μεταβάλλεται επίσης κατά 90° ή θέση του διακόπτη τής άνω βαλβίδας και ό θερμός άέρας του φυσητήρα διέρχεται μέσω τής μάζας του σιλικαζέλ του άριστερου δοχείου. Ό θερμός άέρας παρασύρει έξω από τό δοχείο τήν ύγρασία πού είχε προσροφηθεί προηγουμένως στο σιλικαζέλ, τό όποιο άποκτá έτσι πάλι τήν προσροφητική του ικανότητα. Δηλαδή τό προσροφητικό μέσο **άναγεννάται**, ώστε νά χρησιμοποιηθεί στή συνέχεια γιά τήν ξήρανση του ύγρου άερίου, όταν κορεσθεί μέ τή σειρά του τό σικαζέλ του δεξιού δοχείου κ.ο.κ. Ό κάθε κύκλος κορεσμού-άναγεννήσεως του προσροφητικού μέσου διαρκεί συνήθως 6-8 ώρες περίπου.

Μία ειδική διεργασία βιομηχανικής προσροφήσεως εφαρμόζεται γιά τόν **άποχρωματισμό** διαφόρων ύγρων, όπως τό έλαιόλαδο, τό διάλυμα τής ζάχαρης, οι χυμοί φρούτων, τό κρασί και τά λιπαντέλαια. Όταν τά ύγρά αυτά περιέχουν διαλυμένες άκαθαρσίες πού τούς προσδίνουν άνεπιθύμητο χρώμα, άναμιγνύονται μέ κατάλληλα προσροφητικά ύλικά, τά **άποχρωστικά χώματα**, πού συγκρατούν τίς άκαθαρσίες. Στή συνέχεια τά χώματα άποχωρίζονται από τό άποχρωματισμένο ύγρό και άναγεννώνται.

## 7.6 Άπορρόφηση άερίων από ύγρά.

Ό άπορρόφηση άερίων από ύγρά μπορεί νά άποτελεί είτε ένα φυσικό είτε ένα χημικό φαινόμενο. Στήν πρώτη περίπτωση ή άπορρόφηση όφείλεται άποκλειστικά στή διάλυση των μορίων των άερίων, χωρίς νά μεσολαβούν άλλες άλληλεπιδράσεις μέ τά μόρια των ύγρων. Π.χ. ή άπορρόφηση του CO<sub>2</sub> στο νερό, μέ έξάσκηση πίεσεως, δέν συνοδεύεται από καμιά χημική αντίδραση. Όταν άφαιρεθεί ή πίεση, τό CO<sub>2</sub> δέν συγκρατείται πλέον στο νερό αλλά άποβάλλεται από αυτό, όπως έχομε παρατηρήσει τόσες φορές άνοίγοντας ένα μπουκάλι μπύρας. Αντίθετα, χημικό φαινόμενο πραγματοποιείται όταν ή διάλυση του άερίου συνοδεύεται από χημικές αντίδράσεις μέ τά συστατικά του ύγρου. Ένα παράδειγμα είναι ή δέσμευση του CO<sub>2</sub> σέ διάλυμα NaOH. Ό άπορρόφηση του CO<sub>2</sub>, χωρίς μάλιστα νά απαιτείται έξάσκηση πίεσεως, όφείλεται τώρα στήν κατανάλωσή του σύμφωνα μέ τήν έξίσωση:



Τό άντικείμενο μας είναι οι φυσικές διεργασίες και έπομένως θά περιορισθούμε στήν έξέταση των περιπτώσεων, όπου ή άπορρόφηση των άερίων είναι άποτελεσμα άποκλειστικά τής διαλυσεώς τους στα ύγρά. \*

Προηγουμένως θά πρέπει νά υπενθυμίσομε ότι ή διαλυτότητα των άερίων στα ύγρά εξαρτάται από τήν **πίεση** και τή **θερμοκρασία**. Όσο μεγαλύτερη είναι ή πίεση ενός άερίου, είτε αυτό είναι καθαρό είτε βρίσκεται σέ μίγμα μέ άλλα άέρια, τόσο μεγαλύτερη είναι διαλυτότητά του στα ύγρά. Στόν πίνακα 7.6.1 βλέπομε ότι ή αύξηση τής μερικής πίεσεως του διοξειδίου του θείου από 3 σέ 60 Torr, πού σημαίνει π.χ. ότι σέ άέριο μίγμα άτμοσφαιρικής πίεσεως 20πλασιάσθηκε ή κατ' όγκο πε-

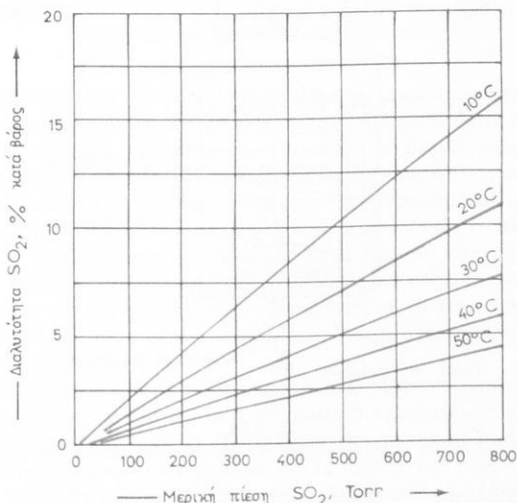
ριεκτικότητα σε  $\text{SO}_2$ , έχει σαν συνέπεια τό 10πλασιασμό της διαλυτότητάς του στο νερό.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6.1.**

**Άντιστοιχία μερικής πίεσεως και διαλυτότητας του  $\text{SO}_2$  στο νερό θερμοκρασίας 20°C**

Μερική πίεση του $\text{SO}_2$ σε Torr	60	52	45	38	31	25	19	13	8	3
Διαλυτότητα, % κατά βάρος	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Περισσότερα στοιχεία παρουσιάζονται στο διάγραμμα του σχήματος 7.6α, με τις καμπύλες της μεταβολής της διαλυτότητας του  $\text{SO}_2$  στο νερό, σε συνάρτηση με τη μερική του πίεση, για διάφορες θερμοκρασίες μεταξύ 10° και 50°C. Π.χ. στη μερική πίεση 500 Torr και θερμοκρασία 10°C, η διαλυτότητα του  $\text{SO}_2$  στο νερό είναι περίπου 11% κατά βάρος, ενώ στη θερμοκρασία 50°C είναι μόλις 3%. Γενικότερα, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο χαμηλότερα βρίσκεται η αντίστοιχη καμπύλη, δηλαδή τόσο μικρότερη είναι η διαλυτότητα του αερίου.



**Σχ. 7.6α.**

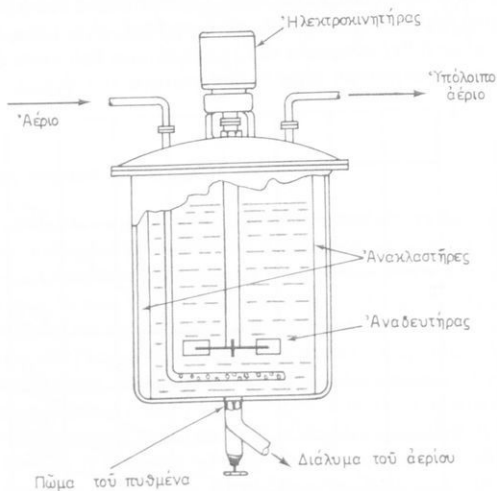
Διάγραμμα της διαλυτότητας του  $\text{SO}_2$  στο νερό σε συνάρτηση με τη μερική του πίεση, για πέντε διάφορες θερμοκρασίες.

Όστε βλέπομε ότι οι συνθήκες της έργασίας (πίεση και θερμοκρασία) αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη φυσική διεργασία της απορρόφησης των αερίων από τα υγρά, πράγμα που δεν είχε γίνει τόσο φανερό στις προηγούμενες φυσικές διεργασίες που έχομε εξετάσει.

Έκτός από τήν ποσότητα τῶν ἀπορροφουμένων ἀερίων, μεγάλη σημασία γιά τήν βιομηχανία ἔχει καί τό χρονικό διάστημα πού ἀπαιτεῖται γιά τήν πραγματοποίησή τῆς ἀπορροφῆσεως. Ἡ μείωση τοῦ ἀπαιτούμενου χρόνου συνεπάγεται ἀντίστοιχη αὐξηση τῆς ἀποδόσεως τῶν βιομηχανικῶν συσκευῶν.

Ἐπειδή ἡ διάλυση τῶν μορίων τῶν ἀερίων προϋποθέτει τήν ἐπαφή τους μέ τήν ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν, ταχύτερη ἀπορρόφηση θά ἐξασφαλιστεῖται ὅταν γίνεταί καλή ἀνάμιξη ἀερίων καί ὑγρῶν, ὥστε νά αὐξάνεταί ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς μεταξύ τους. Οἱ κυριότερες βιομηχανικές συσκευές πού χρησιμοποιοῦνται γιά τό σκοπό αὐτό εἶναι τά **δοχεῖα ἀναδεύσεως** καί οἱ **πύργοι ἀπορροφῆσεως**.

Τά **δοχεῖα ἀναδεύσεως** πού προορίζονται γιά τήν ἀπορρόφηση ἀερίων εἶναι ὁμοίας κατασκευῆς μέ τά δοχεῖα ἀναδεύσεως πού γνωρίσαμε στήν παράγραφο 7.3 καί χρησιμοποιοῦνται γιά τήν ἀνάμιξη ὑγρῶν. Ἡ μόνη τους διαφορά εἶναι ὅτι περιέχουν ἕνα διάτρητο σωλήνα, μέσω τοῦ ὁποῦ γίνεται ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀερίου καί ἡ διασπορά του σέ μορφή φυσαλίδων (σχ. 7.6β). Ὁ περιστρεφόμενος ἀναδευτήρας βοηθεῖ, στή συνέχεια, τή διάχυση τῶν φυσαλίδων στή μάζα τοῦ ὑγροῦ.

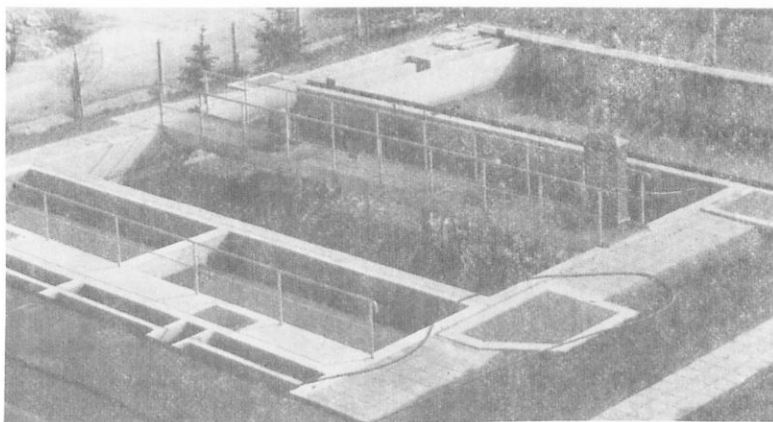


Σχ. 7.6β.

Κλειστό δοχεῖο ἀναδεύσεως γιά τήν ἀπορρόφηση ἀερίων ἀπό ὑγρά.

Σέ πολλές περιπτώσεις πού ἐπιδιώκεται ἡ ἀπορρόφηση ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα ἀπό τό ὑγρό, ἡ δράση τοῦ ἀναδευτήρα εἶναι ἐπαρκής γιά τήν πραγματοποίησή της καί δέν ἀπαιτεῖται ἄλλη διαβίβαση ἀέρα. Π.χ. στό σχῆμα 7.6γ εἰκονίζεται μία δεξαμενή βιολογικοῦ καθαρισμοῦ ἀποβλήτων μέ προορισμό ὅμοιο μέ ἐκεῖνον τῆς ἀντίστοιχης ἐγκαταστάσεως πού γνωρίσαμε στήν παράγραφο 7.4. Ἡ ὀρμητική ἀνάταραξη τῆς ἐπιφάνειας τῶν ἀποβλήτων στή δεξαμενή ἀπό τοῦς ἀναδευτήρες, προκαλεῖ τόν ἔντονο ἀερισμό τους καί τήν ἀπορρόφηση τοῦ ἀπαιτούμενου ὀξυγόνου γιά τίς ὀξειδωτικές βιολογικές δράσεις τῶν μικροοργανισμῶν.





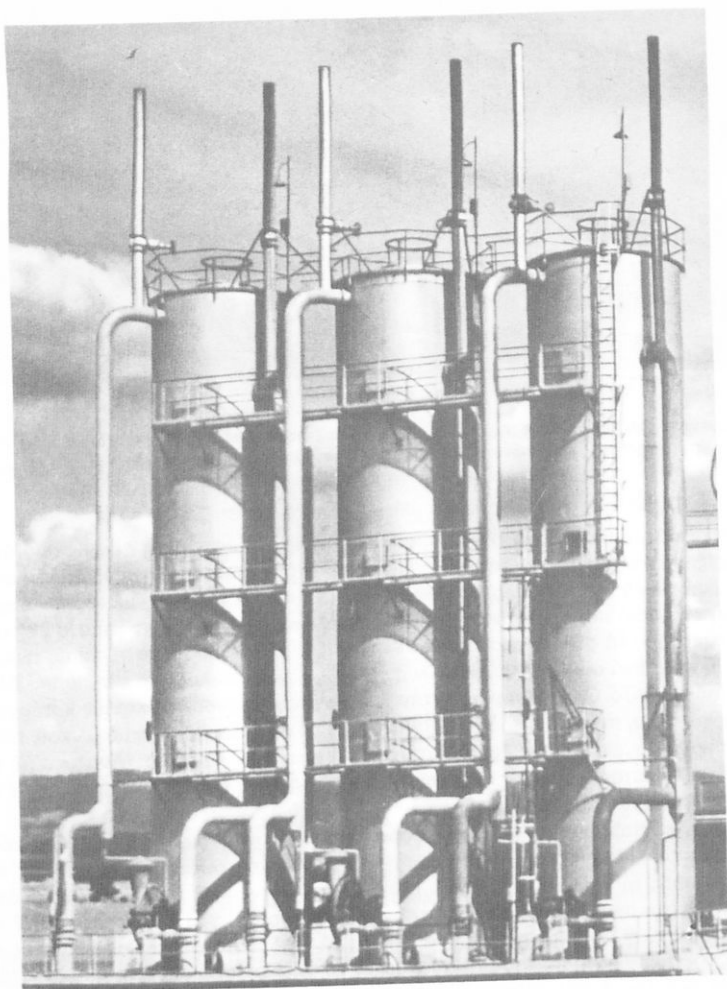
Σχ. 7.6γ.

Δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού υγρών αποβλήτων με επιφανειακό αερισμό από δύο ανάδευτρες. Οι ηλεκτροκινητήρες των ανάδευτρων στηρίζονται στη μεταλλική γέφυρα. Δεξιά είναι ο πίνακας έλεγχου της λειτουργίας της εγκαταστάσεως.

Μία άλλη μέθοδος για την υποβοήθηση της απορροφήσεως αερίων από υγρά στηρίζεται στη διαμόρφωση των υγρών σε λεπτά στρώματα ώστε να αποκτήσουν μεγάλη ειδική επιφάνεια. Αυτό πραγματοποιείται σε υψηλά κυλινδρικά δοχεία (**πύργους**), που περιέχουν σειρές από οριζόντιους δίσκους ή είναι γεμάτα με τεμάχια στερεών. Τά στερεά αυτά είναι συνήθως πέτρες, θραύσματα γυαλιού, τεμάχια κώκ ή κεραμικά άντικείμενα ειδίκων σχημάτων και αποτελούν τό **πληρωτικό ύλικό** του πύργου. Τό υγρό εισάγεται στην κορυφή του πύργου και καθώς κατέρχεται προς τά κάτω, περιλούει τούς δίσκους ή τά τεμάχια του πληρωτικού ύλικού, αύξάνει τήν επιφάνειά του και έρχεται σε μεγάλη έπαφή με τό άέριο. Άνάλογα με τήν έσωτερική κατασκευή τους, οι πύργοι απορροφήσεως ονομάζονται **πύργοι με δίσκους** ή **πύργοι πληρώσεως**.

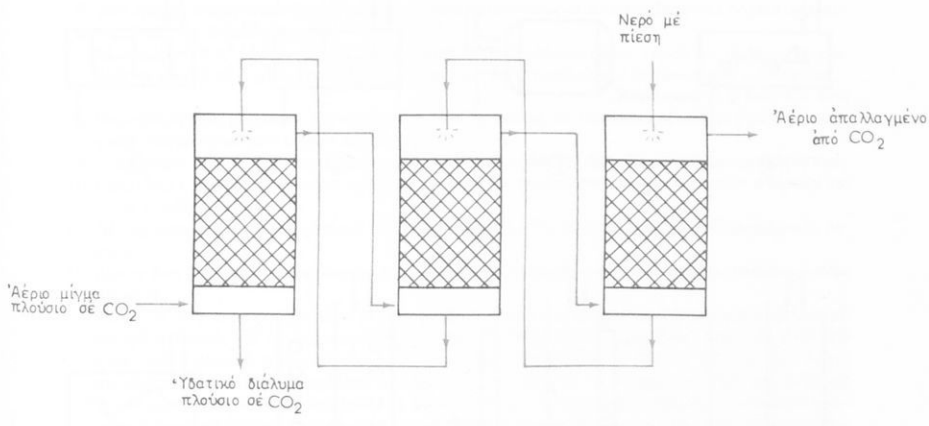
Γιά τήν αποτελεσματικότερη απορρόφησή του, τό άέριο εισάγεται στη βάση του πύργου και έξέρχεται από τήν κορυφή, ώστε άνερχόμενο νά κινείται **κατ' άντιπρροή** προς τό κατερχόμενο υγρό. Πληρέστερη απορρόφηση έπιτυγχάνεται όταν τοποθετείται σειρά πύργων σε συστοιχία και τό προϊόν του ένος τροφοδοτεί τόν έπόμενο (σχ. 7.6δ). Τό σχήμα 7.6ε δείχνει τή διαδρομή του άέριου μίγματος και του υγρού καθώς διαρρέουν τή συστοιχία. Τό πρώτο βαθμιαία γίνεται πτωχότερο και τό δεύτερο έμπλουτίζεται με τό απορροφούμενο άέριο.

Σέ μία άλλη κατηγορία πύργων απορροφήσεως, τούς **πύργους καταιονισμού**, ή απόκτηση μεγάλης ειδικής επιφάνειας από τά υγρά γίνεται με τρόπο άνάλογο με εκείνο που γνωρίσαμε στην έλάττωση μεγέθους τών στερεών. Στην περίπτωση αυτή ό πύργος είναι κενός και τό υγρό έκτοξεύεται από τήν κορυφή σε μορφή σταγονιδίων, που συγκεντρώνονται στη βάση του. Κατά τή διαδρομή τους τά σταγονίδια βρίσκονται σε έπαφή με τό άνερχόμενο κατ' άντιπρροή άέριο και τό απορροφούν.



Σχ. 7.66.

Συστοιχία τριών πύργων άπορροφήσεως CO<sub>2</sub> από νερό, με πίεση 30 at.



Σχ. 7.6ε.

Διάγραμμα της κυκλοφορίας κατ' αντίρροπη των αερίων και των υγρών της έγκαταστάσεως απορροφήσεως  $\text{CO}_2$  του σχήματος 7.6δ.

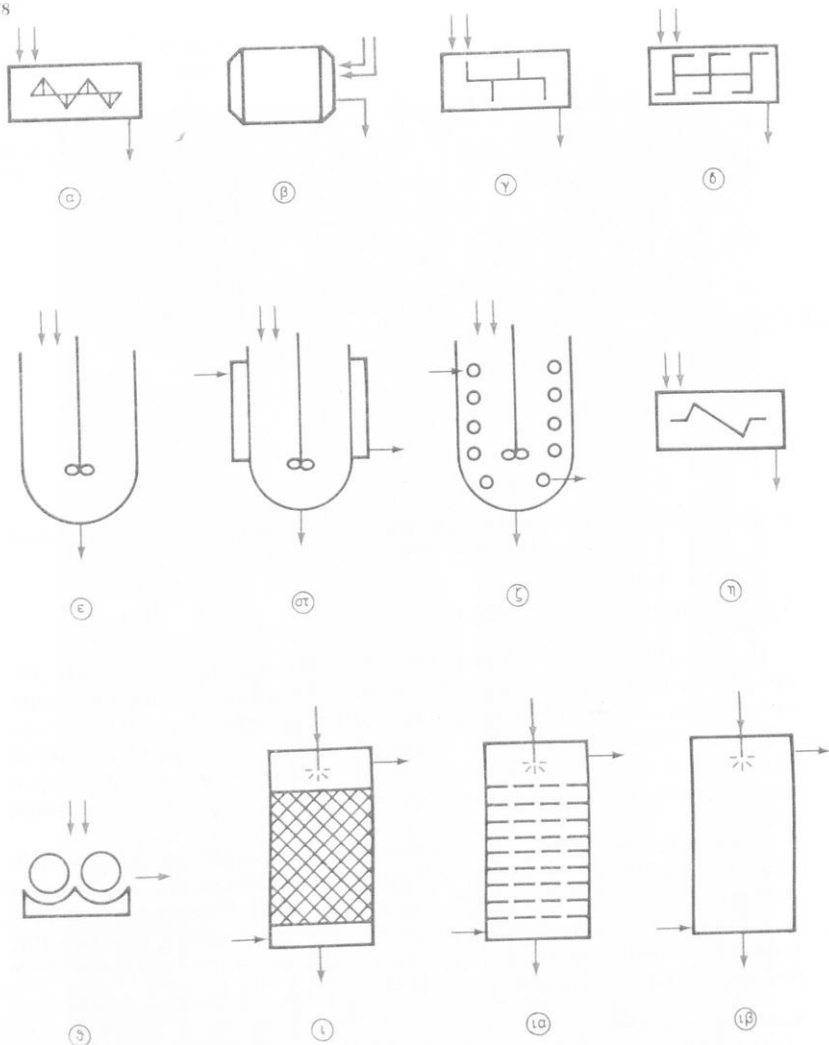
### 7.7 Συμβολισμοί για την ανάμιξη των υλικών.

Στό σχήμα 7.7 εικονίζονται οι συμβολισμοί για τις κυριότερες βιομηχανικές συσκευές αναμίξεως, πού γνωρίσαμε στις προηγούμενες παραγράφους. Ειδικότερα, στο σχήμα περιλαμβάνονται ο αναμικτήρας με κοχλίες και τρεις παραλλαγές περιστροφικών αναμικτήρων στερεών, τρία δοχεία αναδεύσεως υγρών ή αιώρησεως και διαλύσεως στερεών χωρίς ή με έξοπλισμό για θέρμανση και ψύξη, δύο ζυμωτήρια συνεχούς λειτουργίας και οι τρεις βασικοί τύποι των πύργων απορροφήσεως αερίων.

Παρατηρούμε ότι οι συσκευές πού έχουν ανάλογη λειτουργία και κατασκευή, όπως π.χ. ο αναμικτήρας με κοχλίες, το ζυμωτήριο με έλικώσεις και ο μεταφορικός κοχλίας πού γνωρίσαμε στο σχήμα 5.5α, έχουν μικρές μόνο διαφορές στο συμβολισμό τους. Διαπιστώνομε λοιπόν πάλι ότι για την αποφυγή κάθε άμφιβολίας στην έρμηνεία των κατασκευαστικών διαγραμμάτων, είναι απαραίτητο νά συνοδεύονται από έπεξηγηματικό υπόμνημα των συμβόλων.

#### Ερωτήσεις και Άσκήσεις.

1. Γιατί η ανάμιξη των σωμάτων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση των φυσικών και χημικών μεταβολών;
2. Σέ τί διαφέρουν τά διαλύματα από τά έτερογενή μίγματα των σωμάτων;
3. Γιατί η ανάμιξη των αερίων είναι εύκολοτερη από την ανάμιξη των υγρών; Γιατί η ανάμιξη των στερεών παρουσιάζει συνήθως τις μεγαλύτερες δυσκολίες;
4. Δώστε δύο παραδείγματα βιομηχανικών συσκευών αναμίξεως στερεών, πού νά είναι δημοιας κατασκευής με συσκευές μεταφοράς και έλαττώσεως μεγέθους.
5. Ποιά είναι τά κυριότερα εξαρτήματα των δοχείων αναδεύσεως για την ανάμιξη και θέρμανση ή ψύξη των υγρών;



Σχ. 7.7.

Συμβολικές απεικονίσεις βιομηχανικών συσκευών ανάμιξης στερεών, υγρών και αερίων. α) 'Αναμικτήρας τύπου σκάφης με κοχλίες. β) 'Αναμικτήρας τύπου περιστρεφόμενου τυμπάνου (μπετονιέρα). γ) 'Αναμικτήρας με πτερύγια. δ) 'Αναμικτήρας με ξέστρα. ε) Δοχείο ανάδεύσεως. στ) Δοχείο ανάδεύσεως με μανδύα θερμάνσεως ή ψύξεως. ζ) Δοχείο ανάδεύσεως με έσωτερική σωλήνωση (σερπαντίνα) θερμάνσεως ή ψύξεως. η) Ζυμωτήριο με έλικώσεις. θ) Ζυμωτήριο με κυλίνδρους. ι) Πύργος πληρώσεως. ια) Πύργος με διάτρητους δίσκους. ιβ) Κενός πύργος καταιονισμού.

6. Από ποιούς παράγοντες εξαρτάται η ισχύς που καταναλώνει ο αναδευτήρας στα δοχεία αναδευσεως για την ανάμιξη υγρών;
7. Σε ποσότητα  $2\text{ m}^3$  ύδατικού διαλύματος προστίθεται διπλάσιος όγκος νερού και το μίγμα αναταράσσεται ισχυρά σε δοχείο αναδευσεως. Πόση ισχύ θα καταναλώσει ο αναδευτήρας του δοχείου;  
(**Απάντηση:** 1,8 έως 4,2 kW)
8. Περιγράψτε δύο μεθόδους για τη δημιουργία αιωρήματος και τόν αερισμό στις δεξαμενές βιολογικού καθαρισμού των υγρών αποβλήτων.
9. Περιγράψτε ένα αναμικτήρα πολτών συνεχούς λειτουργίας και εξηγήστε τα πλεονεκτήματά του.
10. Ποιά είναι η κυριότερη ιδιότητα που χαρακτηρίζει την προσροφητική ικανότητα των στερεών και σε τί μονάδες εκφράζεται;
11. Περιγράψτε ένα κύκλο κορεσμού και αναγεννήσεως μιάς έγκαταστάσεως προσροφήσεως αερίων.
12. Δώστε ένα βιομηχανικό παράδειγμα προσροφήσεως διαλυμένων σωματίων στην επιφάνεια ενός στερεού.
13. Μια ποσότητα αέρα που περιέχει άτμους βενζίνης διοχετεύεται σε κυλινδρικό δοχείο, πλήρες με ένεργο άνθρακα, για να απαλλαγεί από αυτούς. Η πυκνότητα του ένεργου άνθρακα είναι  $0,5\text{ g/cm}^3$  και η μέγιστη ικανότητα προσροφήσεως βενζίνης φθάνει τό 8% του βάρους του. Λόγω στενότητας χώρου στο έργοστάσιο, υπάρχει ο περιορισμός ότι τό στρώμα του ένεργου άνθρακα στό δοχείο δέν πρέπει να υπερβαίνει σε ύψος τό 80 cm. Νά υπολογίσετε:α) τήν απαιτούμενη ποσότητα ένεργου άνθρακα για τή συγκράτηση 100 kg άτμών βενζίνης και β) τή διάμετρο του κυλινδρικού δοχείου. (**Απάντηση:** 1250 kg ένεργου άνθρακα σε δοχείο διαμέτρου 200 cm)
14. Ποιοί παράγοντες επηρεάζουν τήν ποσότητα και τήν ταχύτητα άπορροφήσεως τών αερίων από τό υγρά;
15. Περιγράψτε τή λειτουργία κατ' άντηρρή τών πύργων άπορροφήσεως αερίων από υγρά.
16. Τά καυσαέρια τών βιομηχανιών μολύνουν τό περιβάλλον, κυρίως όταν είναι ύψηλης περιεκτικότητας σε  $\text{SO}_2$ , γιατί αυτό είναι ιδιαίτερα βλαβερό για τήν υγεία τών ανθρώπων και επίσης προκαλεί τή φθορά τών μαρμάρων (παράδειγμα τά μνημεία τής Άκροπόλεως), τή διάβρωση τών μετάλλων κλπ. Για τήν προστασία του περιβάλλοντος, τό καυσαέρια ένεός έργοστασίου, που μεταφέρουν 105 kg  $\text{SO}_2$  ώριαίως, πρόκειται να πλυθούν σε πύργο άπορροφήσεως με νερό θερμοκρασίας  $20^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία τών καυσαερίων είναι επίσης  $20^\circ\text{C}$ , ή πίεσή τους 760 Torr και ή περιεκτικότητά τους σε  $\text{SO}_2$  είναι 5% κατ' όγκο. Υπολογίστε τήν απαιτούμενη έλάχιστη παροχή νερού στον πύργο άπορροφήσεως, ώστε να συγκρατείται τό  $\text{SO}_2$  τών καυσαερίων. Χρησιμοποιήστε για τή λύση τά στοιχεία του πίνακα 7.6.1.  
(**Απάντηση:** 15 t/h νερό)
17. Χρησιμοποιώντας τά στοιχεία του διαγράμματος 7.6α, υπολογίστε τή λύση τής παραπάνω άσκήσεως για τήν περίπτωση που ή ποσότητα τών 105 kg/h  $\text{SO}_2$  περιέχεται σε καυσαέρια με περιεκτικότητα 30% κατ' όγκο και ή θερμοκρασία τών καυσαερίων και του νερού πλύσεως είναι  $10^\circ\text{C}$ .  
(**Απάντηση:** 2,1 t/h νερό)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

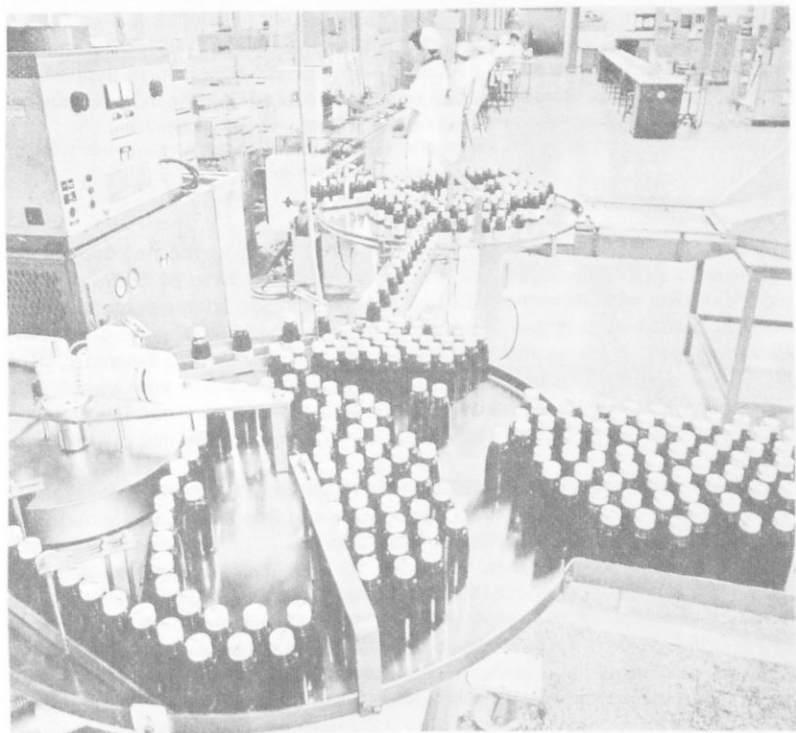
#### 8.1 Γενικά.

Στά διαδοχικά στάδια της βιομηχανικής παραγωγής παρουσιάζεται πολύ συχνά η ανάγκη διαχωρισμού των υλικών σε κατηγορίες προϊόντων με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Π.χ. κατά τη μεταλλουργική παραγωγή του σιδήρου με τη μέθοδο της ύφικαμίνου, απαιτείται η εκτέλεση σειράς διαχωρισμών στην προετοιμασία των πρώτων υλών, τη διακίνηση των παραπροϊόντων και την παραλαβή του τελικού προϊόντος. Ένας πρώτος διαχωρισμός διεξάγεται στο σιδηρομετάλλευμα για την κατανομή του ανάλογα με το μέγεθος των τεμαχίων του, ώστε τα μεγάλα τεμάχια να υποβληθούν σε θρυμματισμό και να αποκτήσουν τίς κατάλληλες διαστάσεις για την παραγωγή της ύφικαμίνου. Στά καυσάερια που εκπέμπονται από τη μεταλλουργική εγκατάσταση γίνεται διαχωρισμός και κατακράτηση της σκόνης που παρασύρουν, για να εμποδιστεί η ρύπανση του περιβάλλοντος. Επίσης στο προϊόν της ύφικαμίνου, που συγκεντρώνεται στη βάση της σε μορφή τήγματος, απαιτείται ο διαχωρισμός του χυτοσιδήρου από τις άχρηστες σκωρίες.

Σε άλλες περιπτώσεις, όπως π.χ. στη βιομηχανία παραγωγής της ζάχαρης από τεύτλα, το αποκλειστικό αντικείμενο της περιορίζεται ουσιαστικά στην πραγματοποίηση ενός διαχωρισμού. Συγκεκριμένα, η ζάχαρη, που περιέχεται ήδη εξ αρχής στην πρώτη ύλη, αποχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά των τεύτλων ώστε να ληφθεί στην καθαρή κρυσταλλική μορφή, με την οποία κυκλοφορεί στο εμπόριο.

Είναι αξιοσημείωτο ότι οι βιομηχανικές διεργασίες διαχωρισμού των υλικών δεν προχωρούν πάντοτε μέχρι τον πλήρη αποχωρισμό των διαφόρων συστατικών των μιγμάτων και τη λήψη τους σε καθαρή μορφή. Αντίθετα, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου απλώς επιδιώκεται **η κατανομή ενός μίγματος σε δύο ή περισσότερα προϊόντα, τα οποία να έχουν διαφορετική σύσταση** (αυτός άλλωστε είναι ο ορισμός του διαχωρισμού των υλικών, υπό τη γενικότερη έννοια). Για την παραγωγή π.χ. πόσιμου νερού από θαλασσινό ή υφάλμυρο (γλυφό) νερό δεν απαιτείται η πλήρης απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων από το ακατάλληλο προς πόση νερό. Συνήθως εφαρμόζεται μία διεργασία μερικού διαχωρισμού των αλάτων, ώστε π.χ. από 1000 kg φυσικού υφάλμυρου νερού περιεκτικότητας 0,25% σε άλατα να ληφθούν 500 kg πόσιμου νερού περιεκτικότητας 0,05% σε άλατα και να απομείνουν τα υπόλοιπα 500 kg του νερού με υψηλότερη περιεκτικότητα αλάτων (0,45%) από όση είχαν αρχικά. Έξακολουθούμε δηλαδή να θεωρούμε την παραπάνω διεργασία σαν διαχωρισμό αν και τα προϊόντα είναι επίσης μίγματα, όπως η πρώτη ύλη. Το αρχικό όμως διάλυμα αλάτων, που αποτελεί το υφάλμυρο νερό, μετατράπηκε σε δύο υδατικά διαλύματα με διαφορετικές περιεκτικότητες σε άλατα.

Στή βιομηχανία έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι διαχωρισμού των υλικών από μίγματα τους, ανάλογα με τή φυσική κατάσταση των σωμάτων και τό είδος του επιδιωκόμενου διαχωρισμού. Ή λειτουργία των αντίστοιχων βιομηχανικών συσκευών στηρίζεται στις διαφορές πού παρουσιάζουν όρισμένες από τίς ιδιότητες των συστατικών των μιγμάτων, όπως είναι τό μέγεθος ή τό σχήμα των τεμαχίων των στερεών, ή θερμοκρασία βρασμού των υγρών, ή πυκνότητα, ή διαλυτότητα κλπ. Ύπάρχουν όμως ειδικές περιπτώσεις, όπου ό διαχωρισμός διεξάγεται συνήθως άσφαλέστερα όταν έκτελείται με τήν προσωπική κρίση και επέμβαση ανθρώπων. Τέτοιες περιπτώσεις είναι ή απομάκρυνση, π.χ. των άχρήστων υλικών από τά μεταλλεύματα πού έξάγονται στά όρυχέα, ή των ραγισμένων φιαλών από τά συσκευασμένα φάρμακα των φαρμακοβιομηχανιών ή των σάπιων φρούτων από τά φορτία πού παραλαμβάνουν τά κονσερβοποιεία. Έργασίες όπως οί παραπάνω είναι δύσκολο νά έκμηχανιστούν και αυτοματοποιηθούν, γι' αυτό εφαρμόζεται συνήθως **διαλογή με τό χέρι** από εργάτες, πού ελέγχουν τό υλικό σέ τραπέζια διαλογής (σχ. 8.1) ή καθώς διέρχεται σέ μεταφορικές ταινίες.



Σχ. 8.1.

Διαλογή συσκευασμένων φαρμάκων μίς φαρμακοβιομηχανίας σέ πρόστιο τής Άθήνας, γιά τήν απομάκρυνση των ραγισμένων φιαλών.

“Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, διαχωρισμός υλικών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μεσολάβηση **διαχωριστικών ουσιών**, όπως ο ενεργός άνθρακας για την προσρόφιση των ατμών της βενζίνης και τον αποχωρισμό τους από τον αέρα ή όπως το νερό για την απορρόφιση του CO<sub>2</sub> και του SO<sub>2</sub> και τον αποχωρισμό τους από τα καυσαέρια. Άλλες διαχωριστικές ουσίες, εκτός από τα προσροφητικά και τα άπορροφητικά μέσα, είναι οι διαλύτες και οι ιονανταλλακτικές ρητίνες.

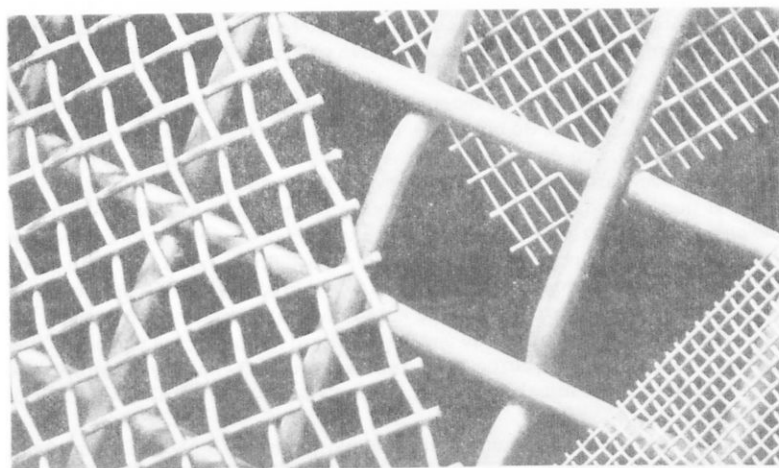
Συχνότερη είναι η πραγματοποίηση του διαχωρισμού των υλικών με την εφαρμογή μεθόδων που απαιτούν την **κατανάλωση ενέργειας** υπό διάφορες μορφές. Στις επόμενες παραγράφους θα εξετάσουμε τις διεργασίες διαχωρισμού, που χρησιμοποιούν την ενέργεια της βαρύτητας, τη μηχανική, τη μαγνητική και την ηλεκτρική ενέργεια καθώς και τους διαλύτες σαν διαχωριστική ουσία. “Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τους διαχωρισμούς με τη μεσολάβηση προσροφητικών και άπορροφητικών μέσων συναντήσαμε ήδη στο προηγούμενο κεφάλαιο, σαν περιπτώσεις σχηματισμού μιγμάτων. Ο διαχωρισμός με ιονανταλλακτικές ρητίνες αποτελεί περισσότερο ένα χημικό παρά ένα φυσικό φαινόμενο και επομένως θα συμπεριληφθεί στις χημικές διεργασίες. Επίσης οι διαχωρισμοί, στους οποίους κύριο χαρακτηριστικό είναι η κατανάλωση θερμικής ενέργειας και η διεξαγωγή θερμικών ή ψυκτικών διεργασιών θα εξετασθούν χωριστά στο κεφάλαιο της θερμάνσεως και ψύξεως.

## 8.2 Τό κοσκίνισμα των στερεών.

Η απλούστερη μέθοδος διαχωρισμού ενός στερεού σώματος, που αποτελείται από τεμάχια διαφόρων μεγεθών, ώστε να ληφθούν προϊόντα με έναιο μέγεθος τεμαχίων, είναι το **κοσκίνισμα**. Το υλικό απορρίπτεται και διασπείρεται πάνω στο **κόσκινο**, δηλαδή μία διάτρητη επιφάνεια με ανοίγματα καθορισμένων διαστάσεων, και τα τεμάχια ή οι κόκκοι που είναι μικρότερου μεγέθους από τα ανοίγματα διέρχονται από αυτά ενώ τα μεγαλύτερα μεγέθη παραμένουν στο κόσκινο. Με τον τρόπο αυτό το υλικό χωρίζεται σε δύο μέρη: το **λεπτό προϊόν** που όπως είπαμε διέρχεται μέσα από τη διάτρητη επιφάνεια και το **χοντρό προϊόν** που συγκρατείται από αυτή.

Οι διάτρητες επιφάνειες των κοσκίνων αποτελούνται είτε από πλέγματα μεταλλικών συρμάτων (σχ. 8.2α) ή ινών ύφασμάτων είτε από μεταλλικά ελάσματα με κυκλικές, τετραγωνικές ή εξαγωνικές όπες είτε από παράλληλες μεταλλικές ράβδους που σχηματίζουν εσχάρα (σχ. 8.2ε). Ο όρος **άνοιγμα κόσκινου** χρησιμοποιείται ειδικότερα για την απόδοση της ελάχιστης ελεύθερης διαστάσεως της διάτρητης επιφάνειας. Π.χ. στο τετραγωνικό πλέγμα του σχήματος 8.2β, το άνοιγμα  $i$  -σοῦται με το μήκος  $a$  της πλευράς του ελεύθερου τετραγώνου. Για να περάσουν τα κυκλικού σχήματος τεμάχια του στερεού από το πλέγμα αυτό, πρέπει να έχουν πάχος μικρότερο από  $a$ . Αν όμως τα τεμάχια έχουν επίμηκες σχήμα, βλέπομε ότι η μία τους διάσταση μπορεί να είναι μέχρι  $1,4a$  περίπου, όσο δηλαδή η διαγώνιος του τετραγώνου ( $\sqrt{2} \approx 1,4$ ). Προφανώς, η τρίτη διάσταση των τεμαχίων του στερεού, εκείνη που είναι κάθετη στο επίπεδο του σχήματος, μπορεί να έχει, θεωρητικά τουλάχιστον, όσοδήποτε μεγάλο μήκος. Στα διάτρητα ελάσματα το άνοιγμα

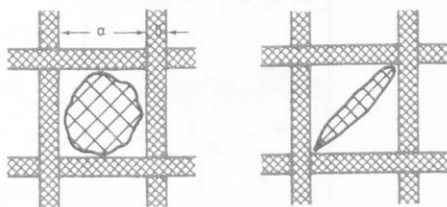




Σχ. 8.2α.

Μεταλλικά πλέγματα βιομηχανικών κοσκίνων σέ φυσικό μέγεθος.

Τό πάχος τών συρμάτων τού πλέγματος είναι μεγαλύτερο, όσο αὐξάνει τό ἄνοιγμα τού κόσκινου, ὥστε νά ἀντέχει στό φορτίο τού ὕλικου.



Σχ. 8.2β.

Τεμάχια διαφόρων σχημάτων, πού διέρχονται ἀπό τετραγωνικό πλέγμα ἄνοιγματος  $\alpha$ .

Θεωρεῖται ἴσο μέ τή διάμετρο τών ὀπῶν καί στίς ἐσχάρες ἴσο μέ τήν ἀπόσταση μεταξύ τών ράβδων.

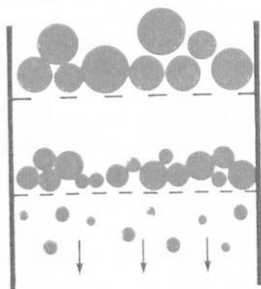
Ἕνας ἄλλος συνηθισμένος τρόπος ἐκφράσεως τού μεγέθους τών λεπτῶν κυρίως κοσκίνων εἶναι ὁ **ἀριθμός mesh**, πού ἰσοῦται μέ τό πλῆθος τών ὀπῶν τού πλέγματος (βροχίδες) ἀνά μήκος 1 ἴντσας. Γνωρίζετε ὅτι 1 ἴντσα ἰσοῦται μέ 25,4 mm, ἐπομένως ἂν  $\alpha$  mm εἶναι τό ἄνοιγμα τού κόσκινου καί  $\delta$  mm εἶναι τό πάχος τού σύρματος, τότε ὁ ἀριθμός mesh τού κόσκινου  $N$  θά δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$N = \frac{25,4}{\alpha + \delta}$$

Τά λεπτότερα έργαστηριακά κόσκινα φθάνουν μέχρι 400 mesh καί έχουν άνοιγμα 38  $\mu\text{m}$ , στά βιομηχανικά όμως κόσκινα τό άνοιγμα είναι συνήθως από 0,1 mm καί άνω.

Αν ένα υλικό κοσκινισθεϊ σε διαδοχικά κόσκινα με άνοιγματα μεγέθους που γίνεται βαθμιαία μικρότερο, θα παραμένει σαν υπόλειμμα σε κάθε κόσκινο τό μέρος εκείνο του υλικού, που αποτελείται από τεμάχια ή κόκκους ενδιάμεσου μεγέθους μεταξύ των ανοιγμάτων του κοσκίνου αυτού καί του άμέσως προηγούμενου (σχ. 8.2γ). Η ποσότητα αυτή του υλικού εκφράζεται σαν ποσοστό % καί ονομάζεται **κοκκομετρικό κλάσμα**. Κάθε κοκκομετρικό κλάσμα χαρακτηρίζεται από τά άνοιγματα των δύο κοσκίνων μεταξύ των οποίων άπομονώθηκε από τό υπόλοιπο υλικό. Συνήθως χρησιμοποιείται τό σύμβολο - (πλήν) για τό άνοιγμα του τελευταίου κοσκίνου από τό οποίο πέρασε τό κλάσμα καί τό σύμβολο + (σύν) για τό άνοιγμα του κοσκίνου στο οποίο παρέμεινε σαν υπόλειμμα. Π.χ. η ποσότητα του υλικού που πέρασε από τό κόσκινο άνοιγματος 4 mm του σχήματος 8.2γ καί συγκρατήθηκε στο κόσκινο άνοιγματος 2 mm, αποτελεί τό κλάσμα -4+2 mm ή, κατ' άλλο συμβολισμό, τό κλάσμα 4/2 mm.

Τό κλάσμα που συγκρατείται στο πρώτο από μία σειρά διαδοχικών κοσκίνων, συμβολίζεται αναγκαστικά με τό άνοιγμα μόνο του κοσκίνου αυτού. Π.χ. στο σχήμα 8.2γ η ποσότητα του υλικού που παρέμεινε σαν υπόλειμμα στο κόσκινο άνοιγματος 4 mm αποτελεί τό κλάσμα +4 mm.

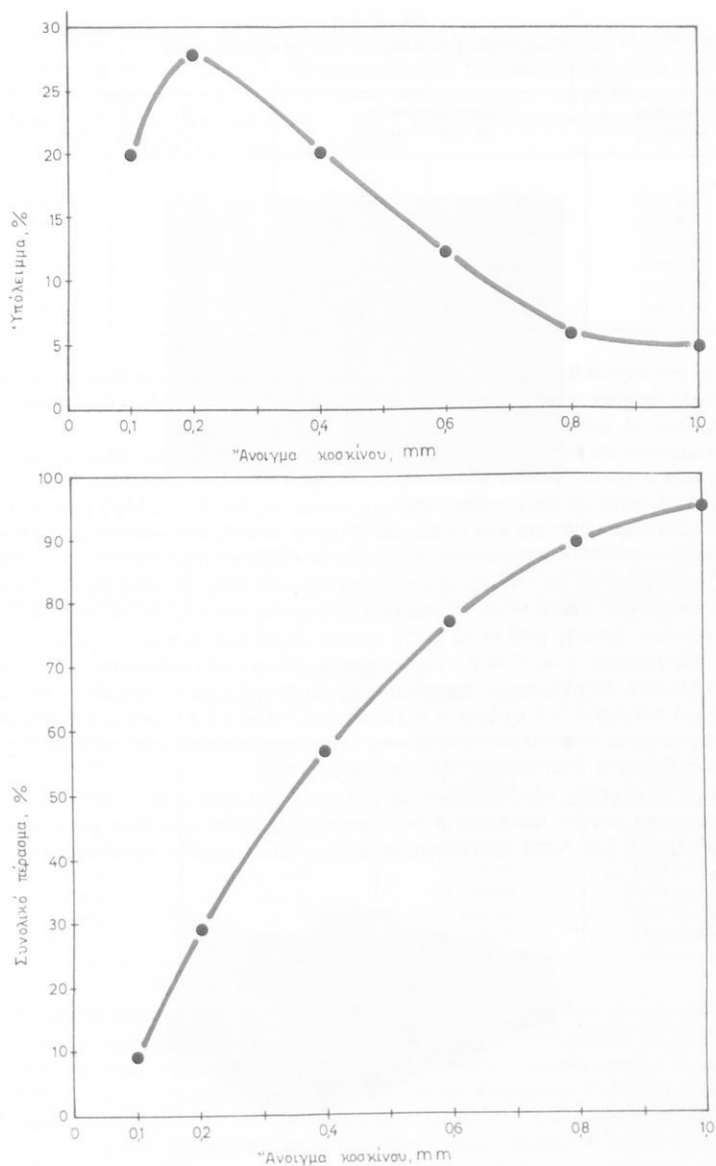


Σχ. 8.2γ.

Σχηματισμός κοκκομετρικού κλάσματος, μεταξύ δύο διαδοχικών κοσκίνων άνοιγμάτων 4 καί 2 mm.

Η εξέταση της συστάσεως ενός στερεού υλικού, ανάλογα με τό μέγεθος των τεμαχίων ή των κόκκων του, ονομάζεται **κοκκομετρική ανάλυση**, όπως χημική ανάλυση ονομάζεται η εξέταση της συστάσεως ενός υλικού ανάλογα με τά χημικά στοιχεία από τά όποια αποτελείται. Στόν πίνακα 8.2.1 δίνεται τό αποτέλεσμα της κοκκομετρικής ανάλυσεως μιας ποσότητας 140 kg λιγνίτη, που έγινε με κόσκινα άνοιγματος από 1,0 μέχρι 0,1 mm.

Η κοκκομετρική σύσταση των υλικών μπορεί επίσης να δοθεϊ σε γραφική παράσταση, όπως τά διαγράμματα του σχήματος 8.2δ, όπου έχουν μεταφερθεϊ οι τιμές της κοκκομετρικής ανάλυσεως του πίνακα 8.2.1. Η μορφή των καμπυλών αποκαλύπτει άμέσως αν τό υλικό είναι όμοιογενές ή όχι. Π.χ. η καμπύλη των υπολειμ-



Σχ. 8.26.

Κοκκομετρικές καμπύλες του υλικού με την ανάλυση του Πίνακα 8.2.1.

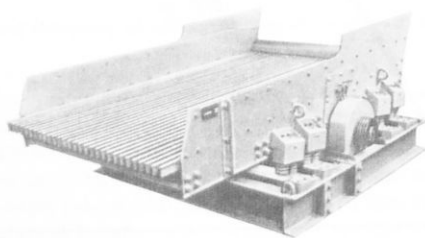
**ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.1.**  
Κοκκομετρική ανάλυση σέ 140 kg σκόνης λιγνίτη

Άνοιγμα κόσκινου	Υπόλειμμα έπάνω σέ κάθε κόσκινο		Συνολικό πέρασμα από κάθε κόσκινο	
	kg	%	kg	%
1,0 mm	7 kg	5,0%	133 kg	95,0%
0,8 mm	8 kg	5,7%	125 kg	89,3%
0,6 mm	17 kg	12,1%	108 kg	77,1%
0,4 mm	28 kg	20,0%	80 kg	57,1%
0,2 mm	39 kg	27,9%	41 kg	29,3%
0,1 mm	28 kg	20,0%	13 kg	9,3%

μάτων στό σχήμα 8.2δ δείχνει ότι στή σύσταση του ύλικου συμμετέχουν σέ μεγάλη αναλογία κόκκοι διαφόρων μεγεθών και κυρίως από 0,1 έως 0,6 mm περίπου. Έπομένως τό ύλικό δέν παρουσιάζει όμοιογένεια.

Θεωρητικά θά περιμέναμε νά επιτυγχάνεται μέ τό κοσκίνισμα πλήρης διαχωρισμός των στερεών ύλικών σέ κλάσματα τεμαχίων ένιαίου μεγέθους. Αυτό όμως δέν είναι δυνατό νά πραγματοποιηθεί στίς πρακτικές συνθήκες. Μαζί μέ τό χοντρό υπόλειμμα παραμένει και ένα μέρος λεπτότερου ύλικου, πού κανονικά θά έπρεπε νά περάσει στό έπόμενο κόσκινο, αλλά είτε δέν δόθηκε ή χρονική εύκαιρία σέ όλους τούς κόκκους νά πλησιάσουν τίς όπές τής διάτρητης επιφάνειας είτε πολλές από αυτές είχαν φράξει κατά τή διάρκεια του κοσκινίσματος από τό σφήνωμα άλλων κόκκων. Έπίσης, μαζί μέ τό λεπτό προϊόν περνά από τό κόσκινο και μία ποσότητα χοντρότερου ύλικου, λόγω τής βαθμιαίας φθοράς του πλέγματος από τή χρήση. Άλλωστε, αν μετρήσετε προσεκτικά τίς διαστάσεις των άνοιγμάτων στα βιομηχανικά πλέγματα του σχήματος 8.2α, θά διαπιστώσετε ότι ακόμα και στα έντελως καινούργια κόσκινα παρουσιάζονται αξιόλογες διακυμάνσεις, πού όφείλονται σέ άναπόφευκτα έλαττώματα τής κατασκευής τους.

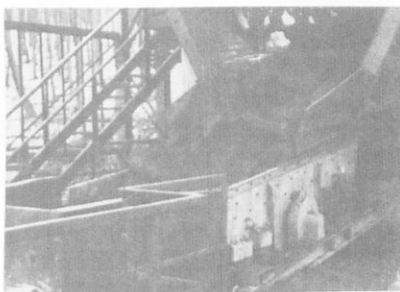
Όταν τό μέγεθος των τεμαχίων του στερεού, πού πρόκειται νά συγκρατηθούν, είναι σχετικά μεγάλο (άνω των 5 cm), χρησιμοποιούνται συνήθως μεταλλικές έσχαρες (σχ. 8.2ε). Κατά προτίμηση, οι ράβδοι των έσχαρων τοποθετούνται ύπό



**Σχ. 8.2ε.**

Παλινδρομική έσχαρά διαστάσεων 1600 x 3000 mm, για τό κοσκίνισμα άρυκτών σέ μεγάλα τεμάχια, μέ απόδοση 150 t/h περίπου.

κλίση 15° έως 40° περίπου, ώστε το υλικό να κυλά επάνω τους με τη δύναμη της βαρύτητας και τήν ώθηση του υπόλοιπου υλικού, που ακολουθεί πίσω του (σχ. 8.2στ). Στην περίπτωση που το υλικό προσκολλάται επάνω στις ράβδους και μετατοπίζεται δύσκολα κατά μήκος της εσχάρας, ή προώθησή του υποβοηθείται με μηχανικές παλινδρομικές κινήσεις των ράβδων.



Σχ. 8.2στ.

Η εσχάρα του σχήματος 8.2ε σε κατάσταση λειτουργίας σε ένα εργοστάσιο. Παρατηρήστε τις σκληρές συνθήκες εργασίας που αντιμετωπίζουν συχνά τα μηχανήματα στη βιομηχανία. Οι ράβδοι των εσχαρών κατασκευάζονται συνήθως από μαγνησιούχο χάλυβα για να αντέχουν στη φθορά.

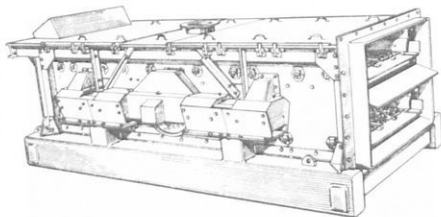
**ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2.2.**

*Παροχή, κατά προσέγγιση, δονούμενων κοσκίνων*

Άνοιγμα κοσκίνου	Έλαφρά υλικά	Υλικά μέσης πυκνότητας	Βαριά υλικά
1 mm	0,9 t/m <sup>2</sup> h	2,0 t/m <sup>2</sup> h	2,4 t/m <sup>2</sup> h
2 mm	2,3 t/m <sup>2</sup> h	5,0 t/m <sup>2</sup> h	6,0 t/m <sup>2</sup> h
5 mm	5,0 t/m <sup>2</sup> h	8,5 t/m <sup>2</sup> h	10,0 t/m <sup>2</sup> h
10 mm	6,5 t/m <sup>2</sup> h	13,0 t/m <sup>2</sup> h	15,0 t/m <sup>2</sup> h
20 mm	9,0 t/m <sup>2</sup> h	17,5 t/m <sup>2</sup> h	24,0 t/m <sup>2</sup> h
40 mm	15,5 t/m <sup>2</sup> h	27,0 t/m <sup>2</sup> h	31,0 t/m <sup>2</sup> h

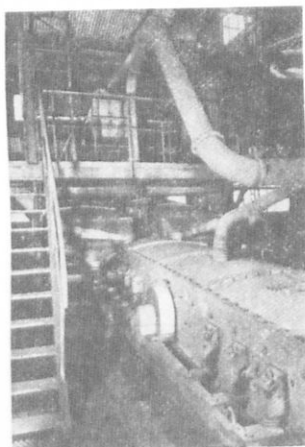
Με παράλληλη επίσης παλινδρομική ή κάθετη δονητική κίνηση (όπως στους δονούμενους μεταφορείς που γνωρίσαμε στο κεφάλαιο 5) λειτουργούν και τα βιομηχανικά κόσκινα με πλέγματα. Στόν πίνακα 8.2.2 δίνεται η ώριμα παροχή δονούμενων κοσκίνων, σε τόνους ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας του πλέγματος, ανάλογα με το άνοιγμά του και τήν πυκνότητα του υλικού. Σάν ελαφρά υλικά θεωρούνται εκείνα που έχουν φαινόμενη πυκνότητα μέχρι περίπου 0,5 g/cm<sup>3</sup>, όπως ο φελλός και τό κώκ. Μέση πυκνότητα, περί τό 1,0 g/cm<sup>3</sup>, έχουν υλικά όπως τό κάρβουνο και τό άλάτι. Στά βαριά υλικά, όπως οί πέτρες και τά περισσότερα όρυκτά, ή πυκνότητα είναι από 1,5 g/cm<sup>3</sup> περίπου και άνω.

Τά παλινδρομικά καί τά δονούμενα κόσκινα αποτελούνται συνήθως από 2 ή 3 επίπεδα πλέγματα διαφόρου ανοίγματος καί ή παραλαβή τών κλασμάτων γίνεται χωριστά, από στόμια πού βρίσκονται στό πλευρό τους (σχ. 8.2 ζ). Όταν κατά τό κοσκίνισμα εκπέμπεται σκόνη από τό υλικό, πρέπει τό κόσκινο νά καλύπτεται στεγανά καί νά απομακρύνεται ή παραγόμενη σκόνη μέ αερομεταφορά, ώστε νά προστατεύεται ή υγεία τών εργαζομένων καί νά μή γίνεται άπώλεια υλικού (σχ. 8.2η).



Σχ. 8.2ζ.

Δονούμενο διπλό κόσκινο κλειστής κατασκευής, γιά τή συγκράτηση τής έκπεμπόμενης σκόνης.

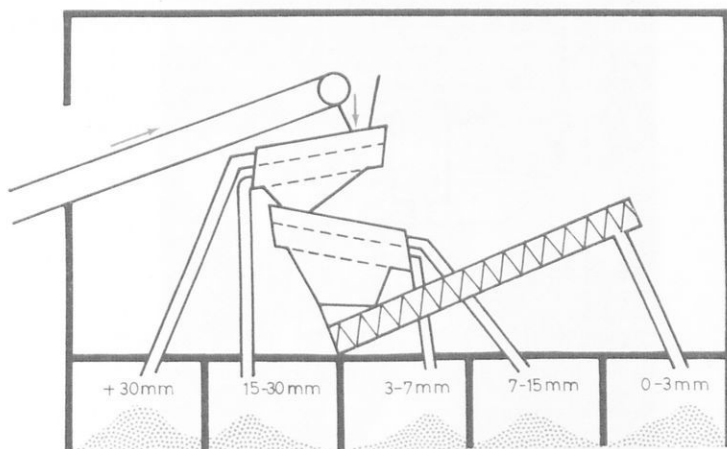


Σχ. 8.2η.

Δονούμενο κόσκινο, όπως τού σχήματος 8.2ζ, σέ κατάσταση λειτουργίας. Διακρίνεται στό κάλυμμα ή σύνδεση τής σωληνώσεως άπαγωγής τού αέρα, πού απομακρύνει τή σκόνη.

Γιά τό διαχωρισμό ενός υλικού σέ  $n$  κλάσματα άπαιτείται ή εκτέλεση  $n - 1$  κοσκινισμάτων. Στο σχήμα 8.2θ βλέπομε μιά έγκατάσταση διαχωρισμού ενός στερεού υλικού σέ 5 κοκκομετρικά κλάσματα μεγέθους +30 mm, 30/15 mm, 15/7 mm, 7/3 mm καί 3/0 mm καί κατανομής τους σέ χωριστά σιλό. Άπαιτούνται  $n - 1 = 5 - 1 = 4$  κοσκινίσματα, πού διεξάγονται σέ δύο διαδοχικά διπλά κόσκινα. Στο πρώτο κόσκινο τά πλέγματα είναι ανοίγματος 30 και 15 mm καί στό δεύτερο είναι 7 και 3 mm. Τό τελικό λεπτό προϊόν μεταφέρεται στό σιλό άποθηκεύσεώς του μέ ένα κοχλία, τά άλλα κλάσματα διανέμονται στό σιλό τους μέ λούκια έλεύθερης ροής.

Όταν τό υλικό περιέχει καί κόκκους πολύ μικρού μεγέθους, κάτω τών 0,4 mm,



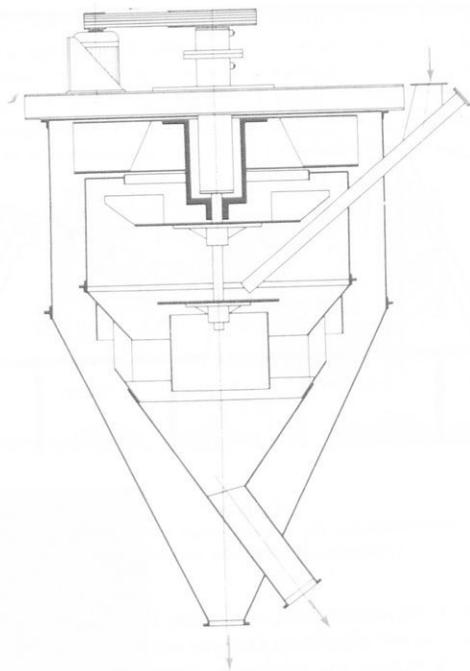
Σχ. 8.2θ.

Διάταξη βιομηχανικής εγκαταστάσεως για τὸ διαχωρισμὸ ἑνὸς στερεοῦ ὑλικοῦ σὲ 5 κοκκομετρικὰ κλάσματα, μὲ διαδοχικὰ κοσκινίσματα.

Ὁ ἀποχωρισμὸς καὶ ἡ ταξινόμησή τους εἶναι πολὺ δύσκολο νὰ γίνεи σὲ κόσκινα. Οἱ κόκκοι τοῦ μεγέθους αὐτοῦ εἶναι πολὺ ἐλαφροὶ καὶ δὲν παρουσιάζουν τάση νὰ περάσουν μέσα ἀπὸ τὸ πλέγμα τοῦ κόσκινου. Ἐπίσης τὸ κόστος κατασκευῆς πολὺ λεπτῶν πλεγμάτων εἶναι ὑψηλὸ καὶ τὸ κοσκίνισμα γίνεται οἰκονομικὰ ἀσύμφορο. Στὶς περιπτώσεις αὐτές οἱ μικροὶ κόκκοι ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο ὑλικὸ μὲ ἐμφύσηση ρεύματος ἀέρος καὶ ταξινομοῦνται κατὰ μέγεθος σὲ **ἀνεμοδιαχωριστές** (σχ. 8.2ι).

Ἐπάνω στὸν ἀνεμοδιαχωριστὴ βρίσκεται ἕνας κατακόρυφος ἠλεκτροκινητήρας πού περιστρέφει ἕνα κεντρικὸ ἀξονα, στὸν ὁποῖο εἶναι προσαρμοσμένη μία πτερυγοφόρα πτερωτὴ, ὅπως τῶν φυσητήρων (σχ. 8.2ια). Στὸ χαμηλότερο μέρος τοῦ ἴδιου ἀξονα, στὸ κέντρο τοῦ ἀνεμοδιαχωριστῆ, εἶναι προσαρμοσμένος ἕνας ὀριζωντιος δίσκος. Ὁ ἀέρας πού φέρνει μαζί του τοὺς μικροὺς κόκκους τοῦ ὑλικοῦ εἰσέρχεται στὸ λούκι (ἐπάνω δεξιὰ στὸ σχῆμα 8.2ια) καὶ καταλήγει στὸν περιστρεφόμενο δίσκο στὸ κέντρο τοῦ ἀνεμοδιαχωριστῆ. Λόγω τῆς περιστροφῆς οἱ κόκκοι διασπείρονται, παρασύρονται ἀπὸ τὰ ἀνοδικὰ ρεύματα ἀέρα πού δημιουργεῖ ἡ πτερωτὴ καὶ οἱ λεπτότεροι περνοῦν στὸν ἐξωτερικὸ κῶνο τοῦ διαχωριστῆ. Οἱ χοντρότεροι κόκκοι παραμένουν στὸν ἐσωτερικὸ κῶνο, λόγω τοῦ μεγαλύτερου βάρους τους, προσκρούουν σὲ κατακόρυφες ἐπιφάνειες πού εἶναι τοποθετημένες στὰ τοιχώματα, χάνουν τὴν ὀρμή τους καὶ πέφτουν πρὸς τὸν πυθμῆνα. Ἡ παραλαβὴ τῶν λεπτῶν καὶ τῶν χοντρῶν κόκκων τοῦ ὑλικοῦ γίνεται ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα στόμια τῶν πυθμῆνων τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ κῶνου.

Ἀνεμοδιαχωριστές τοποθετοῦνται συνήθως δίπλα σὲ μύλους ἀλέσεως λεπτῶν ὑλικῶν, γιὰ τὴν ταξινόμηση τοῦ μεγέθους τοῦ προϊόντος τους καὶ τὴν ἐπιστροφή



Σχ. 8.2ι.

Άνεμοδιαχωριστής με πτερυγοφόρα πτερωτή και περιστρεφόμενο οριζόντιο δίσκο.

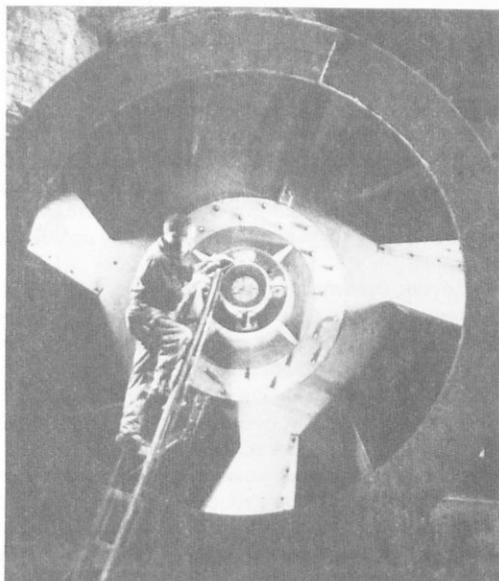
των χοντρότερων κόκκων στο μύλο για να ξαναλεσθούν. Χρησιμοποιούνται κυρίως στις βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου, γύψου, καολίνη και άλλων προϊόντων σέ σκόνη.

Στό σχήμα 8.2ιβ βλέπουμε μία μικρή πειραματική εγκατάσταση για την εκτέλεση δοκιμών αλέσεως. Στο κέντρο είναι ένας περιστρεφόμενος σφαιρόμυλος και επάνω αριστερά στο ίκρίωμα είναι στερεωμένος ο άνεμοδιαχωριστής του προϊόντος του. Η σπλήνωση εξαγωγής από τον έσωτερικό κύβω, που όπως αναφέρθηκε παραπάνω μεταφέρει τους χοντρότερους κόκκους, καταλήγει βεβαίως στη χοάνη τροφοδοσίας του μύλου.

### 8.3 Η κατακράτηση του κοινορτού.

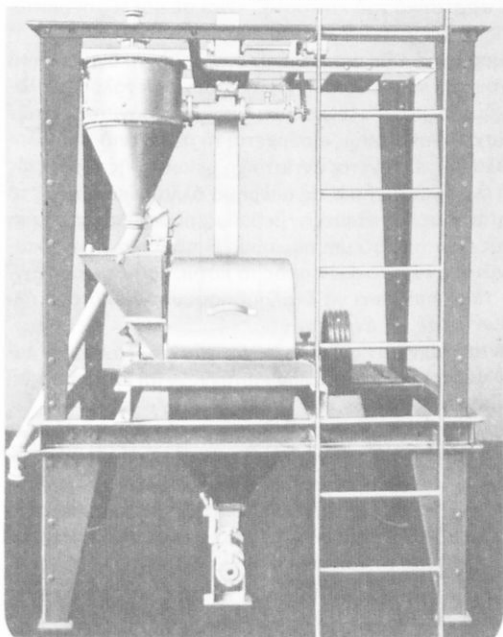
Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι κατά τη μεταφορά, την άλεση και τό κοσκίνισμα των στερεών υλικών δημιουργείται συχνά έκπομπή σκόνης, που προκαλεί κινδύνους για την υγεία των εργαζομένων και απώλεια υλικού. Όπως είδαμε, η αντιμετώπιση του προβλήματος επιχειρείται με την κατασκευή των βιομηχανικών δια-





Σχ. 8.21α.

Όψη ἐκ τῶν ἄνω τοῦ ἀνεμοδιαχωριστῆ τοῦ σχήματος 8.21 κατὰ τό στάδιο τῆς συναρμολογήσεως. Στό κέντρο διακρίνεται ἡ περυγιοφόρα ππερωτή καί στά ἐσωτερικά τοιχώματα οἱ ἐπιφάνειες προ-σφρούσεως τῶν χοντρότερων κόκκων.



Σχ. 8.21β.

Πειραματική διάταξη ἀλέσεως  
με σφαιρόμυλο καί ἀνεμοδιαχωριστή.

τάξεων σέ στεγανή μορφή καί τήν ἐπινόηση εἰδικῶν συσκευῶν γιά τήν κατακράτηση τῆς σκόνης.

Ἀνάλογα προβλήματα δημιουργοῦνται ἐπίσης σέ ὄσες περιπτώσεις ρεύματα ἀέρα ἢ ἀερίων παρὰσύρουν στερεό ὕλικό σέ λεπτούς κόκκους καί σχηματίζουν αἰώρημα, τόν **κονιορτό**. Παραδείγματα εἶναι τά αἰωρήματα τῆς τέφρας καί τῆς αἰθάλης στά καυσάερια, τῶν σκωριῶν καί τῆς σκόνης τοῦ μεταλλεύματος στά ἀέρια τῆς χαλυβουργίας, τῶν λεπτῶν κόκκων τῶν ξηρῶν ὕλικῶν στό θερμό ἀέρα τῶν ξηραντηρίων κλπ.

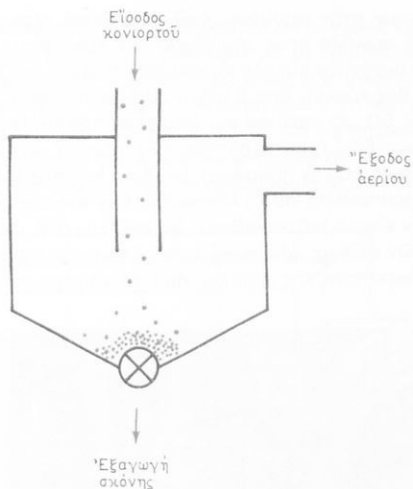
Ἐκτός ἀπό τούς λόγους ὑγιεινῆς καί ἀπώλειας ὕλικου, πού ἀναφέρθηκαν παραπάνω, ἡ παρουσία κονιορτοῦ στά ἐργοστάσια εἶναι ἀνεπιθύμητη γιατί δημιουργεῖ καί ἄλλους σοβαροῦς κινδύνους. Π.χ. τά στερεά σωματίδια, πού παρασύρουν τά ρεύματα τοῦ ἀέρα καί γενικότερα τῶν ἀερίων, προσκρούουν σάν βλήματα στίς μεταλλικές ἐπιφάνειες τῶν σωληνώσεων καί τῶν μηχανημάτων καί προκαλοῦν σημαντικές φθορές. Ἐπίσης, ὁ κονιορτός ἀπό αἰώρημα σκόνης κάρβουνοῦ ἢ ὀργανικῶν οὐσιῶν στόν ἀέρα, μπορεῖ νά ἀποτελέσει ἐκρηκτικό μίγμα.

Ἀπαλλαγὴ ἀπό τούς ἀνεπιθύμητους κονιορτοῦς πού παράγονται σέ ἕνα ἐργοστάσιο, μπορεῖ νά γίνει μέ τή διοχέτευσή τους στήν ἀτμόσφαιρα ἀπό μιά καπνοδόχο. Εἶναι ἀσφαλῶς ἡ εὐκολότερη λύση τοῦ προβλήματος ἀλλά σπάνια θεωρεῖται ἀποδεκτὴ γιὰτί συμβάλλει στή ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας καί προκαλεῖ ἐνόχληση στοῦς κατοίκους τῆς περιοχῆς. Ἡ ἀνάγκη τηρήσεως τῶν ἀπαγορευτικῶν κανονισμῶν πού ἔχει θεσπίσει ἡ πολιτεία, καθῶς καί λόγοι κοινωνικῆς εὐθύνης, ὑποχρεῶνουν τά ἐργοστάσια νά καθαρίσουν τά ἀέρια ἀπό τόν κονιορτό, πρὶν τά ἀποβάλουν στήν ἀτμόσφαιρα. Ἄλλωστε ἡ ἐργασία αὐτὴ συνδυάζεται συχνά μέ οικονομικό ὄφελος, γιὰτί τά στερεά συστατικά τοῦ κονιορτοῦ εἶναι σέ πολλές περιπτώσεις ἀξιοποιήσιμα γιά διάφορες χρήσεις.

Ἡ ἀπλούστερη μέθοδος καθαρισμοῦ τῶν ἀερίων ἀπό ἕνα σημαντικό μέρος τοῦ κονιορτοῦ εἶναι ἡ διοχέτευσή τους σέ **κονιοπαγίδες**. Πρόκειται γιά μεγάλους θάλαμους κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος, στό κέντρο τῶν ὁποίων εἰσάγεται ἐκ τῶν ἄνω τῶ ἀέριο μέ τόν κονιορτό (σχ. 8.3α). Καθῶς εἰσέρχεται τὸ ἀέριο ἀπό τὴ σωλήνωση στό μεγάλο χῶρο τοῦ θάλαμου, ἐπέρχεται ἀντίστοιχη μείωση τῆς ταχύτητάς του καί ἡ σκόνη δέν μπορεῖ νά συγκρατηθεῖ πιά σέ αἰώρημα ἀλλά πέφτει πρὸς τὰ κάτω μέ τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας. Κυρίως πέφτουν, βεβαίως, οἱ μεγαλύτεροι κόκκοι τοῦ κονιορτοῦ, π.χ. μεγέθους ἄνω τῶν 50 μμ περίπου. Ἡ πτώση αὐτὴ διευκολύνεται ἀπό τὴν κεκτημένη ταχύτητα τῶν κόκκων πρὸς τὰ κάτω, καθῶς εἰσέρχονται στήν κονιοπαγίδα, πού δέν τούς ἐπιτρέπει νά ἀκολουθήσουν τὴν ἀπότομη ἀλλαγὴ κατευθύνσεως τῶν ἀερίων πρὸς τὰ ἄνω καί ἔξω.

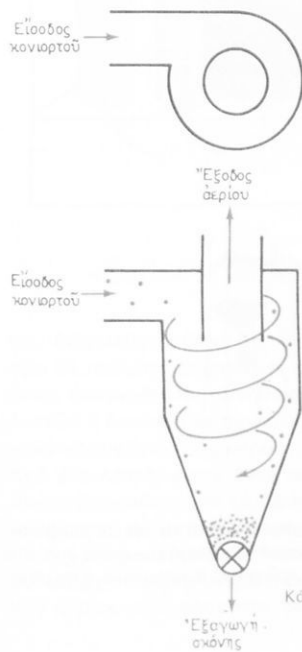
Κονιοπαγίδες χρησιμοποιοῦνται συχνά στίς βιομηχανίες, σάν πρῶτο στάδιο καθαρισμοῦ τῶν ἀερίων. Π.χ. στά ἀέρια τῶν ὑψικαμίνων ἐπιτυγχάνεται κατακράτηση τοῦ 75% περίπου τῆς παρασυρόμενης σκόνης.

Ἀποτελεσματικότερη κατακράτηση τοῦ κονιορτοῦ γίνεται ἂν ἀντὶ γιὰ τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας χρησιμοποιηθεῖ ἡ φυγόκεντρη δύναμη ἀπὸ τὴν κυκλικὴ κίνηση τῶν κόκκων τῆς σκόνης σέ **κυκλῶνες**. Τὸ ἀέριο εἰσάγεται ἐφαπτομενικά, μέ μεγάλη σχετικὰ ταχύτητα (30 m/s περίπου) στό ἄνω τμήμα κωνικῶν δοχείων καί ἀποκτᾷ κατερχόμενη ἐλικοειδὴ κίνηση (σχ. 8.3β). Λόγω τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως οἱ κόκκοι τοῦ κονιορτοῦ ἐκτοπιζοῦνται πρὸς τὸ τοίχωμα τοῦ κώνου, προσκρούουν ἐ-



Σχ. 8.3α.

Κονιοπαγίδα για την κατακράτηση του κονιορτού. Η σκόνη εξάγεται από τον πυθμένα μέσω στεγανού μεταφορικού κοχλία ή στομίου με πτερόγια, ώστε να μη διαφεύγει καί αέριο.

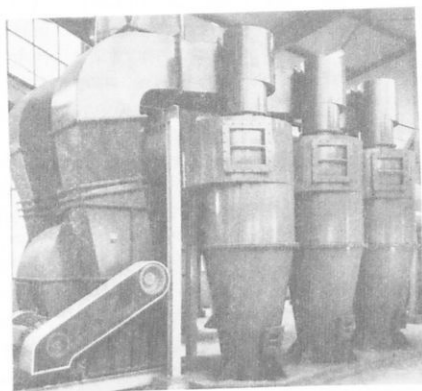


Σχ. 8.3β.

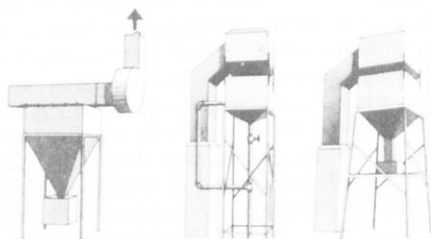
Κάτοψη και τομή ενός κυκλώνα κατακρατήσεως του κονιορτού.

πάνω του και πέφτουν στον πυθμένα, ενώ το καθαρό αέριο ανέρχεται από τον κεντρικό έσωτερικό σωλήνα προς την έξοδο του κυκλώνα.

Οι κυκλώνες έπιτυγχάνουν εύκολα κατακράτηση μέχρι του 95% της περιεχόμενης σκόνης σέ μέγεθος κόκκων από 5 μέχρι 200  $\mu\text{m}$  περίπου. Όπως είδαμε όμως, ήδη από τό μέγεθος 50  $\mu\text{m}$  περίπου και άνω είναι προτιμότερη ή χρησιμοποίηση άπλως κονιοπαγίδων. Έκεί ή κατακράτηση τών κόκκων γίνεται χωρίς δαπάνη ένέργειας σέ φυσητήρες για τήν πρόσδοση μεγάλης ταχύτητας στά αέρια, πού άποτελεί άπαραίτητη προϋπόθεση για τή λειτουργία τών κυκλώνων. Πάντως, ή χρησιμοποίηση κυκλώνων είναι ό πιό συνηθισμένος και ένας από τούς πιό φθηνούς τρόπους καθαρισμού τών αερίων. Μιά πολύ κοινή έφαρμογή τους είναι οι καπνοσουλές για τήν κατακράτηση τής αιθάλης από τά καυσαέρια (σχ. 8.3γ).



α)

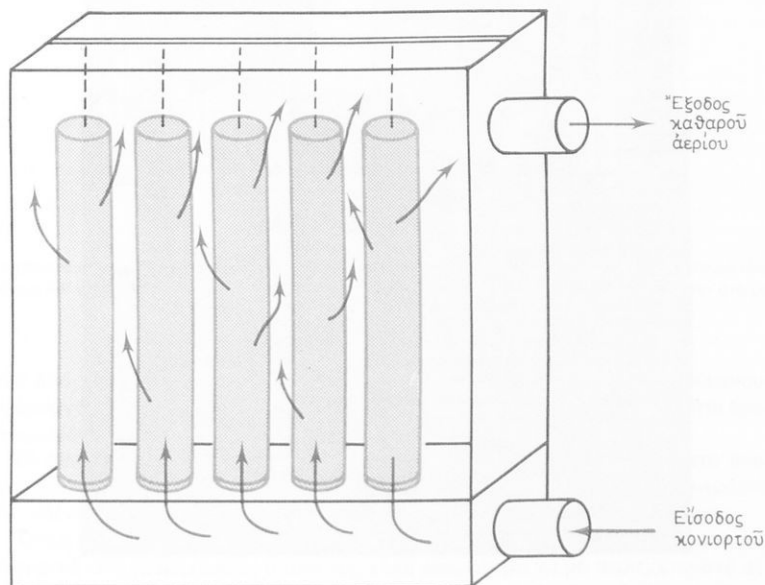


β)

Σχ. 8.3γ.

α) Σειρά 3 κυκλώνων για τήν κατακράτηση τής τέφρας και τής αιθάλης από τά καυσαέρια μις βιομηχανίας. Άριστερά είναι ό φυγοκεντρικός φυσητήρας, πού άναρροφά τά καθαρά καυσαέρια από τούς κυκλώνες. β) Διάφοροι τύποι μικρών αιθαλοσυλλεκτών για τόν καθαρισμό βιομηχανικών ή και οικιακών καυσαερίων.

Πλήρης σχεδόν κατακράτηση του κονιορτού σε μέγεθος κόκκου από 1  $\mu\text{m}$  μέχρι 1mm περίπου είναι δυνατή στα **σακκόφιλτρα** με τη χρησιμοποίηση ύφασμάτων φίλτρων από φυσικές ή τεχνητές ίνες, όπως π.χ. μπαμπάκι, μαλλί, άμιαντος, γυαλί, νύλον, πολυεστέρες και άλλα πολυμερή υλικά. Τά φίλτρα κατασκευάζονται σε σχήμα σάκκων ή σωλήνων διαμέτρου 10-25 cm και μήκους 2-5 m περίπου και τοποθετούνται σε μεγάλους θάλαμους, άναρτημένα σε μεταλλικά ίκριώματα (σχ. 8.36). Ο κονιορτός, ύστερα από μερικό προκαθαρισμό σε κονιοπαγίδες ή κυκλώ-

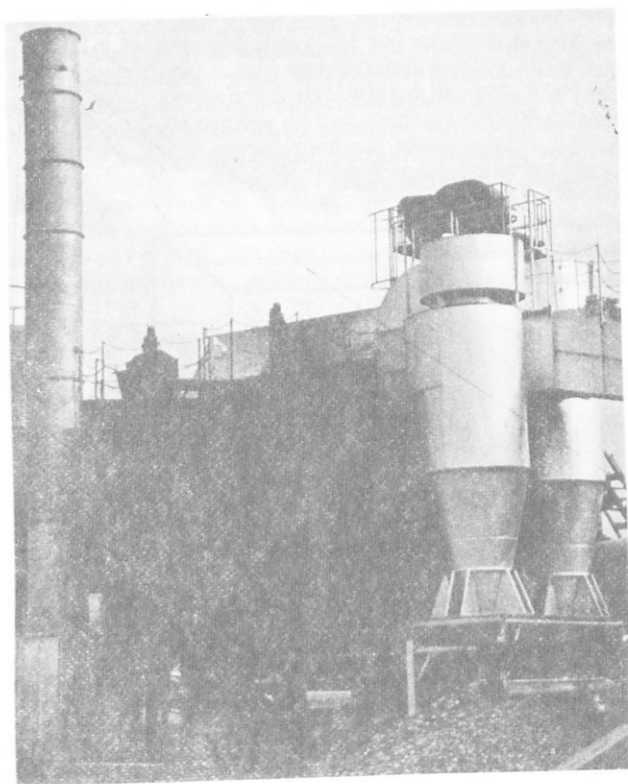


Σχ. 8.36.

Η άνάρτηση των φίλτρων και η κυκλοφορία των αερίων σε ένα σακκόφιλτρο.

νες, διοχετεύεται μέσα από τά φίλτρα και ή σκόνη συγκρατείται επάνω στο ύφασμα σε ποσοστό που φτάνει τό 99,0% μέχρι 99,5% περίπου. Η ύψηλή αυτή απόδοση επιτυγχάνεται συνήθως ύστερα από μία αρχική περίοδο λειτουργίας λίγων λεπτών ή δευτερολέπτων, ώστε οι κόκκοι τής σκόνης νά φράξουν τούς σχετικά μεγαλύτερους από τούς πόρους του φίλτρου. Μέ περιοδικά τινάγματα των φίλτρων ανά 2-3 λεπτά, μέσω ενός αυτόματου μηχανικού συστήματος, ή συγκρατημένη σκόνη αποσπάζεται από τά ύφασματα, πέφτει στον πυθμένα του θαλάμου και απομακρύνεται μέ μεταφορικούς κοχλίες (σχ. 8.3ε).

Η χρησιμοποίηση των σακκοφίλτρων είναι δυνατή μόνο όταν τά αέρια είναι ξηρά και σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας. Η ύγρασία προκαλεί τήν πλήρη ξμφραξη των πόρων του ύφάματος, μέ αποτέλεσμα νά έμποδίζεται ή διέλευση του αερίου,

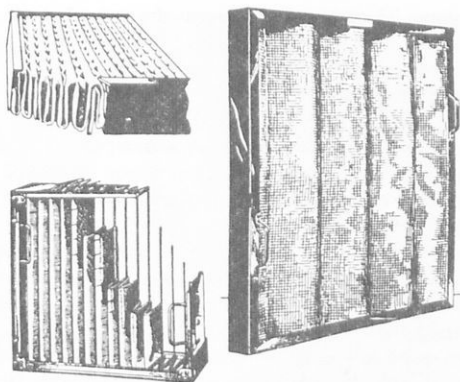


Σχ. 8.3ε.

Οι δύο κυκλώνες στο δεξιό τμήμα της φωτογραφίας έκτελούν προκαθαρισμό των αερίων ενός βιομηχανικού ξηραντηρίου, πριν από την είσαγωγή τους στα σακκόφιλτρα, που είναι τοποθετημένα στα δύο κυλινδρικά δοχεία, δίπλα στην καπνοδόχο.

ή δέ ύψηλή θερμοκρασία καταστρέφει τις ίνες του, ιδίως αν τό ύφασμα είναι κατασκευασμένο από μη άνθεκτικό ύλικό. Π.χ. τό μέγιστο έπιτρεπόμενο όριο θερμοκρασίας για φίλτρα από μπαμπάκι είναι 70°C, από νάυλον ή από μαλλί 95°C, από πολυεστέρες 140°C, από γυαλί 260°C και από άμίαντο 350°C.

Σέ όρισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. στις βιομηχανίες παραγωγής φαρμάκων, ό άτμοσφαιρικός άέρας, που κυκλοφορεί στους χώρους του έργοστασίου, πρέπει να είναι ιδιαίτερα καθαρός, άπαλλαγμένος και από τούς μικρότερους κόκκους τής σκόνης, μεγέθους μέχρι 0,2μm περίπου. Για τό σκοπό αυτό, ό άέρας διοχετεύεται μέσα από είδικά **φίλτρα άέρα** (σχ. 8.3στ) που άποτελούνται από μεταλλικά πλαίσια, στα όποια είναι προσαρμοσμένα λεπτοπορώδη ύλικά, όπως π.χ. έμποτισμένο χαρτί, τσόχα, μίγμα κυτταρίνης και άμιάντου ή ιών γυαλιού και χαρτιού κλπ. Τά τελευ-



Σχ. 8.3στ.

Διάφοροι τύποι φίλτρων αέρα.

Τό χάρτινο φίλτρο άνω άριστερά είναι μιάς μόνο χρήσεως. Τό μεταλλικό πλαίσιο κάτω άριστερά είναι μόνιμο και γίνεται άντικατάσταση του άναδιπλωμένου φίλτρου. Τό φίλτρο πού συγκρατείται στό μεταλλικό πλέγμα δεξιά, πλένεται καί ξαναχρησιμοποιείται.

ταΐα από τά ύλικά αυτά είναι ίκανά νά συγκρατοϋν άκόμα καί τούς αίωρούμενους μικροοργανισμούς, ώστε ο άέρας πού περνά από τή μάζα τους νά θεωρείται άποστειρωμένος (στεΐρα διήθηση).

Τά φίλτρα αέρα είναι είτε μιάς μόνο χρήσεως, δηλαδή άπορρίπτονται όταν άποφραχθοϋν έντελώς οι πόροι τους καί δέν αφήνουν καθόλου τόν άέρα νά περάσει, είτε πλένονται για νά άπαλλαγοϋν από τή σκόνη καί ξαναχρησιμοποιοϋνται.

Όπως είδαμε ώς τώρα, για νά πραγματοποιηθεΐ μέ έπιτυχία ή κατακράτηση του κονιορτοϋ στίς βιομηχανικές συσκευές, είναι άπαραίτητο νά μή περιέχεται στό άέριο ύγρασία σέ ύψηλό ποσοστό. Πρόκειται δηλαδή για **ξηρές μεθόδους** καθαρισμοϋ τών αερίων. Ίκανοποιητικός όμως καθαρισμός μπορεί νά πραγματοποιηθεΐ επίσης μέ τίς **ύγρές μεθόδους**, όπου ή κατακράτηση του κονιορτοϋ επιδιώκεται είτε μέ τήν προσκόλλησή των κόκκων τής σκόνης σέ σταγόνες ή σέ έπιφάνειες νεροϋ, είτε μέ τήν προσρόφηση μορίων νεροϋ σέ αυτούς, ώστε νά αύξηθεΐ τό βάρος τους. Όταν οι κόκκοι άποκτήσουν μεγάλο σχετικά βάρος, δέν μπορούν νά παραμείνουν πιά σέ αίώρημα στόν κονιορτό καί άποχωρίζονται πέφτοντας μέ τή δύναμη τής βαρύτητας.

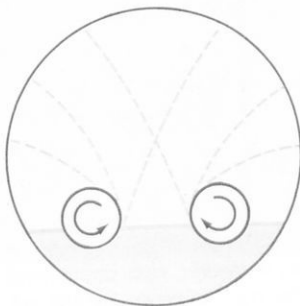
Οι κυριότερες βιομηχανικές συσκευές για τόν καθαρισμό τών αερίων μέ ύγρές μεθόδους είναι οι **πύργοι πλύσεως** καί τά **πλυντήρια αερίων**.

Ή κατασκευή καί ή λειτουργία των πύργων πλύσεως είναι όμοιες μέ των πύργων άπορροφήσεως αερίων πού γνωρίσαμε στό προηγούμενο κεφάλαιο. Ή μόνη διαφορά είναι ότι τώρα δέν επιδιώκεται ή διάλυση ενός ή περισσότερων από τά άέρια συστατικά ενός αερίου μίγματος, αλλά ή κατακράτηση των αίωρούμένων στερεών κόκκων. Συνήθως χρησιμοποιοϋνται **πύργοι καταιονισμοϋ** (σχ. 7.7), στόν κενό χώρο τών όποίων έκτοξεύεται νερό, σάν βροχή, σέ σταγόνες διαμέτρου 0,5

μέχρι 1,0 mm περίπου. Ο κονιορτός εισάγεται είτε στη βάση του πύργου και τόν διασχίζει **κατ' αντίρροη** προς τις κατερχόμενες σταγόνες, είτε διαβιβάζεται στην κορυφή του και κινείται **σέ όμορροη** μέ τό νερό. Τό μέγεθος τών κόκκων, πού προσκολλοῦνται στίς σταγόνες καί κατακρατοῦνται τελικά στό νερό πού συγκεντρώνεται στόν πυθμένα τοῦ πύργου, εἶναι από 10μm καί ἄνω.

Σπανιότερα χρησιμοποιοῦνται οἱ **πύργοι πληρώσεως** (σχ. 7.7), ἄν καί παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα κατακρατήσεως κονιορτοῦ μέ κόκκους μεγέθους σχεδόν μέχρι 1μm. Τό ὑλικό πληρώσεως τών πύργων αὐτῶν ἀποτελεῖται συνήθως ἀπό τεμάχια κώκ, χαλίκια ἢ ἄμμο.

Τά **πλυντήρια ἐκτοξεύσεως** στηρίζονται στήν ἴδια ἀρχή λειτουργίας μέ τοῦς πύργους καταιονισμοῦ. Ἀποτελοῦνται ἀπό μεγάλα κυλινδρικά δοχεῖα, κατά τό 1/4 περίπου πλήρη μέ νερό. Δύο ἄξονες, μέ σειρές ἀπό μεταλλικούς δίσκους προσαρμοσμένους σέ μικρές ἀποστάσεις, εἶναι μισοβυθισμένοι στό νερό καί περιστρέφονται μέ ἀντίθετη φορά (σχ. 8.3ζ). Ἡ περιστροφή τών δίσκων ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τήν ἐκτόξευση σταγόνων νεροῦ πρὸς τόν ἄνω κενό χῶρο τοῦ δοχείου, ὅπου κυκλοφορεῖ τό ἀέριο μέ τόν κονιορτό. Ὅπως καί στήν περίπτωση τών πύργων καταιονισμοῦ, οἱ κόκκοι τοῦ κονιορτοῦ προσκολλοῦνται στίς σταγόνες τοῦ νεροῦ καί πέφτουν πρὸς τά κάτω.



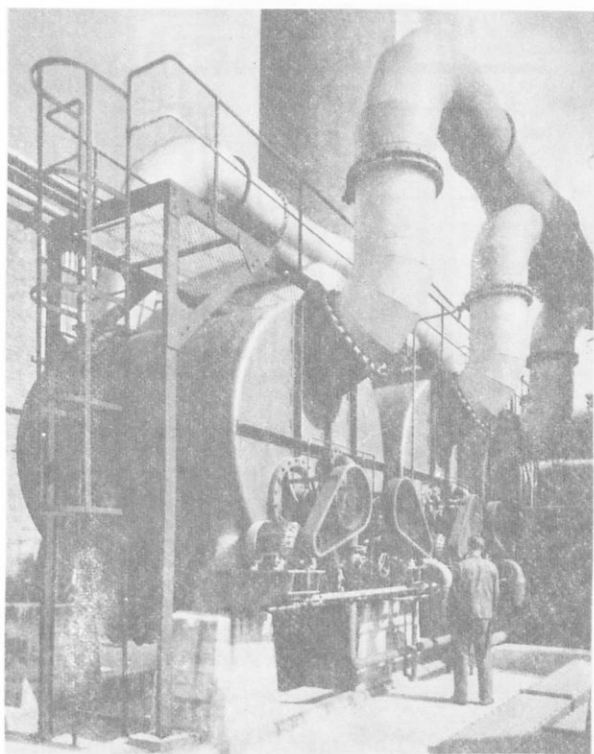
Σχ 8.3ζ.

Ἡ ἀρχή τῆς λειτουργίας τοῦ πλυντηρίου ἐκτοξεύσεως.

Ὅταν οἱ ποσότητες τών ἀερίων πού πρόκειται νά καθαρισθοῦν εἶναι πολύ μεγάλες, χρησιμοποιοῦνται περισσότερα πλυντήρια σέ παράλληλη σύνδεση. Τά τρία πλυντήρια τοῦ σχήματος 8.3η ἔχουν συνολική ἡμερήσια ικανότητα καθαρισμοῦ 1.400.000 m<sup>3</sup> ἀερίου μέ κονιορτό.

Τά **πλυντήρια ἀκροφυσίου** ἔχουν πολλές ὁμοιότητες μέ τοῦς ἐγχυτήρες, πού γνωρίσαμε στήν παράγραφο 5.3. Στήν κορυφή ἑνός κωνικοῦ πύργου ἐκτοξεύεται νερό πρὸς τά κάτω μέ μεγάλη πίεση, σέ σταγονίδια διαμέτρου 0,1 mm περίπου, τά ὁποῖα συμπαρασύρουν ἢ συλλαμβάνουν τοῦς κόκκους τοῦ κονιορτοῦ, πού εἰσάγεται ἐπίσης στό ἴδιο σημείο τοῦ πύργου. Ὁ ἀποχωρισμός τών σταγονιδίων καί τών κόκκων ἀπό τό καθαρό ἀέριο διευκολύνεται μέ μία ἀπότομη ἀναστροφή τῆς κατευθύνσεως τους πρὸς τά ἄνω, τήν ὁποία δέν ἀκολουθοῦν τά στερεά καί ὑγρά συ-





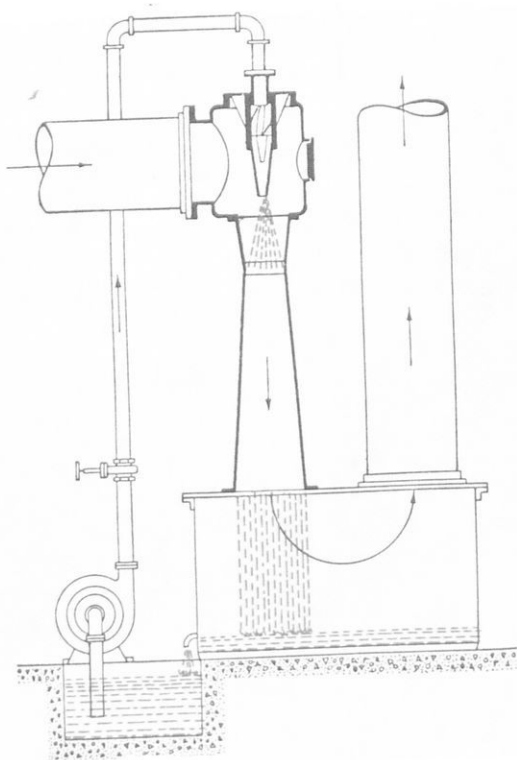
Σχ. 8.3η.

Τρία πλυντήρια έκτοξεύσεως για τόν καθαρισμό αερίων.

Στό έμπρός μέρος των κυλινδρικών δοχείων διακρίνονται οι ηλεκτροκινητήρες, ιμάντες καί τροχαλίες κινήσεως των αξόνων των περιστρεφόμενων δίσκων.

στατικά, λόγω τής αδράνειάς τους (σχ. 8.3θ). Τό μέγεθος των κόκκων του κονιορτού πού κατακρατείται στά πλυντήρια άκροφυσίου εΐναι μέχρι 1μm περίπου.

Έκτός από τίς παρακάτω ξηρές καί υγρές μεθόδους καθαρισμού των αερίων σήμερα χρησιμοποιείται σέ διαρκώς αυξανόμενη κλίμακα καί μιά άλλη μέθοδος, πού στηρίζεται σέ έντελώς διαφορετική άρχή λειτουργίας. Πρόκειται για τόν **ήλεκτροστατικό καθαρισμό**, πού διεξάγεται σέ **ήλεκτρόφιλτρα**. Τό άέριο μέ τόν κονιορτό οδηγείται σέ θάλαμους, όπου μέ τή χρησιμοποίηση ήλεκτροδίων μεγάλων διαστάσεων εφαρμόζονται πολύ ύψηλές ηλεκτρικές τάσεις (50000-70000 volts) καί προκαλείται απόσπαση ήλεκτρονίων από τά άτομα καί τά μόρια του άερίου. Τά φορτισμένα σωματίδια πού σχηματίζονται, δηλαδή τά ήλεκτρόνια μέ άρνητικό φορτίο καί ίόντα μέ θετικό φορτίο, κινούνται πρós τά αντίθετα φορτισμένα ήλε-



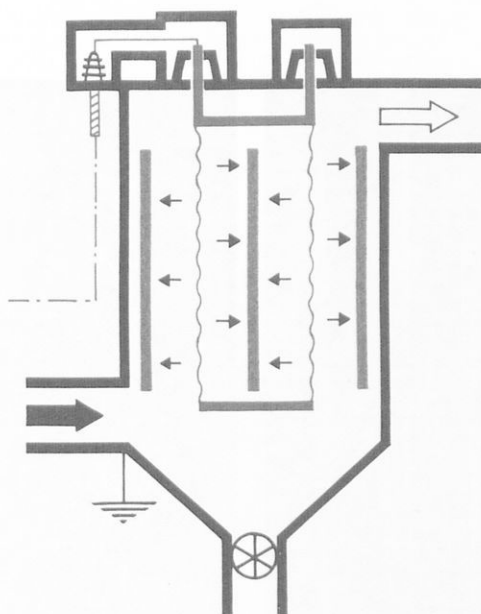
Σχ. 8.30.

Καθαρισμός αερίων με τη μέθοδο του πλυντηρίου ακροφυσίου.

Η απαιτούμενη υψηλή πίεση του νερού δημιουργείται στην πολυβάθμια φυγόκεντρη αντλία.

κτρόδια και κατά τη διαδρομή τους προσκρούουν στους κόκκους του κονιορτού, με αποτέλεσμα να τους συμπαρασύρουν προς τα ηλεκτρόδια. Κυρίως, επικρατεί η δράση των ηλεκτρονίων και οι κόκκοι του κονιορτού συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των θετικών ηλεκτροδίων, όπου αποφορτίζονται και πέφτουν με τη δύναμη της βαρύτητας προς τον πυθμένα του θαλάμου (σχ. 8.31).

Ως αρνητικά ηλεκτρόδια (κάθοδοι) χρησιμοποιούνται συνήθως στα ηλεκτροφίλτρα σύρματα από άνθεκτικά μέταλλα, όπως οι άνοξειδωτοι χάλυβες, οι χαλκός, ο μόλυβδος, διαμέτρου 1,5 έως 3,0 mm περίπου. Τα θετικά ηλεκτρόδια (άνοδοι) είναι γειωμένες πλάκες από άνθεκτικά επίσης μέταλλα, αναρτημένες σε αποστάσεις ανά 20-30 cm περίπου (σχ. 8.31α). Το αέριο διέρχεται μεταξύ των ηλεκτροδίων με μικρή σχετικά ταχύτητα και απαλλάσσεται από τους κόκκους του κονιορτού με μέγεθος 0,1 έως 20μm περίπου κατά ποσοστό 95% ή και μεγαλύτερο. Αν το



Σχ. 8.3i.

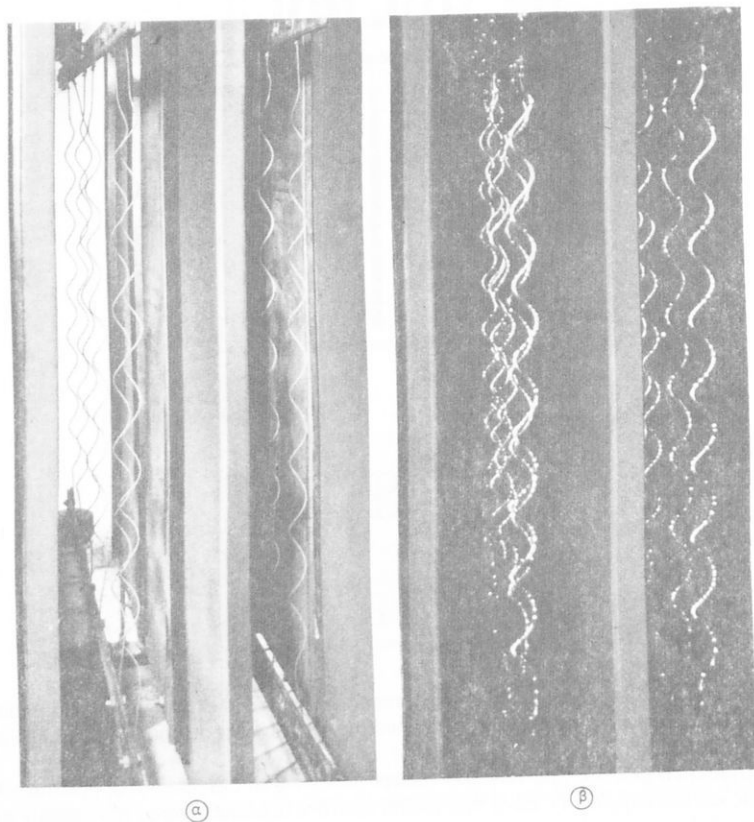
Ἡ κίνηση τῶν κόκκων τοῦ κονιορτοῦ μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων ἑνός ηλεκτρόφιλτρου.

Ἡλεκτρόφιλτρο λειτουργεῖ στίς εὐνοϊκότερες συνθήκες ηλεκτρικῆς τάσεως, ὑγρασίας, θερμοκρασίας καί ταχύτητας τοῦ ἀερίου, ἢ κατακράτηση τοῦ κονιορτοῦ φθάνει μέχρι 99,9%.

Σημαντικό μειονέκτημα τῶν ηλεκτρόφιλτρων εἶναι τό ὑψηλό κόστος ἐγκαταστάσεως καί λειτουργίας. Γι' αὐτό προηγεῖται πάντοτε προκαθαρισμός τῶν ἀερίων σέ ἄλλες ἀπλούστερες βιομηχανικές συσκευές (κονιοπαγίδες, κυκλῶνες, πύργοι πλύσεως, πλυντήρια), ὥστε νά ἔχει ἤδη ἀπομακρυνθεῖ ἕνα σημαντικό μέρος τοῦ κονιορτοῦ, πρὶν φθάσουν στό Ἡλεκτρόφιλτρο. Στό σχῆμα 8.3iβ βλέπομε μιά συνδυασμένη ἐγκατάσταση καθαρισμοῦ τῶν ἀερίων μιᾶς χαλυβουργίας, πού περιλαμβάνει τό διαδοχικό καθαρισμό τους σέ ἕνα μεγάλο πύργο καταιονισμοῦ καί ἕνα Ἡλεκτρόφιλτρο, προτοῦ ἀποβληθοῦν στήν ἀτμόσφαιρα ἀπό τήν καπνοδόχο.

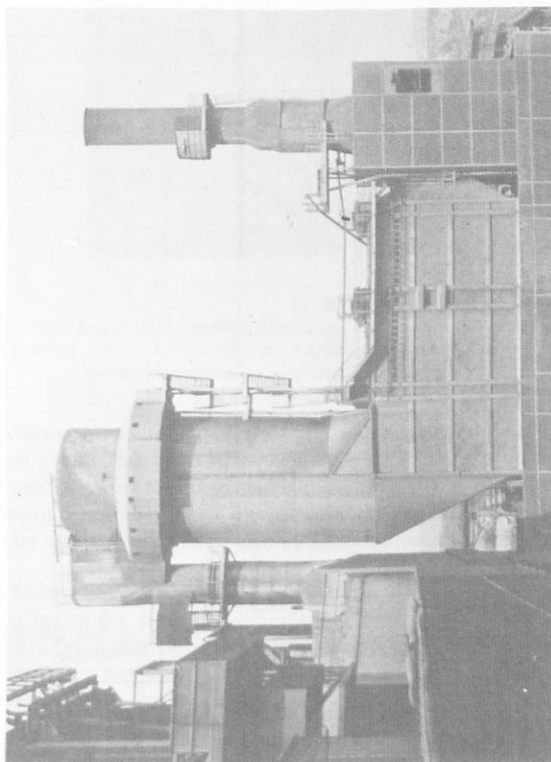
#### 8.4 Ἡλεκτροστατικός καί μαγνητικός διαχωρισμός.

Ἐκτός ἀπό τήν κατακράτηση τοῦ κονιορτοῦ σέ Ἡλεκτρόφιλτρα, πού εἶδαμε στήν προηγούμενη παράγραφο, ἰσχυρά ηλεκτρικά πεδία ἐφαρμόζονται ἐπίσης γιά τό διαχωρισμό στερεῶν ὑλικῶν σέ διάφορα συστατικά τους, ἀνάλογα μέ τήν ηλεκτρική τους ἀγωγιμότητα.



Σχ. 8.3α.

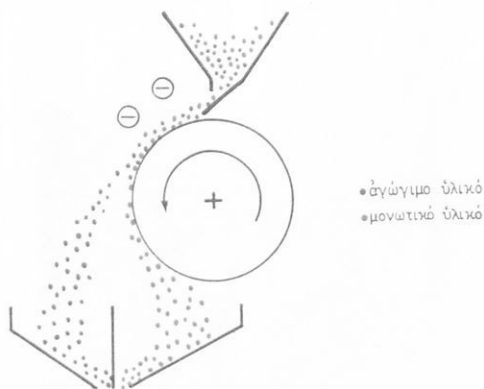
Αναρτημένα άρνητικά (σύρματα) και θετικά (πλάκες) ηλεκτρόδια στο έσωτερικό ενός ηλεκτρόφιλου. Τά σύρματα στη δεξιά φωτογραφία φωτίζονται από τις συνεχείς ηλεκτρικές έκκενώσεις, που παράγονται μεταξύ των ηλεκτροδίων κατά τη λειτουργία του ηλεκτρόφιλου.



**Σχ. 8.3ιβ.**

Έγκατάσταση διαδοχικού καθαρισμού αερίων σε πύργο καταιονισμού και ηλεκτρόφιλτρο. Το αέριο με τόν κωνιορτό ανέρχεται στον άριστο κατακόρυφο σωλήνα, εισάγεται στην κορυφή του πύργου καταιονισμού και κατόπιν κινείται οριζόντια μέσω του ηλεκτρόφιλτρου προς την καπνοδόχο.

Οι κόκκοι του στερεού υλικού ρίχονται στο χώρο του ηλεκτρικού πεδίου, όπου έχουν ήδη δημιουργηθεί ελεύθερα ηλεκτρόνια από τον ιονισμό των ατόμων και μορίων του αέρα. Κατά την πτώση τους, οι κόκκοι συναντούν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, φορτίζονται από αυτά και παρασύρονται προς την άνοδο του πεδίου, που την αποτελεί ένα περιστρεφόμενο γειωμένο τύμπανο (σχ. 8.4α). Όσοι από τους



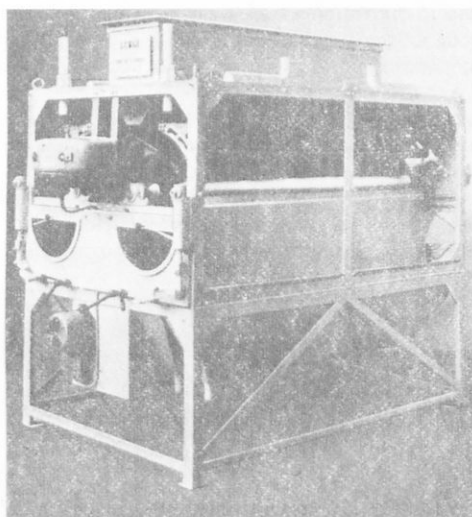
Σχ. 8.4α.

Ήλεκτροστατικός διαχωρισμός αγωγίμων και μονωτικών υλικών.

κόκκους αποτελούνται από αγωγίμο υλικό, μόλις άκουμπίσουν στην επιφάνεια του τυμπάνου αποφορτίζονται άμέσως και έκτινάζονται σε απόσταση με την όρμή που τους δίνει η περιστροφική του κίνηση. Αντιθέτως, οι κόκκοι των λιγότερο αγωγίμων ή των μονωτικών υλικών διατηρούν τό άρνητικό τους φορτίο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και παραμένουν προσκολλημένοι στο τύμπανο, μέχρι νά τους αποσπάσει η δύναμη τής βαρύτητας.

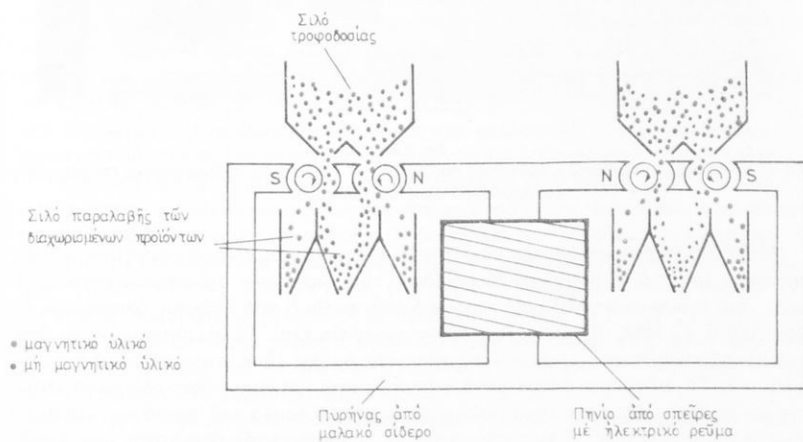
Στή φωτογραφία του σχήματος 8.4β βλέπομε ένα διπλό **ηλεκτροστατικό διαχωριστή**, που αποτελείται από δύο παράλληλα τύμπανα μήκους 1,5 m και χρησιμοποιείται για την επεξεργασία μεταλλευμάτων. Ή απόδοση των ηλεκτροστατικών διαχωριστών είναι γενικά μικρή (0,6 έως 3 t/h ανά μέτρο μήκους τυμπάνου). Ήπίσης παρουσιάζουν τό μειονέκτημα ότι τό υλικό πρέπει νά έχει μεγέθη κόκκων καθορισμένης περιοχής (0,05 έως 3 mm).

Κατά τρόπο άνάλογο, άν τά συστατικά ενός μίγματος παρουσιάζουν διαφορές στις μαγνητικές και όχι στις ηλεκτρικές τους ιδιότητες, διαχωρίζονται με τή βοήθεια ενός ίσχυρου μαγνητικού πεδίου, που εφαρμόζεται σε όμοιες βιομηχανικές συσκευές. Στο σχήμα 8.4γ δείχνεται η λειτουργία ενός **μαγνητικού διαχωριστή**, που αποτελείται από ένα ηλεκτρομαγνήτη με πυρήνα σε σχήμα όριζόντιου  $\Theta$  και με περιστρεφόμενους κυλίνδρους στά μαγνητικά ζυγώματα. Τό ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει τίς σπείρες του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη, δημιουργεί ίσχυρό μαγνητικό πεδίο, έντάσεως 20.000 Gauss περίπου. Τό υλικό ρίχεται μεταξύ των κυλίν-



Σχ. 8.4β.

Ηλεκτροστατικός διαχωριστής για την απομάκρυνση των μονωτικών κόκκων χαλαζία από μετάλλευμα αιματίτη. Έπάνω από τό τύμπανο διακρίνονται οι δύο κάθοδοι μορφής ράβδων.

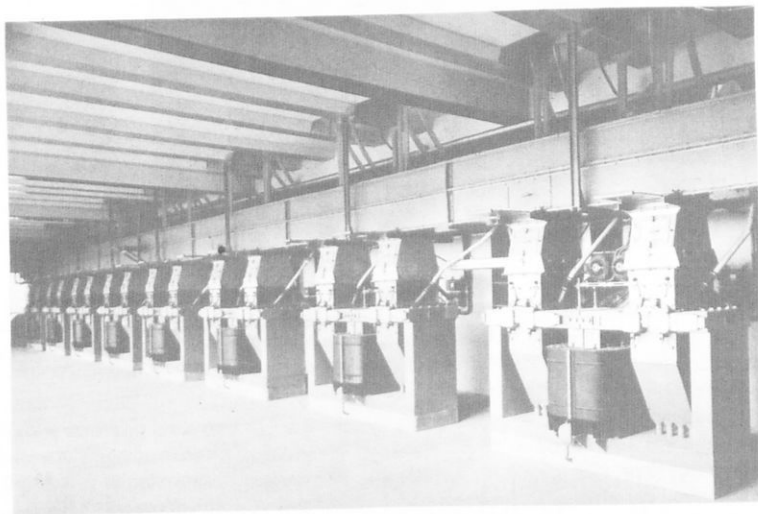


Σχ. 8.4γ.

Μαγνητικός διαχωριστής με ηλεκτρομαγνήτη και διπλό μαγνητικό ζύγωμα.

δρων καί ὅποια ἀπό τά συστατικά του εἶναι μαγνητικά μαγνητίζονται ἐξ ἐπαγωγῆς καί ἐκτρέπονται πρὸς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτη. Τά μὴ μαγνητικά συστατικά τοῦ ὑλικοῦ μένου ἀνεπηρέαστα ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο, πέφτουν κατακόρυφα καί συγκεντρώνονται σὲ χωριστὰ σιλῶ.

Μαγνητικοὶ διαχωριστές χρησιμοποιοῦνται συχνά γιὰ τὸν ἐμπλουτισμὸ τῶν σιδηρομεταλλευμάτων, ἐπειδὴ οἱ ἐνώσεις τοῦ σιδήρου πού περιέχουν εἶναι μαγνητικές, ἐνῶ οἱ ἀχρηστες προσμίξεις τῶν μεταλλευμάτων εἶναι συνήθως μὴ μαγνητικές (σχ. 8.4δ). Τὸ μετάλλευμα μπορεῖ νὰ εἶναι σὲ κόκκους διαφόρων μεγεθῶν, ἀπὸ 0,1 mm μέχρι 3 cm περίπου. Δηλαδή ὡς πρὸς τὸ σημεῖο αὐτὸ οἱ μαγνητικοὶ διαχωριστές πλεονεκτοῦν σὲ σύγκριση μὲ τοὺς ηλεκτροστατικούς διαχωριστές.

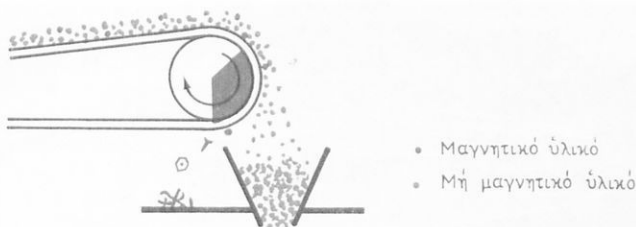


Σχ. 8.4ε.

Σειρά μαγνητικῶν διαχωριστῶν, τοῦ τύπου πού δείχνει τὸ σχῆμα 8.4γ, σὲ βιομηχανικὴ ἐγκατάσταση ἐμπλουτισμοῦ σιδηρομεταλλεύματος.

Μία ἄλλη συχνὴ χρῆση τῶν μαγνητικῶν διαχωριστῶν εἶναι ἡ μαγνήτηση καί ἀπομάκρυνση, ἀπὸ τὰ βιομηχανικά προϊόντα, τῶν διαφόρων σιδηρένιων ἀντικειμένων πού ἔχουν ἀναμιχθεῖ μαζί τους ἀπὸ ἀπροσεξία ἢ ἀπὸ ἀτύχημα (σπασμένα ἐξαρτήματα, καρφιά, σύρματα, ξεχασμένα ἐργαλεῖα κλπ). Τὸ ὑλικὸ ἀποχύνεται ἀπὸ μιά μεταφορικὴ ταινία, τὸ ἀκράιο τύμπανο τῆς ὁποίας εἶναι μαγνήτης κατὰ ἓνα τομέα του. Τά σιδηρένια ἀντικείμενα μαγνητίζονται, μένου προσκολλημένα στὴν ταινία, σὲ ὅσο μῆκος της ἐφάπτεται στὸ μαγνητικὸ τομέα τοῦ τυμπάνου, καί ἀμέσως ὕστερα πέφτουν σὲ χωριστὸ σωρὸ μὲ τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας (σχ. 8.4ε). Μὲ τὴν ἀπομάκρυνση τῶν σιδηρένιων ἀντικειμένων ἀποφεύγονται οἱ βλάβες πού θὰ μπορούσαν νὰ προκαλέσουν παρακάτω στὰ μηχανήματα μεταφορᾶς ἢ ἐλαττώσεως μεγέθους (μεταφορικοὶ κοχλίες, θραυστήρες, μύλοι κλπ.)





Σχ. 8.4ε.

Άποχωρισμός σιδηρένιων αντικειμένων σε μεταφορική ταινία με μαγνητικό τύμπανο.

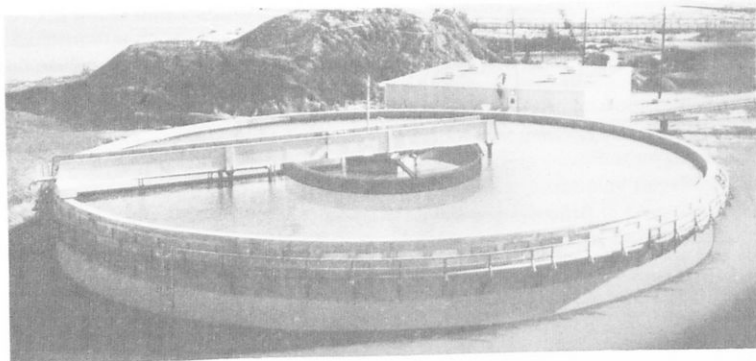
### 8.5 Καθίζηση, φυγοκέντρωση και επίπλευση των αιώρημάτων.

Όταν οι κόκκοι του διασπαρμένου στερεού σε ένα υγρό αιώρημα, πού βρίσκεται σε ήρεμία σε ένα δοχείο, έχουν διαφορετική πυκνότητα από το υγρό, παρουσιάζεται αυθόρμητα με τη δύναμη της βαρύτητας ή τάση διαχωρισμού των κόκκων και η διαύγαση του υγρού. Αν η πυκνότητα του στερεού είναι μεγαλύτερη από του υγρού, οι κόκκοι καθιζάνουν προς τον πυθμένα του δοχείου, ενώ στην αντίθεση περίπτωση ανέρχονται και επιλέουν στην επιφάνεια του υγρού. Το πρώτο φαινόμενο ονομάζεται **καθίζηση** και το δεύτερο **επίπλευση** των αιώρημάτων.

Η αυθόρμητη καθίζηση των αιώρημάτων διεξάγεται συνήθως με πολύ βραδύ ρυθμό, γι' αυτό απαιτείται συχνά ή επιτάχυνσή του με τη βοήθεια χημικών ή μηχανικών μέσων, ώστε να μη καθυστερεί υπερβολικά ή διαδικασία του διαχωρισμού. Π.χ. με την προσθήκη στο αιώρημα μικρών ποσοτήτων **θρομβωτικών ουσιών**, όπως είναι το θειικό άργιλλιο, οι στυπτηρίες και άλλα άλατα, είτε διευκολύνεται ή συνένωση των μικροτέρων κόκκων του διασπαρμένου στερεού, μεγέθους 0,1 έως 2 μm και ο σχηματισμός μεγαλύτερων συσσωματωμάτων που καθιζάνουν ταχύτερα, είτε σχηματίζεται στο αιώρημα ένα νέφος από κολλοειδείς ουσίες που καθώς κατέρχεται προς τον πυθμένα παρασύρει μαζί του και τους αιωρούμενους κόκκους.

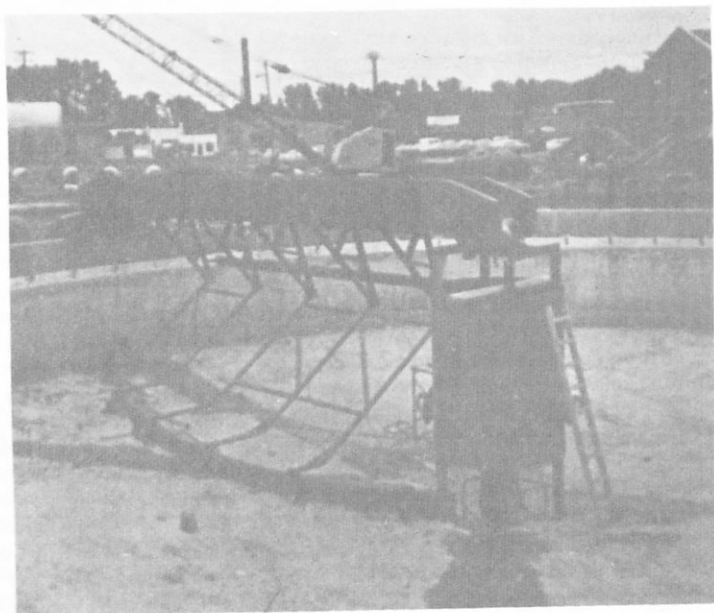
Μηχανική θρόμβωση πραγματοποιείται συνήθως με ήπια ανάδευση του αιώρηματος, ώστε να δοθεί ή ευκαιρία στους κόκκους του στερεού να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους και να συσσωματωθούν. Η διεργασία αυτή ονομάζεται **πάχυνση** του αιώρηματος και διεξάγεται σε μεγάλες δεξαμενές, χαλύβδινες ή από μπετόν, διαμέτρου 10 έως 50 m και βάθους 2 έως 5 m περίπου (σχ. 8.5α), όπου περιστρέφονται ένας ή περισσότεροι βραχίονες με βραδύτατο ρυθμό (π.χ. 2 έως 3 περιστροφές την ώρα). Στο κάτω μέρος ο βραχίονας έχει στερεωμένα ξέστρα, τα οποία προωθούν το ίζημα που κατακαθίζει στον κωνικό πυθμένα της δεξαμενής και το συγκεντρώνουν στο κεντρικό στόμιο εξαγωγής (σχ. 8.5β). Από εκεί το ίζημα απομακρύνεται είτε με υπόγεια σωλήνωση είτε με άντληση σε μορφή άραιης λάσπης, το δέ διαυγασμένο υγρό υπερχειλίζει στο άνω μέρος της δεξαμενής (σχ. 8.5γ).

Ο χρόνος που απαιτείται να παραμείνουν τα αιώρηματα στους **παχυντές**, μέχρι να πραγματοποιηθεί ικανοποιητική καθίζηση, είναι περίπου 1 έως 2 ώρες και εξαρτάται από το έμβαδό της δεξαμενής. Επειδή η ταχύτητα καθόδου των στερεών



Σχ. 8.5α.

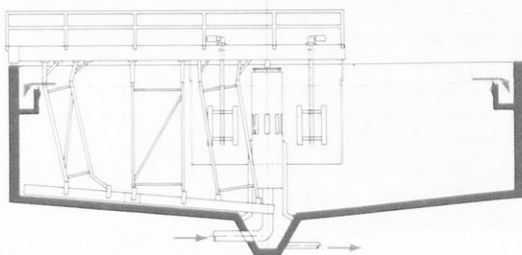
Δεξαμενή καθιζήσεως και παχύνσεως για τον καθαρισμό υδατικού αιώρηματος βιομηχανικών αποβλήτων.



Σχ. 8.5β.

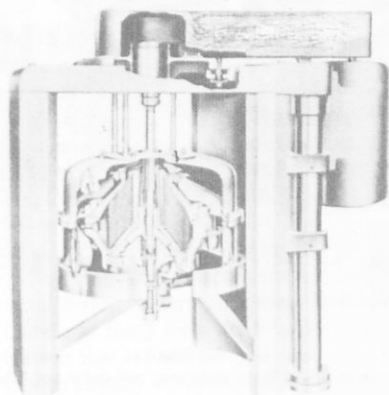
Περιστρεφόμενος βραχίονας με ξέστρα του πυθμένα σε κενή δεξαμενή καθιζήσεως.

συστατικῶν κάθε αιώρηματος πρὸς τὸν πυθμένα τῆς δεξαμενῆς εἶναι σταθερή, ὅσο μεγαλύτερη ἐπιφάνεια καὶ ἐπομένως ὅσο μικρότερο βάθος ἔχει ὁ παχυντής, στὸν ὁποῖο εἰσάγεται μία ποσότητα ἀκάθартου ὑγροῦ, τόσο ταχύτερα θά γίνει ἡ συγκέντρωση τοῦ ἰζήματος στὸν πυθμένα του. Συνήθως οἱ παχυντές, ὅπως τῶν σχημάτων 8.5γ καὶ 8.6δ, εἶναι συνεχοῦς λειτουργίας καὶ ἡ ἰκανότητά τους, ἐκφρασμένη σὲ ὠριαία παροχὴ ὑγροῦ ἀνά τετραγωνικὸ μέτρο ἐπιφάνειας τῆς δεξαμενῆς, εἶναι 0,5 ἕως 2,5  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$  περίπου, ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τοῦ αἰωρήματος καὶ τὴν ταχύτητα καθιζήσεώς του.



Σχ. 8.5γ.

Δεξαμενὴ καθιζήσεως καὶ παχύνσεως, ὅπως τοῦ σχήματος 8.5α, μὲ εἰσαγωγή τοῦ αἰωρήματος ἐκ τῶν κάτω στὸ κέντρο τῆς δεξαμενῆς, ἐξαγωγή τῆς λάσπης ἀπὸ τὸν πυθμένα καὶ ὑπερχείλιση τοῦ διαυγοῦς νεροῦ σὲ περιφερειακὸ αὐλάκι. Στὸν περιστρεφόμενο βραχίονα εἶναι προσαρμοσμένοι δύο ἀναδευτήρες γιὰ τὴ διασπορά τῆς θρομβωτικῆς οὐσίας.

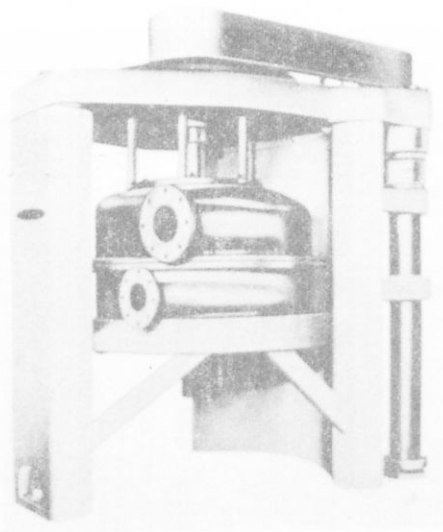


Σχ. 8.5δ.

Τομή σὲ κατακόρυφη φυγόκεντρη. Στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ δοχείου διακρίνονται οἱ κωνικοὶ δίσκοι ποῦ μεταδίδουν τὴ φυγόκεντρη δύναμη.

Όταν η δύναμη τῆς βαρύτητας, ἡ προσθήκη θρομβωτικῶν οὐσιῶν καί ἡ ἥπια ἀνάδευση δέν ἐπαρκοῦν γιά τήν καθίζηση τῶν κόκκων τοῦ αἰωρήματος σέ σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, γίνεται ἀναγκαία ἡ ἐξάσκηση ἰσχυροτέρων δυνάμεων ἐπάνω στοῦς κόκκους. Στίς περιπτώσεις αὐτές χρησιμοποιοῦνται συνήθως **φυγόκεντρες** μηχανές πού περιστρέφονται μέ ταχύτητα 1000 ἕως 10.000 στροφῶν τό λεπτό περίπου. Ἡ φυγόκεντρη δύναμη, πού ἀναπτύσσεται καί μεταδίνεται στοῦς κόκκους τοῦ αἰωρήματος, μπορεῖ νά ἀποκτήσει τιμὴ μέχρι 15.000 φορές μεγαλύτερη ἀπό τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας καί ἐπομένως νά ἐπιταχύνει ἀντίστοιχα τό διαχωρισμό τους.

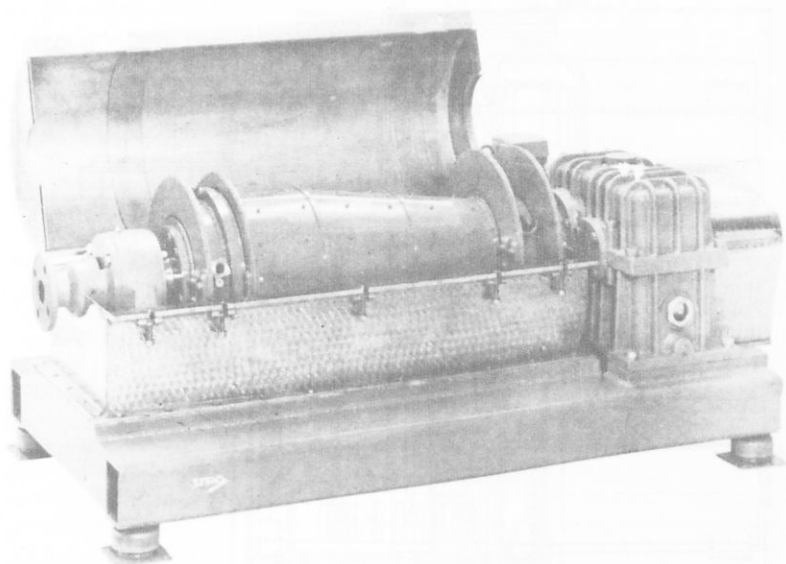
Οἱ βιομηχανικές φυγόκεντρες εἶναι κατακόρυφου ἢ ὀριζόντιου τύπου. Στίς **κατακόρυφες φυγόκεντρες** τό αἰώρημα εἰσάγεται ἀπό τό ἐπάνω μέρος στό κέντρο ἑνός κυλινδρικοῦ δοχείου διαμέτρου 20 ἕως 60 cm, πού περιέχει μιά περιστρεφόμενη δέσμη ἀπό πυκνά τοποθετημένους κωνικούς δίσκους (σχ. 8.5δ). Ἡ φυγόκεντρη δύναμη πού δημιουργεῖται μέ τήν περιστροφή τῶν δίσκων, ἐκτοπίζει τοῦς κόκκους τοῦ αἰωρήματος πρὸς τό τοίχωμα τοῦ δοχείου καί στή συνέχεια πρὸς τό πλευρικό στόμιο ἐξαγωγῆς, στό κάτω τμήμα τοῦ δοχείου. Τό διαυγές ὑγρὸ ἐξάγεται ἀπό τό πλευρικό στόμιο, πού βρίσκεται στό ἄνω τμήμα τοῦ δοχείου, ἔξω ἀπό τήν ἄμεση ἐπίδραση τῆς φυγόκεντρης δυνάμεως (σχ. 8.5ε).



Σχ. 8.5ε.

Φωτογραφία τῆς φυγόκεντρης τοῦ σχήματος 8.5δ.

Στό σχῆμα 8.5στ εἰκονίζεται μιά **ὀριζόντια φυγόκεντρη**, πού ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα περιστρεφόμενο τύμπανο, κυλινδρικό στό πρῶτο μέρος καί κωνικό στό δεύτερο, στό ἐσωτερικό τοῦ ὁποῦ περιστρέφεται μέ διαφορετικὴ ταχύτητα ἕνας μεταφορικός κοχλίας (δέν φαίνεται στή φωτογραφία). Τό τύμπανο περιβάλλεται ἀπό



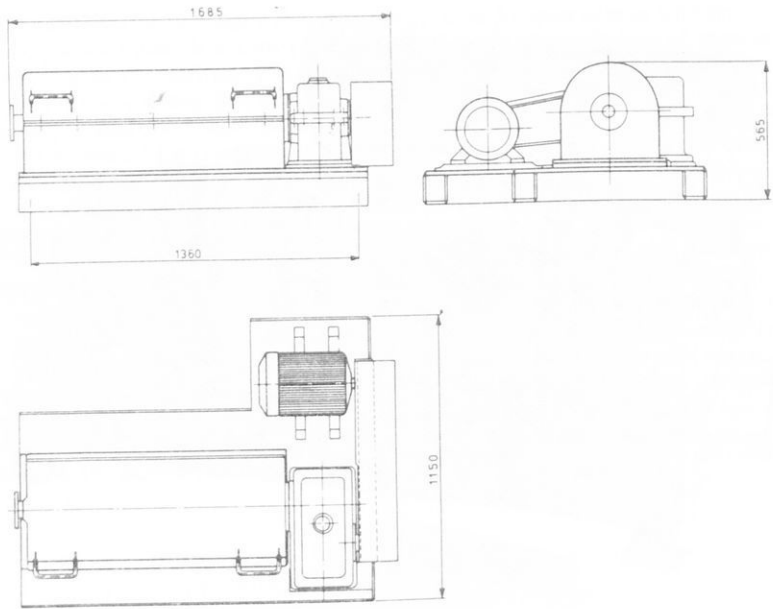
Σχ. 8.5στ.

Ήριζόντια φυγόκεντρα με τύμπανο διαμέτρου 30 cm, ταχύτητας περιστροφής 3000 στροφών ανά λεπτό και ικανότητας διαχωρισμού 5 m<sup>3</sup>/h αιώρηματος. Κατά τή διάρκεια τής λειτουργίας τό κάλυμμα του κελύφους είναι κλειστό.

Ένα μεταλλικό κέλυφος, τό κάλυμα του όποιου είναι στή φωτογραφία άνοικτό. Τό αιώρημα εισάγεται άπό τό άριστερό στόμιο στό κέντρο του κυλινδρικού τμήματος του τυμπάνου και ή φυγόκεντρα δύναμη έκτοπίζει τά στερεά συστατικά του προς τήν περιφέρεια. Άπό εκεί τά παραλαμβάνει ό έσωτερικός μεταφορικός κοχλίας και τά όδηγει κατά μήκος του κωνικού τμήματος του τυμπάνου μέχρι τό στόμιο έξαγωγής, πού βρίσκεται μεταξύ των δύο δίσκων στό δεξιό άκρο. Τό διαυγές ύγρό έξάγεται άπό τό στόμιο, πού βρίσκεται μεταξύ των άλλων δύο δίσκων, στό άκρο του κυλινδρικού τμήματος του τυμπάνου.

Οι φυγόκεντρες παρουσιάζουν τό πλεονέκτημα, σέ σύγκριση με τούς παχυντές, ότι διαχωρίζουν τά ύγρά σέ διαυγέστερη κατάσταση και τά στερεά σέ περισσότερο συμπακνωμένη μορφή λάσπης. Έπίσης, ό χώρος πού άπαιτείται για τήν έγκατάσταση των φυγόκεντρων (σχ. 8.5ζ) είναι πολύ μικρότερος άπό τήν έκταση πού χρειάζεται για τήν άνέγερση των δεξαμενών των παχυντών. Μειονέκτημα των φυγοκέντρων είναι ή σχετικά μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

Ό διαχωρισμός των ύδατικών αιώρημάτων, με άνοδο των στερεών συστατικών προς τήν έπιφάνεια του ύγρου, έφαρμόζεται συνήθως στον έμπλουτισμό των μεταλλευμάτων με τή χρησιμοποίηση ειδικών *συσκευών έπιπλεύσεως* (σχ. 8.5η). Τό μετάλλευμα άλέθεται σέ μικρούς κόκκους και άναμιγνύεται με νερό, ώστε να

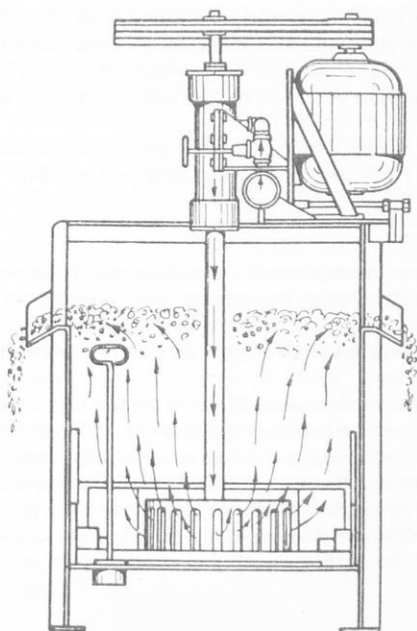


Σχ. 8.5ζ.

Σχεδίο τριών όψεων τής φυγόκεντρης τού σχήματος 8.5στ, με τόν ήλεκτροκινητήρα, τόν ήμάντα και τόν μηχανισμό μεταδόσεως τής κινήσεως στό τύμπανο και τόν έσωτερικό κοχλία. Οι διαστάσεις είναι σε mm.

σχηματίζει αιώρημα, στό όποιο έπιδιώκεται με έκλεκτική έπίπλευση νά ανέλθουν στήν έπιφάνεια τά χρήσιμα ύδρόφοβα συστατικά του, όπως τό κάρβουνο και τό θειάφι, ένώ τά ύδρόφιλα συστατικά κατακαθίζουν στόν πυθμένα τής συσκευής. Γίνεται, δηλαδή, έκμετάλλευση τής διαφορετικής συμπεριφορής τών ύδρόφοβων στερεών, πού καθώς δέν διαβρέχονται από τό νερό διατηρούν τήν εύκινησία τους μέσα στό αιώρημα, και τών ύδρόφιλων στερεών, πού έμποτίζονται από τό νερό, αυξάνουν sé βάρους και πέφτουν πρός τόν πυθμένα.

Στό αιώρημα γίνεται έμφύσηση ίσχυροϋ ρεύματος άέρα και καθώς άνέρχονται οι φυσαλίδες προσκολλοϋνται στους αιώροϋμενους ύδρόφοβους στερεούς κόκκους και τούς μεταφέρουν, σαν σωσίβια, πρός τήν έπιφάνεια, έστω άν ή πυκνότητα του στερεοϋ είναι μεγαλύτερη από τήν πυκνότητα του νεροϋ. Ή διεργασία διευκολύνεται με τήν προσθήκη μικρών ποσοτήτων καταλλήλων χημικών οϋσιών, όπως λιπαρά όξέα, άμίνες, πετρέλαιο, πού προκαλοϋν άδιαβροχοποίηση και έπομένως ένισχύουν τίς ύδρόφοβες ιδιότητες τών κόκκων του μεταλλεύματος. Έπίσης γίνεται προσθήκη άφριστικών οϋσιών (άλκοόλες, σαποϋνι) για τή διατήρηση μόνιμου άφροϋ στήν έπιφάνεια του αιώρηματος, ώστε νά συγκρατοϋνται οι κόκκοι έπάνω στόν άφρό και νά άπομακρϋνονται με τήν υπερχείλιση.



Σχ. 8.5η.

Συσκευή επίπλευσης με έμφύσηση αέρα μέσω ενός περιστρεφόμενου τροχού. Τα υδρόφιλα συστατικά απομακρύνονται περιοδικά από τόν πυθμένα, με χειρισμό του πύματος. Στο σχήμα δέν σχεδιάσθηκε τό στόμιο είσαγωγής του αιώρηματος στή συσκευή.

Ἡ μέθοδος τῆς επίπλευσης ἐφαρμόζεται στὸν ἐμπλουτισμὸ ὄλων σχεδὸν τῶν μεταλλευμάτων χαλκοῦ, μολύβδου καὶ ψευδαργύρου. Ἡ ἄλεση τῶν μεταλλευμάτων γίνεται μέχρι κόκκους μεγέθους 10 ἕως 500 μμ περίπου καὶ ἡ διασπορά τους στὸ αἶωρημα σέ ἀναλογία 15 μέχρι 30%.

### 8.6 Ἡ διήθηση τῶν ὑγρῶν.

Οἱ μέθοδοι διαχωρισμοῦ τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν συστατικῶν τῶν αἰωρημάτων πού γνωρίσαμε στήν προηγούμενη παράγραφο (καθίζηση, φυγοκέντρωση, επίπλευση), δέν εἶναι συνήθως ἱκανές νά φθάσουν μέχρι τὸν πλήρη ἀποχωρισμὸ τοῦ ἐνός ἀπὸ τὸ ἄλλο, ἀλλὰ δίνουν τά στερεά συστατικά σέ μορφή λάσπης, ἐνῶ τά ὑγρά διαχωρίζονται συχνά σέ ἐλαφρά θολή κατάσταση, ἐπειδὴ ἐξακολουθοῦν νά συγκρατοῦν μιά μικρὴ περιεκτικότητα στερεῶν. Γι' αὐτό, ὅταν εἶναι ἀναγκαῖο νά προχωρήσει ὁ διαχωρισμὸς μέχρι νά ληφθεῖ ἀφ' ἐνός συμπαγές στερεὸ καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐντελῶς διαυγές ὑγρὸ, ἐφαρμόζονται οἱ μέθοδοι **διήθησεως**, ὅπου τὸ αἶωρημα ὑποχρεώνεται, ὑπὸ τὴν ἐπίδραση πίεσεως νά περάσει μέσα ἀπὸ ἓνα φίλτρο ἢ

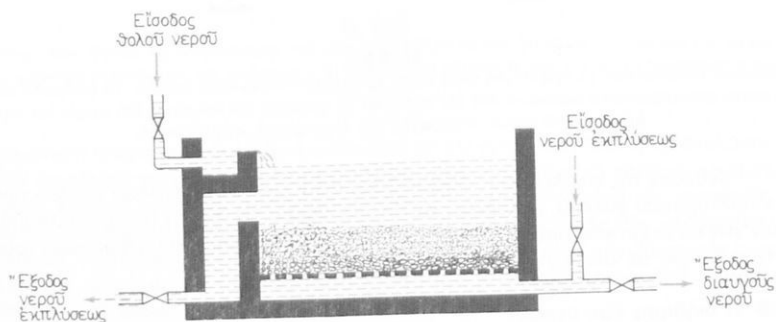
ένα πορώδες διηθητικό μέσο. Κατά τρόπο ανάλογο με τη λειτουργία των σακκο-φίλτρων και των φίλτρων άερα, που όπως είδαμε χρησιμοποιούνται για την κατακράτηση του κονιορτού, τό αιώρημα εγκαταλείπει τά στερεά συστατικά του, σχηματίζοντας ένα **πλακούντα** σέ μορφή πηκτού πολτού, ένω στό διήθημα περνά μόνο τό διαυγές ύγρό.

Ό απαιτούμενος χρόνος  $t$  για νά περάσει μία ποσότητα αιώρηματος  $V \text{ m}^3$  από φίλτρο έπιφάνειας  $1 \text{ m}^2$ , δίνεται από τήν έμπειρική σχέση:

$$V^2 + aV = \beta t$$

όπου τά  $a$  και  $\beta$  είναι σταθερές που έκφράζουν τήν αντίσταση του φίλτρου στή δίοδο του ύγρου και έξαρτώνται από τίς ιδιότητες του φίλτρου, του πλακούντα, και των συστατικών του αιώρηματος. Όπως θά δοϋμε στίς άσκήσεις στό τέλος του κεφαλαίου, ή παραπάνω σχέση είναι χρήσιμη για τήν πρόβλεψη του χρόνου διήθησης των αιώρημάτων.

Έπειδή ή αντίσταση που παρουσιάζουν τά φίλτρα και οι πλακούντες στή δίοδο των ύγρων είναι συχνά άρκετά μεγάλη, ή διήθηση προχωρεί συνήθως μέ άπάρადεκτη μικρή ταχύτητα, άν τό αιώρημα βρίσκεται υπό τήν επίδραση τής άτμοσφαιρικής πιέσεως μόνο και του βάρους τής στήλης του. Έξαιρέση, λόγω τής μικρής περιεκτικότητας σέ αιώρούμενα στερεά και του μεγάλου μεγέθους των πόρων του διηθητικού μέσου, άποτελεί ο καθαρισμός του πόσιμου και του βιομηχανικού νερού μέ διήθηση σέ **διυλιστήρια**, μέσα από στρώματα χαλικιών, άμμου, κώκ κλπ. (σχ. 8.6α).



Σχ. 8.6α.

Διυλιστήρια νερού μέ στρώματα άμμου και χαλικιών.

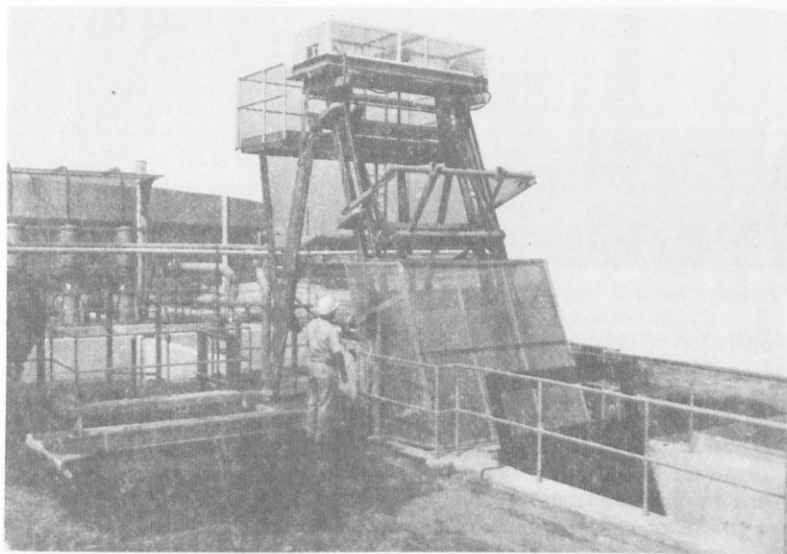
Ός διηθητικό μέσο στά διυλιστήρια του νερού χρησιμοποιούνται συνήθως ένα στρώμα άμμου πάχους 70-80 cm και ένα στρώμα χαλικιών πάχους 20-40 cm, που καλύπτουν τόν διάτρητο πυθμένα τής δεξαμενής. Ό στάθμη του νερού είναι συνήθως 1-2 m έπάνω από τό στρώμα τής άμμου και ή ταχύτητα τής διήθησεως είναι περίπου 4 έως 10  $\text{m}^3/\text{h}$  ανά  $\text{m}^2$  έπιφάνειας τής δεξαμενής. Οι κόκκοι του αιώρηματος του θολού νερού που εισάγεται στή δεξαμενή κατακρατούνται στους πόρους



του διηθητικού μέσου και τότε διαυγές νερό συγκεντρώνεται κάτω από το διάτρητο πυθμένα και απομακρύνεται με σωλήνωση. Όταν η βαθμιαία απόφραξη των πόρων φθάσει σε σημείο να δημιουργεί σημαντική αντίσταση στη διήθηση του νερού, συνήθως ύστερα από 20-40 ώρες λειτουργίας του διυλιστηρίου, διακόπτεται η τροφοδότηση και διαχετεύεται νερό με πίεση από κάτω προς τα άνω, που αναμοχλεύει και πλένει τα χαλίκια και την άμμο, παρασύροντας τα αιωρήματα έξω από τη δεξαμενή. Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται ο κύκλος λειτουργίας του διυλιστηρίου με κανονική τροφοδοσία της δεξαμενής, μέχρι την επόμενη έκπλυση κλπ.

Τό διυλιστήριο νερού αποτελεί, όπως αναφέρθηκε παραπάνω μία ειδική περίπτωση συσκευής διηθήσεως, όχι μόνο επειδή η αντίσταση του διηθητικού μέσου διατηρείται σχετικά μικρή, αλλά επίσης γιατί τα στερεά συστατικά του αιωρήματος (οι άκαθαρσίες του θολού νερού) είναι άχρηστα. Γι' αυτό δέν επιδιώκεται ο διαχωρισμός και η παραλαβή τους, αλλά απορρίπτονται μαζί με τα νερά της έκπλύσεως. Ανάλογη είναι και η περίπτωση του προκαταρκτικού καθαρισμού των νερών που περιέχουν στερεά σώματα μεγάλου σχετικά μεγέθους, όπως π.χ. τα βιομηχανικά και τα αστικά απόβλητα ή τα φυσικά νερά της θάλασσας και των ποταμών. Ο προκαταρκτικός καθαρισμός από τα ξύλα, τα φυτά και τα διάφορα αντικείμενα που επιπλέουν ή παρασύρονται από τό νερό, διεξάγεται σε **μεταλλικές έσχάρες** ή **πλέγματα** καθορισμένου ανοίγματος, όπως εκείνα που γνωρίσαμε στα κόσκια.

Π.χ. στο σχήμα 8.6β μία **μεταλλική έσχάρα** είναι βυθισμένη στο κανάλι παραλαβής των άκαθάρτων νερών μιας έγκαταστάσεως καθαρισμού ύγρων βιομηχανικών



Σχ. 8.6β.

Μεταλλική έσχάρα και φίλτρο μεταλλικού πλέγματος σε μία έγκατάσταση καθαρισμού βιομηχανικών αποβλήτων.

άποβλήτων για να κατακρατεί τα μεγαλύτερα από τα στερεά αντικείμενα που μεταφέρουν. Στη συνέχεια, τα μικρότερα στερεά, μεγέθους από 2 έως 5 mm, κατακρατούνται στο **φίλτρο μεταλλικού πλέγματος** που βλέπομε άριστερότερα, έμπρός από το χειριστή και πΰσω από το προστατευτικό δικτυωτό. Τα φίλτρα αυτά καθαρίζονται συνήθως αυτόματα, με περιοδική κίνηση ενός ξέστρου, που τα άπαλλάσσει από όσα στερεά ύλικά συγκεντρώνονται στο πλέγμα τους (σχ. 8.6γ).



Σχ. 8.6γ.

Τό ξέστρο ενός αυτόκαθαριζόμενου φίλτρου άπομακρύνει τά φύκια που συγκρατήθηκαν στό μεταλλικό πλέγμα κατά τή διήθηση θαλασσινού νερού.

Τό σύνολο τής έγκαταστάσεως καθαρισμού τΰν βιομηχανικΰν άποβλήτων, όπου είναι έγκαταστημένη ή έσχάρα καί τό φίλτρο του σχήματος 8.6β, φαίνεται στή φωτογραφία του σχήματος 8.6δ. Τά άκάθαρτα νερά όδηγοΰνται, ύστερα από τόν προκαθαρισμό, στή δεξαμενή καθιζήσεως καί παχύνσεως, από τόν πυθμένα τής όποίας άντλείται ή λάσπη μέ τό ίζημα, μέσω τΰν 3 άντλιΰν που βλέπομε στό κέντρο τής φωτογραφίας, καί άποθηκεΰεται στά 2 σιλό στό άριστερό της μέρος. Τό διαυγές νερό ύπερχειλίζει στό περιφερειακό αΰλακι τής δεξαμενής καί ξαναχρησιμοποιείται ή άποχύνεται στή θάλασσα ή σέ ποταμό, χωρίς νά τούς προκαλεί ρύπανση. Άν τά άκάθαρτα νερά περιέχουν διαλυμένες τοξικές, έγχρωμες ή δύσσομες



Σχ. 8.66.

Συνδυασμός εσχάρας, φίλτρου και παχυντή για τόν καθαρισμό βιομηχανικών αποβλήτων.

ούσιες, ο παραπάνω φυσικός καθαρισμός συνοδεύεται με την ανάλογη χημική επεξεργασία.

Συχνότερη είναι η διήθηση των αιώρημάτων μέσω ύφασμάτων φίλτρων από ίνες μπαμπακιού ή πολυμερών υλικών. Αν δεν απαιτείται σημαντική μηχανική άντοχή κατά τη διήθηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και φίλτρα από χαρτί. Για ειδικές εφαρμογές κατασκευάζονται επίσης φίλτρα από πορώδη κεραμικά υλικά ή λεπτά μεταλλικά πλέγματα.

Κατά κανόνα οι βιομηχανικές διηθήσεις επιτυγχάνονται με την εξάσκηση πίεσης στην πλευρά του αιώρηματος ή τη δημιουργία κενού στην πλευρά του διηθήματος, ώστε να υπερνικηθεί η αντίσταση του φίλτρου και να διευκολυνθεί η διόδος του υγρού. Είναι πάντως αξιοσημείωτο ότι η αντίσταση αυτή δεν εξαρτάται από τη σύσταση και τους πόρους του φίλτρου, αλλά από τη συνεκτικότητα και την ύψη του πλακούντα, που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της διηθήσεως από την απόθεση των στερεών συστατικών του αιώρηματος. Δηλαδή τό φίλτρο είναι απλώς ο φορέας για την ανάπτυξη του πλακούντα, ο οποίος αποτελεί τελικά τό ουσιαστικό διηθητικό μέσο. Άλλωστε κατά την έναρξη της διηθήσεως, τό διήθημα διέρχεται συνήθως θολό, μέχρι να αποκτήσει ο πλακούντας ένα ελάχιστο πάχος.

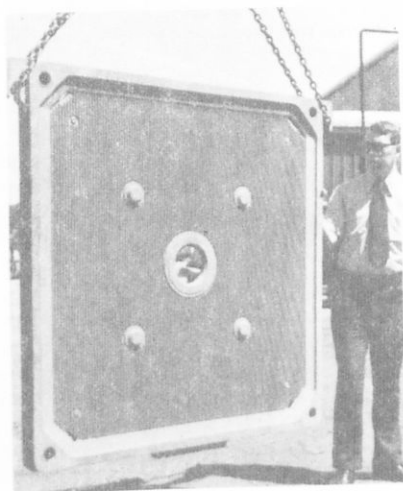
Η επιλογή του υλικού κατασκευής του φίλτρου γίνεται ανάλογα με τις ιδιότητες του αιώρηματος και τις συνθήκες της διηθήσεως, ώστε να άντέχει στην πίεση, τη φθορά, τις χημικές επιδράσεις, τη θερμοκρασία κλπ. Σοβαρό κριτήριο στην επιλογή του φίλτρου αποτελεί βέβαια και τό κόστος του. Στόν πίνακα 8.6.1 δίνονται οι άντοχες σε χημικό περιβάλλον και στη θερμότητα για πέντε συνηθισμένα υλικά κατασκευής βιομηχανικών φίλτρων.

Η σημαντικότερη συσκευή, που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία για τη διεξαγωγή διηθήσεων με εξάσκηση πίεσεως, είναι η **φιλτροπρέσσα**. Άποτελείται από μία σειρά διατρήτων τετραγωνικών ή κυκλικών πλακών με ραβδώσεις ή μεταλλικά πλέγματα στις δύο όψεις (σχ. 8.6ε), επάνω στις οποίες τοποθετούνται ύφασμάτινα φίλτρα (**φιλτρόπανα**), αφήνοντας κενά στό κέντρο και στά σημεία έπαφής των πλακών (σχ. 8.6στ). Τό μήκος της πλευράς των τετραγωνικών πλακών ή η διάμετρος

## ΠΙΝΑΚΑΣ 8.6.1.

Χημική και θερμική άντοχή πέντε από τα κυριότερα είδη βιομηχανικών φίλτρων

Υλικό κατασκευής	Άντοχή σέ όξέα	Άντοχή σέ βάσεις	Άντοχή σέ όξειδωτικά μέσα	Άνώτατη έπιτρεπόμενη θερμοκρασία
Μπαμπάκι	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	98°C
Νάυλον	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΙΚΡΗ	105°C
Πολυαιθυλένιο	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	75°C
Πολυεστέρες	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ	150°C
Πολυπροπυλένιο	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	ΜΕΓΑΛΗ	120°C

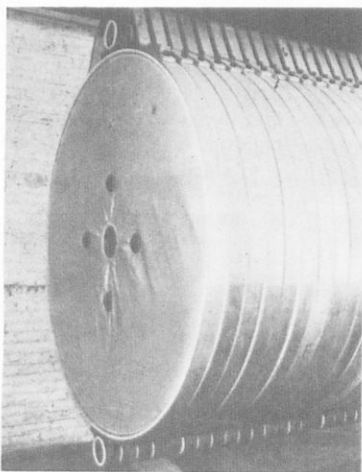


Σχ. 8.6ε.

Τετραγωνική πλάκα φιλτροπρέσας. Η τροφοδοσία του αίωρήματος γίνεται από τό κεντρικό στόμιο και ή άπομάκρυνση του διαυγούς διηθήματος από τά στόμια στίς 4 κορυφές του πλαισίου.

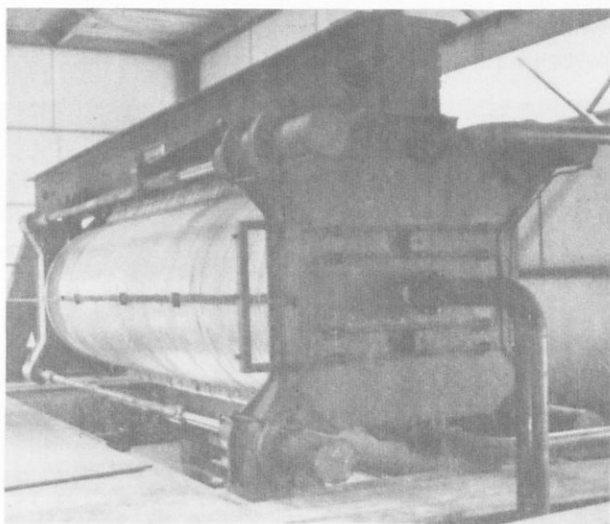
των κυκλικών πλακών κυμαίνεται από 10 μέχρι 180 cm περίπου και τό πάχος τους από 0,5 μέχρι 20 cm περίπου, άνάλογα μέ τή διηθητική ικανότητα τής φιλτροπρέσας. Οί πλάκες άναρτούνται σέ μεταλλικούς όδηγούς και συσφίγγονται μεταξύ τους ίσχυρά, ώστε τά πλαίσιά τους νά άποκτήσουν στεγανότητα.

Τό αίώρημα τροφοδοτείται, μέ πίεση 10 at περίπου, στό κέντρο συνήθως των πλακών, γεμίζει τούς χώρους μεταξύ των φιλτρόπανων και δημιουργεί έπάνω τους πλακούντα, ένω τό διαυγές διήθημα περνά στό έσωτερικό τής πλάκας και έγκαταλείπει τή φιλτροπρέσσα από άγωγούς πού σχηματίζουν κατάλληλα στόμια στό πλαίσιο των πλακών. Στο σχήμα 8.6ζ βλέπομε συναρμολογημένη μία φιλτροπρέσ-



**Σχ. 8.6στ.**

Κυκλικές πλάκες φιλτροπρέσας καλυμμένες με φιλτρόπανα, έπάνω στα όποια αποτίθεται τό στερεό αιώρημα καί σχηματίζει τόν πλακούντα.



**Σχ. 8.6ζ.**

Φιλτροπρέσσα με κυκλικές πλάκες. Τό αιώρημα εισάγεται από τήν κεντρική σωλήνωση καί τό διήθημα εξέρχεται από τίς μικρότερες σωληνώσεις στό άνω καί κάτω μέρος.

σα κυκλικών πλακών, με τίς σωληνώσεις τροφοδοσίας του αίωρήματος και παραλαβής του διαυγούς διηθήματος.

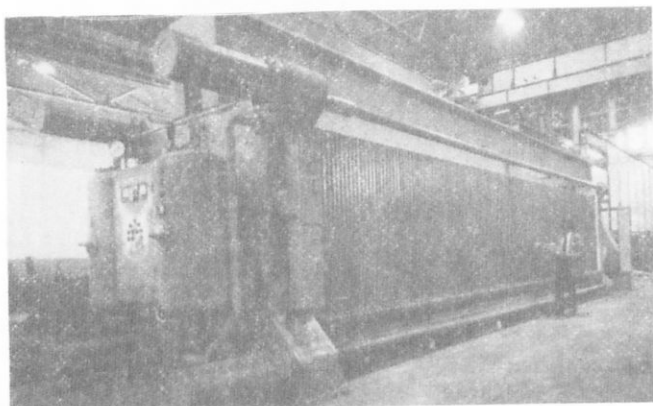
Η ταχύτητα διηθήσεως των αίωρημάτων στις φιλτροπρέσες εξαρτάται κυρίως από τις ιδιότητες του υγρού. Τα λεπτόρρευσα υγρά διέρχονται ταχύτερα από το φίλτρο και τόν πλακούντα από όσο τα σχετικά παχύρρευσα υγρά. Οι μέσες παροχές διηθήσεως ορισμένων αίωρημάτων σε βιομηχανικές φιλτροπρέσες, δίνονται στον πίνακα 8.6.2, ανάλογα με το είδος και τη σύσταση του υγρού.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 8.6.2.

*Μέση παροχή κατά τη διήθηση διαφόρων αίωρημάτων σε φιλτροπρέσες (ανά  $m^2$  επιφάνειας φιλτρόπανου)*

Υδατικά διαλύματα αλάτων	4,0 $m^3/m^2$ h
Λιπαντικά έλαια	1,5 $m^3/m^2$ h
Σακχαρούχοι χυμοί τής βιομηχανίας παραγωγής ζάχαρης	0,5 $m^3/m^2$ h
Χυμοί φρούτων	0,4 $m^3/m^2$ h
Έλαιόλαδα	0,2 $m^3/m^2$ h

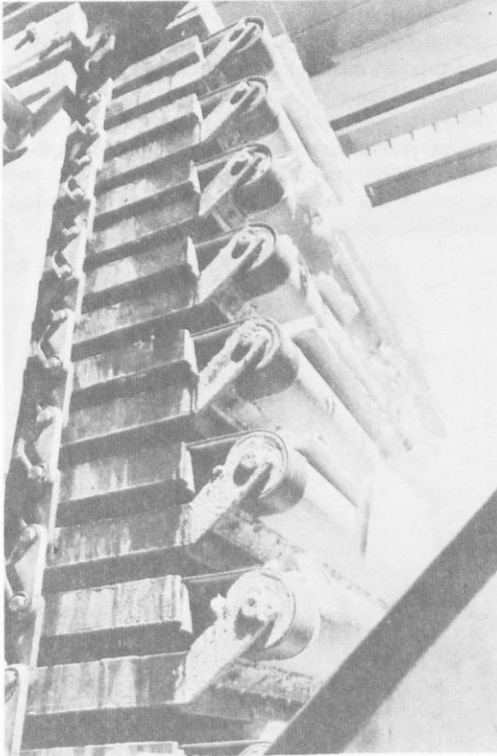
Οι φιλτροπρέσες είναι συσκευές άσυνεχους λειτουργίας. Όταν ο κενός χώρος μεταξύ των πλακών γεμίσει με πλακούντα, διακόπεται η τροφοδοσία, άποσυαρμολογούνται οι πλάκες και συλλέγονται οι πλακούντες από τα φιλτρόπανα. Οι μεγάλων διαστάσεων φιλτροπρέσες, όπως του σχήματος 8.6η, έχουν ικανότητα παραγωγής μέχρι 20  $m^3$  πλακούντα ανά κύκλο λειτουργίας.



Σχ. 8.6η.

Ένας από τους μεγαλύτερους τύπους φιλτροπρέσας με τετραγωνικές πλάκες, κατά τή στάδιο τής συναρμολογήσεώς τής. Η σύνδεση των σωληνώσεων άπομακρύνσεως του διηθήματος δέν έχει άκόμα συμπληρωθεί και διακρίνονται στό κάτω άριστερά μέρος τή άνοικτά άκρα με τής φλάντζες.

Έκτός από τις φιλτροπρέσσες, πού παρουσιάζουν τό μειονέκτημα τής άσυνεχοῦς λειτουργίας, ἔχουν ἐπινοηθεῖ καί ἄλλοι πλεονεκτικότεροι τύποι **φίλτρων πιέσεως συνεχoῦς λειτουργίας**. Τό φίλτρο π.χ. τοῦ σχήματος 8.6θ ἀποτελεῖται ἐπίσης ἀπό πλάκες, ὅπως τής φιλτροπρέσσας, οἱ ὁποῖες δῦμος εἶναι τοποθετημένες κατακόρυφα ἢ μία ἐπάνω στήν ἄλλη καί τά φιλτρόπανα σχηματίζουν μία συνεχῆ ταινία, πού κινεῖται διατρέχοντας τῆς ἐπιφάνειες ὄλων τῶν πλακῶν. Καθώς ἡ ταινία - φίλτρο ἀναδιπλώνεται γιά νά περάσει ἀπό τή μία πλάκα στήν ἐπόμενη, ὁ πλακούντας ξεκολλάει καί πέφτει σέ ἕνα σιλό συλλογῆς του στή βάση τοῦ φίλτρου.



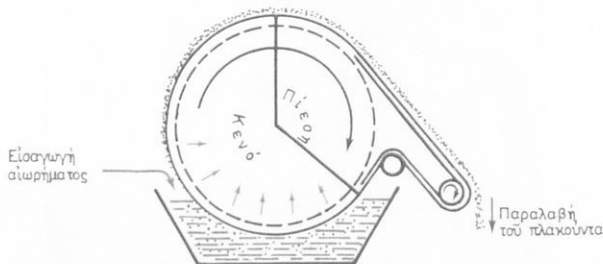
Σχ. 8.6θ.

Φίλτρο πιέσεως συνεχoῦς λειτουργίας. Ὁ πλακούντας ἀποσπᾶται ἀπό τήν ἐπιφάνεια τοῦ φίλτρου κατά τήν ἀναδίπλωσή του, καθώς ἐξέρχεται ἀπό τῆς πλάκες.

Συνεχοῦς ἐπίσης λειτουργίας εἶναι συνήθως τά **φίλτρα κενoῦ**, στά ὁποῖα δημιουργεῖται ὑποπίεση στήν πλευρά τοῦ διηθήματος, ὥστε νά ἐξασκεῖται στό αἰώρημα ἢ διαφορά πιέσεως μεταξύ τής ἀτμοσφαιρικής καί τής ὑποπίεσεως. Οἱ κυριό-

τεροι τύποι φίλτρων κενού είναι το **φίλτρο τυμπάνων** και το **φίλτρο οριζόντιας κινητής ταινίας**.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 8.6ι, το **φίλτρο τυμπάνου** αποτελείται από ένα διάτρητο κυλινδρικό δοχείο, διαμέτρου 30 cm έως 3 m και μήκους 40 cm έως 4 m, σχήματος τυμπάνου, που είναι κατά ένα μέρος βυθισμένο στο αιώρημα και περιστρέφεται με αργό ρυθμό, εκτελώντας 1 έως 2 στροφές περίπου ανά λεπτό. Η διάτρητη κυλινδρική επιφάνεια του τυμπάνου καλύπτεται από ένα μεταλλικό πλέγμα, στο οποίο προσαρμόζεται το ύφασμάτινο φίλτρο της διηθήσεως. Ένας μεγάλος τομέας του έσωτερικού χώρου του τυμπάνου συνδέεται με μία άντλία κενού, με αποτέλεσμα να αναρροφάται το υγρό από το αιώρημα, ενώ τα στερεά συστατικά του συγκρατούνται επάνω στο φίλτρο και σχηματίζουν τόν πλακούντα. Ακολουθώντας την περιστροφή του τυμπάνου, το φίλτρο με τόν πλακούντα ανέρχεται έξω από τη λεκάνη που περιέχει το αιώρημα και κατά τη διαδρομή του στον τομέα που βρίσκεται υπό κενό απαλλάσσεται από τα υπολείμματα του υγρού που συγκρατούσε. Με τόν τρόπο αυτό, ο πλακούντας στραγγίζει, και στον επόμενο τομέα του τυμπάνου, όπου διαβιβάζεται προς τα έξω άερας με πίεση, αποκολλάται από το φίλτρο και συλλέγεται. Η απόσπαση του πλακούντα από το φίλτρο διευκολύνεται με τη χρησιμοποίηση ξέστρου ή τήν αναδίπλωση του φίλτρου γύρω από ένα κυλινδρικό άξονα.



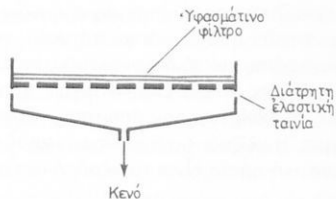
Σχ. 8.6ι.

Περιστροφικό φίλτρο κενού. Το διήθημα από το αιώρημα της σκάφης αναρροφάται στο έσωτερικό του τυμπάνου και τα στερεά συστατικά του προσκολλούνται στο φίλτρο σχηματίζοντας πλακούντα.

Με όμοια περίπου μέθοδο λειτουργεί και το **φίλτρο οριζόντιας κινητής ταινίας**. Το ύφασμάτινο φίλτρο αποτελεί μία συνεχή ταινία, όπως στην περίπτωση του φίλτρου πίεσεως του σχήματος 8.6θ, και τοποθετείται σε μία διάτρητη ελαστική ταινία, σχήματος ρηχής σκάφης, το κάτω μέρος της οποίας συνδέεται με ένα σύστημα κενού (σχ. 8.6ια). Η ελαστική ταινία κινείται με μικρή ταχύτητα και σε όλο το μήκος της οριζόντιας διαδρομής της βρίσκεται υπό τήν επίδραση του κενού. Το αιώρημα, σε πυκνή συνήθως μορφή, τροφοδοτείται επάνω στην ταινία, στην αρχή της οριζόντιας διαδρομής και μέχρι να φθάσει στο τέλος της έχει απαλλαγεί από το περιεχόμενο υγρό, που αναρροφάται από το κενό. Στη θέση αυτή γίνεται και η απόσπαση του πλακούντα με τη βοήθεια ενός ξέστρου (σχ. 8.6ιβ), ενώ η ελαστική ται-

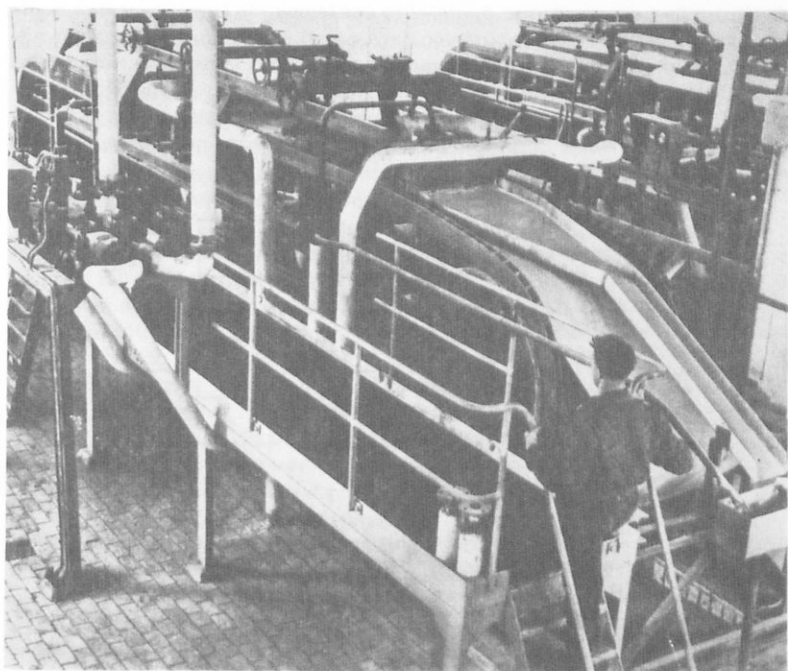


νία και τό ύφασμάτινο φίλτρο συνεχίζουν τή διαδρομή τους έπιστρέφοντας στό σημείο τροφοδοσίας του αιώρηματος.



Σχ. 8.6α.

Έγκάρσια τομή του οριζόντιου φίλτρου κινητής ταινίας.



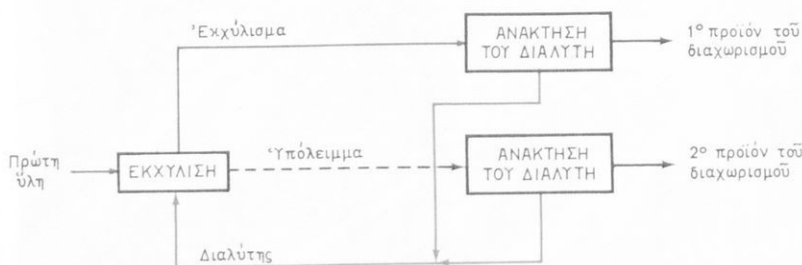
Σχ. 8.6β.

Όριζόντιο φίλτρο κενού κινητής ταινίας σε εργοστάσιο παραγωγής χημικών λιπασμάτων, με έπιφάνεια άναρροφήσεως 6 m<sup>2</sup>. Η τροφοδότηση του πυκνού αιώρηματος, σε μορφή πολτού, γίνεται στό πίσω άριστερά και ή παραλαβή του πλακούντα στό έμπρός δεξιά μέρος τής ταινίας.

## 8.7 Έκχυλιση, έκπλυση καί έκθλιψη.

Αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια ότι ο διαχωρισμός των μιγμάτων στα συστατικά τους μπορεί να διεξαχθεί με τη μεσολάβηση διαχωριστικών ουσιών. Γνωρίσαμε ήδη στο κεφάλαιο 7 τη χρησιμοποίηση στερεών, όπως ο ενεργός άνθρακας, και υγρών διαχωριστικών ουσιών, όπως το νερό, για το διαχωρισμό αερίων μιγμάτων. Με ανάλογο τρόπο, για το διαχωρισμό στερεών ή υγρών συστατικών από πρώτες ύλες, στις οποίες βρίσκονται σε μίγμα, χρησιμοποιούνται συχνά υγρές διαχωριστικές ουσίες, οι **διαλύτες**, που αποσπούν έκλεκτικά ένα ή περισσότερα συστατικά από το μίγμα. Η μέθοδος αυτή διαχωρισμού ονομάζεται **έκχυλιση**. Ειδικότερα, όταν η διαχωριστική ουσία είναι το νερό, η αντίστοιχη διεργασία ονομάζεται **έκπλυση**.

Η ανάμιξη της υγρής ή στερεής πρώτης ύλης με το διαλύτη, κατά τη διεξαγωγή της έκχυλισης, οδηγεί στην παραλαβή δύο χωριστών προϊόντων. Το διάλυμα που σχηματίζει ο διαλύτης με τα διαλυτά συστατικά της πρώτης ύλης ονομάζεται **έκχυλισμα**, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα της πρώτης ύλης, ύστερα από την απομάκρυνση των διαλυτών συστατικών της, αποτελεί το **υπόλειμμα** της έκχυλισης. Στη συνέχεια το έκχυλισμα υποβάλλεται σε νέο διαχωρισμό με σκοπό την παραλαβή των συστατικών της πρώτης ύλης σε καθαρή μορφή, ενώ ο διαλύτης ανακτάται και ξαναχρησιμοποιείται στην έκχυλιση. Συχνά γίνεται ανάκτηση και της μικρής ποσότητας του διαλύτη που κατακρατείται στο υπόλειμμα της έκχυλισης, ώστε τελικά να ανακυκλώνεται στην έγκατάσταση το σύνολο του διαλύτη που χρησιμοποιείται στην έκχυλιση (σχ. 8.7α).



Σχ. 8.7α.

Ανάκτηση του διαλύτη από το έκχυλισμα και το υπόλειμμα της έκχυλισης και επαναχρησιμοποίησή του (ανακύκλωση) στην έκχυλιση της πρώτης ύλης.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την πληρέστερη δυνατή παραλαβή των διαλυτών συστατικών της πρώτης ύλης είναι η εξασφάλιση καλής ανάμιξής της με το διαλύτη επί αρκετό χρονικό διάστημα και σε ευνοϊκή θερμοκρασία.

Στή βιομηχανία η έκχυλιση διεξάγεται συνήθως σύμφωνα με μία από τις παρακάτω τρεις μεθόδους, με επίδωξη το διαχωρισμό του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού διαλυτών συστατικών από την πρώτη ύλη και κατανάλωση της μικρότερης ποσότητας διαλύτη, ώστε να είναι εύκολη και οικονομική η τελική ανάκτηση του

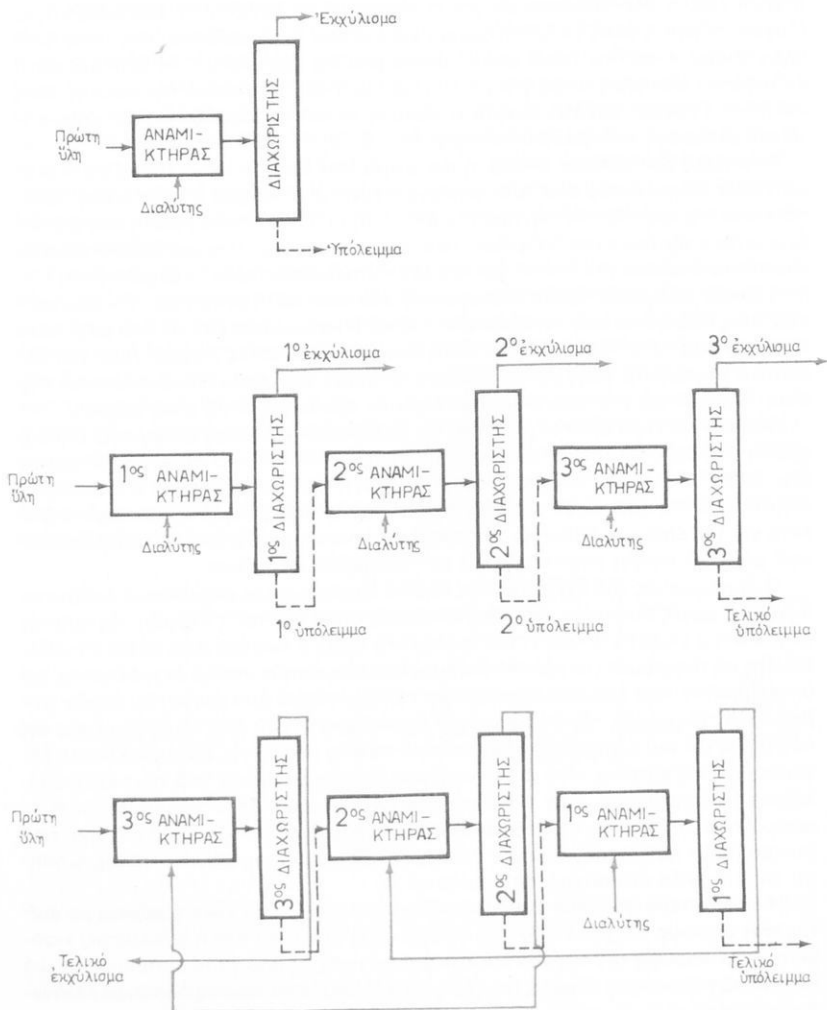
διαλυμένου συστατικού από τό εκχύλισμα καί ἡ ἀνακύκλωση τοῦ διαλύτη. Ἡ ἀπλούστερη μέθοδος εἶναι ἡ **ἐκχύλιση ἀπλῆς ἐπαφῆς** σέ μιά βαθμίδα. Ἡ ὑγρή ἢ στερεή πρώτη ὕλη ἔρχονται σέ στενή ἐπαφή μέ τό διαλύτη σέ ἓνα ἀναμικτήρα (δοχεῖο, πύργος ἢ ἄλλη εἰδική συσκευή) καί κατόπιν διαχωρίζονται, στήν ἴδια ἢ σέ ἄλλη συσκευή, τό εκχύλισμα ἀπό τό ὑπόλειμμα τῆς ἐκχυλίσεως. Ἡ μέθοδος αὐτῆς ἐπιτυγχάνει συνήθως μικρό βαθμό διαχωρισμοῦ στά συστατικά τῆς πρώτης ὕλης καί ἀπαιτεῖ σχετικά μεγάλη ποσότητα διαλύτη, γι' αὐτό ἐφαρμόζεται σπανιότερα ἀπό τίς μεθόδους πολυβάθμιας ἐπαφῆς (σχ. 8.7β).

Στήν **ἀπλή πολυβάθμια ἐπαφή**, ἡ ποσότητα τοῦ διαλύτη κατανέμεται σέ περισσότερους ἀναμικτήρες, ἀπό τούς ὁποίους διέρχεται διαδοχικά ἡ πρώτη ὕλη. Τό ὑπόλειμμα τῆς ἐκχυλίσεως τοῦ πρώτου ἀναμικτήρα ἀποτελεῖ τήν πρώτη ὕλη γιά τόν ἀναμικτήρα τῆς δεύτερης βαθμίδας, τό ὑπόλειμμα τῆς ἐκχυλίσεως τοῦ δεύτερου ἀναμικτήρα ἀποτελεῖ τήν πρώτη ὕλη γιά τήν τρίτη βαθμίδα κλπ. Τά εκχύλισματά τῶν διαδοχικῶν βαθμίδων ἔχουν διαφορετική σύσταση καί ἡ ἀνάκτηση τῶν συστατικῶν τους διεξάγεται στή συνέχεια εἴτε στό καθένα χωριστά εἴτε σέ ὅλα μαζί, μετά τή συνένωσή τους. Μέ τή μέθοδο αὐτή ἐπιτυγχάνεται καλός διαχωρισμός στά συστατικά τῆς πρώτης ὕλης μέ πλήρη διαλυτοποίηση τῶν διαλυτῶν συστατικῶν της, ἀλλά ἡ ποσότητα τοῦ ἀπαιτούμενου διαλύτη ἐξακολουθεῖ νά εἶναι μεγάλη.

Πλεονεκτικότερη εἶναι ἡ μέθοδος τῆς **πολυβάθμιας ἐπαφῆς ἀντιρροῆς**, ὅπου ἡ πρώτη ὕλη καί ὁ διαλύτης εἰσάγονται στά δύο ἀντίθετα ἄκρα τῆς ἐγκαταστάσεως (σχ. 8.7β). Ὁ πρώτος ἀναμικτήρας στήν πορεία τοῦ διαλύτη εἶναι ὁ τελευταῖος στήν πορεία τῆς πρώτης ὕλης καί τό εκχύλισμα τῆς κάθε βαθμίδας ἀποτελεῖ τό διαλύτη γιά τήν ἐπόμενη βαθμίδα, μέ ἀποτέλεσμα νά σχηματίζεται ἓνα τελικό εκχύλισμα μέ πολύ ὑψηλή περιεκτικότητα σέ διαλυμένα συστατικά.

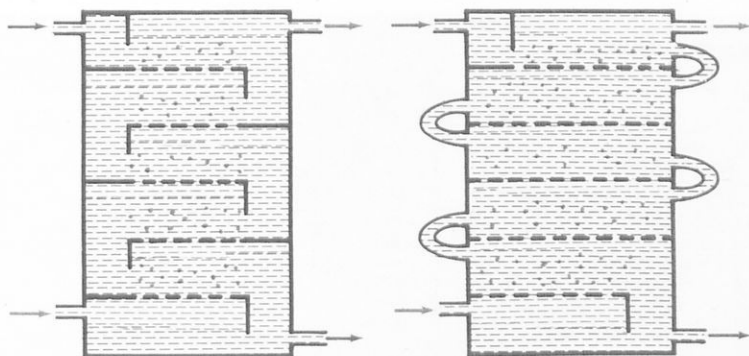
Ὁ διαχωρισμός τοῦ εκχυλίματος ἀπό τό ὑπόλειμμα τῆς ἐκχυλίσεως διεξάγεται συνήθως χωρίς δυσκολία στήν ἴδια συσκευή, ὅπου γίνεται ἡ ἀνάμιξη τῆς πρώτης ὕλης καί τοῦ διαλύτη. Ὄταν ἡ πρώτη ὕλη εἶναι ὑγρή, ὁ διαχωρισμός αὐτός στηρίζεται στή μὴ ἀναμιξιμότητα καί στή διαφορετική πυκνότητα μεταξύ εκχυλίματος καί υπολείμματος, πού ἔχει σάν ἀποτέλεσμα τό σχηματισμό δύο χωριστῶν ὑγρῶν στιβάδων. Ἡ παραλαβή τῆς στιβάδας τοῦ βαρύτερου ὑγροῦ ἀπό τό κάτω μέρος τῆς συσκευῆς καί τοῦ ἐλαφρότερου ὑγροῦ ἀπό τό ἄνω μέρος της, εἶναι μία εὐκόλη ἐργασία. Ἐπίσης εὐκόλος εἶναι ὁ διαχωρισμός τοῦ εκχυλίματος ἀπό τό στερεό ὑπόλειμα τῆς ἐκχυλίσεως, ὅταν ἡ πρώτη ὕλη εἶναι στερεή. Στήν περίπτωση αὐτή ἐφαρμόζεται μία ἀπό τίς γνωστές μεθόδους διαχωρισμοῦ στερεῶν ἀπό ὑγρά, πού συναντήσαμε στίς προηγούμενες παραγράφους (καθίζηση, φυγοκέντριση, διήθηση κλπ.) ἢ ἄλλη εἰδικότερη διεργασία.

Ἡ ἀπλούστερη συσκευή ἐκχυλίσεως ὑγρῆς πρώτης ὕλης εἶναι ὁ **πύργος μέ διάτρητους δίσκους**. Τό βαρύτερο ἀπό τά δύο ὑγρά (ἡ πρώτη ὕλη ἢ ὁ διαλύτης) εἰσάγεται στήν κορυφή τοῦ πύργου καί κατέρχεται πρός τή βάση του διατρέχοντας μιά σειρά ἀπό διάτρητους δίσκους (σχ. 8.7γ). Τό ἐλαφρότερο ἀπό τά δύο ὑγρά εἰσάγεται στή βάση τοῦ πύργου, περνᾶ ἀπό τά ἀνοίγματα τῶν διατρήτων δίσκων καί ἀνέρχεται πρός τήν κορυφή τοῦ πύργου, σέ μορφή φυσαλίδων μέσα στή μάζα τοῦ βαρύτερου ὑγροῦ. Μέ τόν τρόπο αὐτό ἐπιτυγχάνεται ἱκανοποιητική ἀνάμιξη τοῦ διαλύτη, ὁ ὁποῖος στή διαδρομή του κατά μήκος τοῦ πύργου μετατρέπεται σέ εκχύλισμα, καί τῆς πρώτης ὕλης, πού μετατρέπεται ἀντίστοιχα σέ ὑπόλειμμα τῆς ἐκ-



Σχ. 8.7β.

Διαγράμματα των μεθόδων έκχυλισης απλής έπαφής (έπάνω), απλής πολυβάθμιας έπαφής (στη μέση) και πολυβάθμιας έπαφής αντίρροφής (κάτω).



Σχ. 8.7γ.

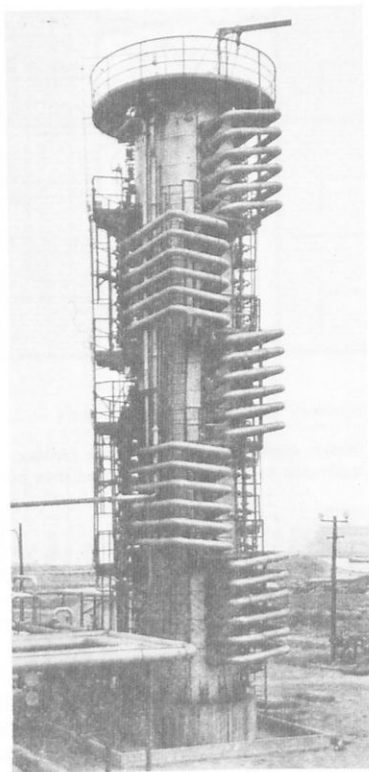
Πύργοι έκχυλισης με διάτρητους δίσκους.

Άριστερά, η κάθοδος του βαρύτερου υγρού γίνεται έσωτερικά στον πύργο και δεξιά με έξωτερικές σωληνώσεις.

χυλίσσεως. Πρόκειται δηλαδή για έφαρμογή τής μεθόδου πολυβάθμιας έπαφής αντίρροής, πού αναφέρθηκε παραπάνω. Στη φωτογραφία του σχήματος 8.7δ βλέπουμε ένα πύργο με 30 διάτρητους δίσκους, δηλαδή 30 βαθμίδες έκχυλισσεως, πού συγκοινωνούν με έξωτερικές σωληνώσεις.

Η ανάμιξη πρώτης ύλης και διαλύτη και ό διαχωρισμός έκχυλίσματος και υπολείμματος τής έκχυλισσεως, μπορεί επίσης νά διεξαχθεί σέ δοχεία ανάδεύσεως, όπως του σχήματος 7.3α. Η τροφοδοσία και ή παραλαβή των υγρών γίνεται και έδω, ανάλογα με τήν πυκνότητά τους, από τόν πυθμένα ή τό άνω μέρος δοχείου ή, άκόμη, μέσα από τόν άξονα του άναδευτήρα. Με τόν κατάλληλο συνδυασμό δοχείων άναδεύσεως, ή συνηθέστερα με τή διαίρεση μιάς μεγάλης δεξαμενής σέ χωριστά διαμερίσματα (σχ. 8.7ε), δημιουργείται ένα όριζόντιο σύστημα άναμίξεως και κυκλοφορίας των διαφόρων υγρών κατ' αντίρροή, ανάλογο με τήν κατακόρυφη κίνηση στους πύργους με διάτρητους δίσκους.

Σέ διαφορετική άρχή στηρίζεται ή λειτουργία του **φυγοκεντρικού έκχυλιστήρα**, πού χρησιμοποιείται κυρίως όταν ή διαφορά τής πυκνότητας μεταξύ του διαλύτη και τής πρώτης ύλης ή του έκχυλίσματος και του υπολείμματος τής έκχυλισσεως, είναι σχετικά μικρή. Στην περίπτωση αυτή δέν έπαρκει ή δύναμη τής βαρύτητας για τό σαφή διαχωρισμό των στιβάδων, μέ αποτέλεσμα νά σχηματίζεται γαλάκτωμα μεταξύ των υγρών. Ό φυγοκεντρικός έκχυλιστήρας αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τύμπανο, πού περικλείει ένα μεγάλο άριθμό από συγκεντρικούς διάτρητους κυλίνδρους (σχ. 8.7στ). Η υγρή πρώτη ύλη και ό διαλύτης τροφοδοτούνται συνεχώς σέ χωριστές σωληνώσεις στή μία πλευρά του άξονα περιστροφής του έκχυλιστήρα. Τό έλαφρότερο υγρό διοχετεύεται στήν περιφέρεια του τυμπάνου και τό βαρύτερο στον έσωτερικό διάτρητο κύλινδρο. Η φυγόκεντρη δύναμη πού δημιουργεί ή περιστροφή του έκχυλιστήρα είναι πολλές χιλιάδες φορές ισχυρότερη



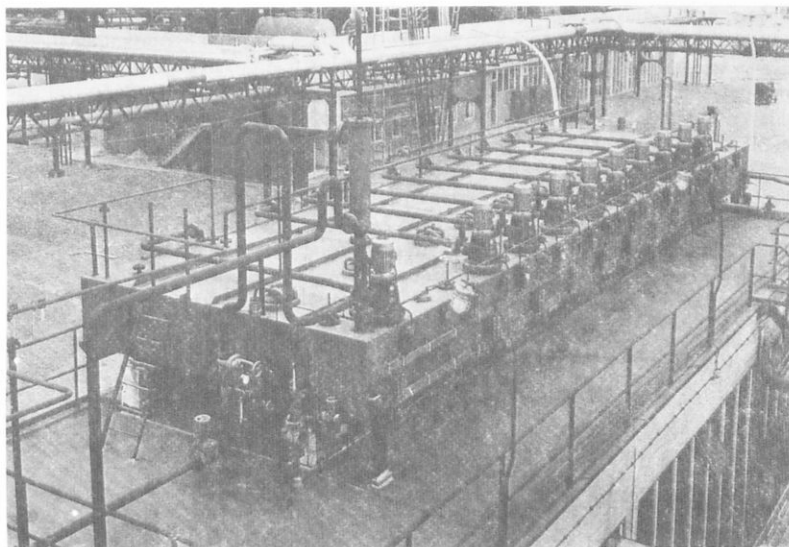
Σχ. 8.76.

Πύργος έκχυλσεως με διάτρητους δίσκους καί εξωτερική κυκλοφορία του βαρύτερου υγρού.

από τή δύναμη τής βαρύτητας καί έκτοπίζει τό βαρύτερο υγρό μέσα από τά ανοίγματα τῶν κυλίνδρων πρὸς τήν περιφέρεια τοῦ τυμπάνου, ἐνῶ τό ἐλαφρότερο υγρό προωθείται πρὸς τό ἐσωτερικό. Ἡ ἀντίθετη αὐτή κίνηση προκαλεῖ καλή ἀνάμιξη καί ἐκχύλιση τῆς πρώτης ὕλης. Στή συνέχεια τό ἐκχύλισμα καί τό ὑπόλειμμα τῆς ἐκχυλίσεως ἐγκαταλείπουν τόν ἐκχυλιστήρα ἀπό τήν ἄλλη πλευρά τοῦ ἄξονα περιστροφῆς του.

Σημαντικό πλεονέκτημα τοῦ φυγοκεντρικοῦ ἐκχυλιστήρα εἶναι ἡ μεγάλη ταχύτητα διεξαγωγῆς τῆς ἐκχυλίσεως. Γιά τό λόγο αὐτό βρίσκει μεγάλη ἐφαρμογή στή φαρμακοβιομηχανία γιά τήν ἐκχύλιση εὐπαθῶν σχετικά οὐσιῶν, ὅπως ἡ πενικιλίνη καί τά ἄλλα ἀντιβιοτικά φάρμακα. Οἱ οὐσίες αὐτές παθαίνουν ἀλλοίωση, ἂν παραμείνουν ἐπί μεγάλο χρονικό διάστημα στίς συνθήκες τῆς ἐκχυλίσεως.

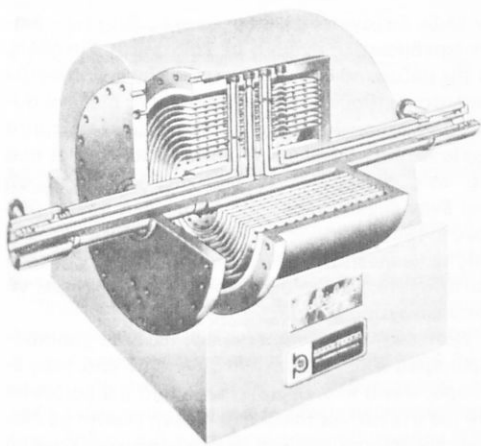
Ἐνδιαφέρον, λόγω τῆς ἀπλότητάς του, παρουσιάζει ὁ **περιστροφικός ἐκχυλι-**



Σχ. 8.7ε.

Όριζόντια εγκατάσταση έκχυλισης 10 βαθμίδων.

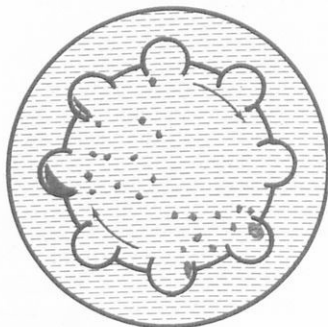
Διακρίνονται οι σωληνώσεις και οι ηλεκτροκινητήρες των άναδευτήρων, που άναμιγνύουν τή ύγρ ή στή 10 διαμερίσματα και συγχρόνως άντλούν τή βαρύτερο ύγρ ή πρής τή γειτονικό διαμέρισμα. Τή έλαφρύτερο ύγρ ή υπερχειλίζει κατ' άντιροή άπό τή ένα διαμέρισμα στή έπόμενο. Οι σωληνώσεις τής υπερχειλίσεως βρίσκονται κάτω άπό τή καλύμματα τών διαμερισμάτων και δέν φαίνονται στή φωτογραφία. Ή εγκατάσταση έκχυλίζει 600 m<sup>3</sup> ύγρης πρής ύλης τήν ήμέρα.



Σχ. 8.7στ.

Φυγοκεντρικός έκχυλιστήρας. Διακρίνονται οι διάτρητοι κύλινδροι τού τυμπάνου και οι άξονικές σωληνώσεις είσαγωγής και άπομακρύνσεως τών ύγρων.

**στήρας** άσυνεχοϋς λειτουργίας του σχήματος 8.7ζ. Σε ένα κυλινδρικό δοχείο, πλήρες με την ύγρη πρώτη ύλη και τό διαλύτη, περιστρέφεται μία δέσμη παραλλήλων ήμικυκλικών έλασμάτων, σχήματος σκάφης, με τό άνοικτό μέρος προς τόν άξονα του δοχείου. Καθώς τά ήμικυκλικά έλάσματα άνέρχονται από τή στιβάδα του βαρύτερου ύγρου, πού συγκεντρώνεται στό κάτω μέρος του δοχείου, άποχύνουν τό περιεχόμενό τους μέσα στή μάζα του έλαφρότερου ύγρου. Συγχρόνως γεμίζουν με τό έλαφρότερο ύγρό, τό όποίο διασκορπίζουν στή συνέχεια στή μάζα του βαρύτερου ύγρου, καθώς ξαναβυθίζονται στή στιβάδα του. Τελικά έπιτυγχάνεται σχετικά καλή έκχύλιση τής πρώτης ύλης, άν ή διάρκεια τής παραπάνω άναμίξεως είναι άρκετά μεγάλη. Διατηροϋνται πάντως τά μειονεκτήματα τής έκχυλιστικής μεθόδου άπλης έπαφής, πού άναφέρθηκαν στήν άρχή τής παραγράφου.



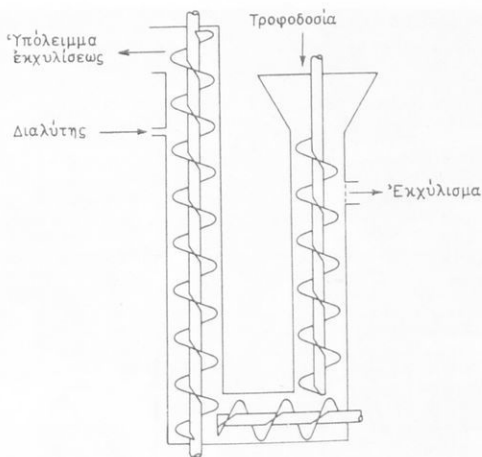
Σχ. 8.7ζ.

Τομή σέ κυλινδρικό περιστροφικό έκχυλιστήρα άσυνεχοϋς λειτουργίας.

Η έκχύλιση στερεών πρώτων ύλών διεξάγεται σέ βιομηχανικές συσκευές διάφορων τύπων, πού εξασφαλίζουν ίκανοποιητική άνάμιξη με τό διαλύτη. Συνήθως, τό στερεό προωθείται διά μέσου τής μάζας του διαλύτη ή περιβρέχεται από αυτόν σέ διαδοχικές θέσεις, ώστε νά διαλυτοποιηθούν και παραληφθούν τά διαλυτά συστατικά του. Για τό σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται π.χ. άναβατόρια με διάτρητα κουβαδάκια πού κινούνται σέ δοχεία πλήρη με διαλύτη ή μεταφορικοί κοχλίες πού περιστρέφονται σέ σωληνώσεις, στίς όποιες ρέει ό διαλύτης κατ' άντιρροή (σχ. 8.7η). Τό σχήμα 8.7θ δείχνει έναν έκχυλιστήρα, όπου ή στερεή πρώτη ύλη μεταφέρεται με περιστρεφόμενους πτερυγιοφόρους άξονες σέ διαδοχικές παράλληλες σκάφες, κατ' άντιρροή προς τό διαλύτη πού ύπερχειλίζει σέ αυτές. Χαρακτηριστικό του έκχυλιστήρα είναι τό σχετικά μικρό ύψος του, ώστε νά μπορεί νά τοποθετηθεϊ και σέ χαμηλούς βιομηχανικούς χώρους.

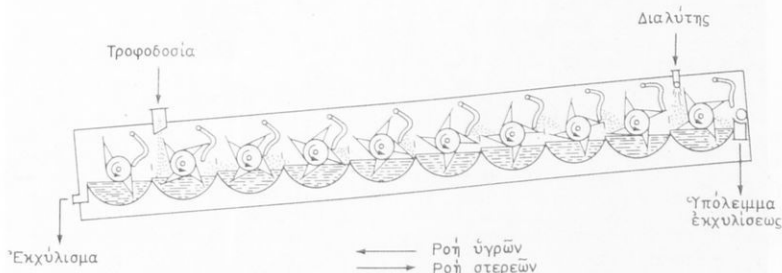
Στό σχήμα 8.7ι εικονίζεται ή έξωτερική όψη ενός έκχυλιστήρα πού χρησιμοποιείται για τήν παραλαβή του βρώσιμου ή του βιομηχανικού λαδιού από τούς έλαιούχους σπόρους (μπαμπακόσπορο, σόγια κλπ). Άποτελείται από μία όριζόντια μεταφορική ταινία, πού κινείται σέ μία στεγανή μεταλλική δεξαμενή γεμάτη με διαλύτη. Οι σπόροι άλέθονται και τροφοδοτούνται στό ένα άκρο τής ταινίας. Κατά τή





Σχ. 8.7η.

Έκχυλιση στερεών πρώτων υλών σε σύστημα μεταφορικών κοχλιών.

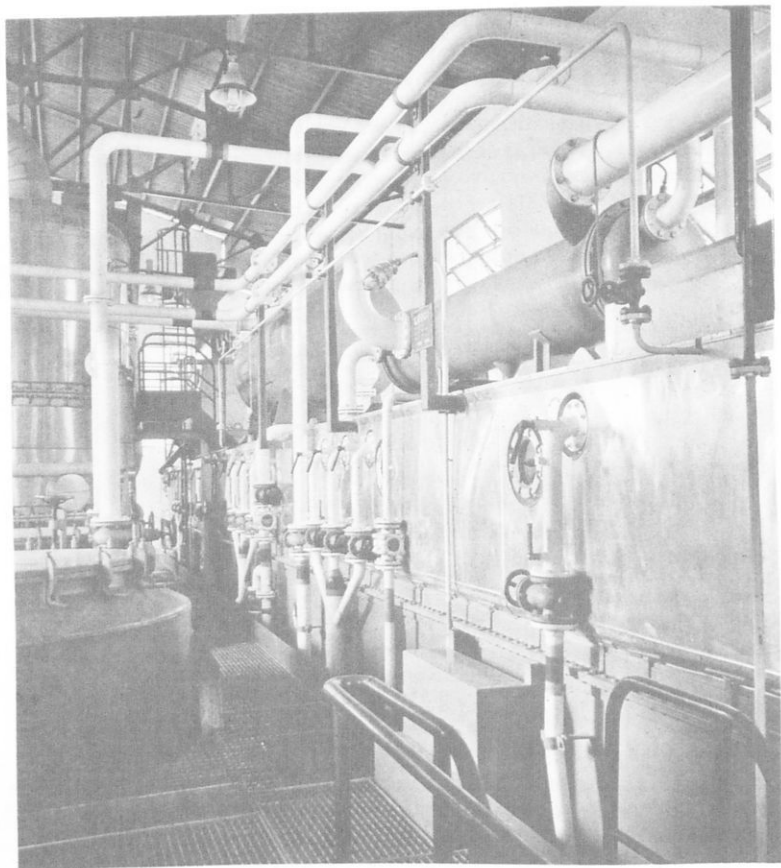


Σχ. 8.7θ.

Όριζόντιος έκχυλιστήρας με περυγιοφόρους άξονες.

διαδρομή μέχρι τό άλλο άκρο συμπληρώνεται ή έκχύλιση του λαδιού καί τά υπολείμματα των σπόρων άπορρίπτονται σε ένα σιλό. Ο διαλύτης, συνήθως βενζίνη, κυκλοφορεί συνεχώς με άντλίες στή δεξαμενή καί έμπλουτίζεται σε λάδι.

Ένας πολύ συνηθισμένος επίσης τρόπος παραλαβής του λαδιού από τούς έλαιούχους σπόρους καί, γενικότερα, διαχωρισμού των υγρών που περιέχονται σε στερεές πρώτες ύλες, είναι ή **έκθλιψη** τους σε ίσχυρά πιεστήρια. Ο τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο στή βιομηχανία είναι τό **κοχλιωτό πιεστήριο** συνεχούς λειτουργίας (σχ. 8.7ια). Ένας περιστρεφόμενος κοχλίας συμπιέζει τούς σπόρους επάνω στο κωνικό τοίχωμα του στομίου έξαγωγής του πιεστηρίου καί προκα-

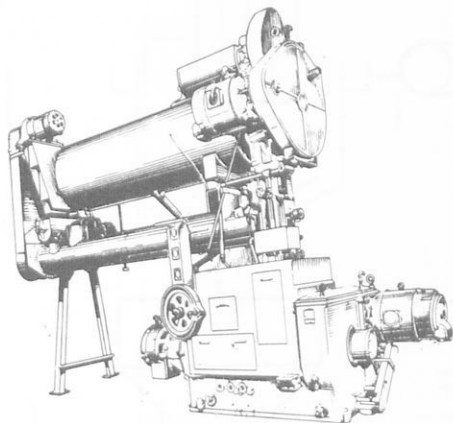


Σχ. 8.7ι.

Έκχυλιστήρας τύπου μεταφορικής ταινίας, Ικανότητας έκχυλίσσεως 400 τόννων ελαιούχων σπόρων τήν ημέρα. Διακρίνονται στα πλευρά οι σωληνώσεις ανάκυκλοφορίας και έπάνω στη συσκευή τό όριζόντιο δοχείο συγκρατήσεως τών άτμών τής βενζίνης.

λει τήν άποβολή και τόν άποχωρισμό του λαδιού από τό στερεό υπόλειμμα. Σε άλλους τύπους πιεστηρίων, ή συμπύεση τής πρώτης ύλης γίνεται μεταξύ κυλίνδρων ή πλακών μέ τή βοήθεια μηχανικών ή υδραυλικών συστημάτων.

Σέ σύγκριση μέ τίς μεθόδους έκχυλίσσεως, ή έκθλιψη παρουσιάζει τό μειονέκτημα ότι ή παραλαβή του λαδιού είναι λιγότερο πλήρης και παραμένει στό στερεό υπόλειμμα, τήν πίττα, σε περιεκτικότητα πού κυμαίνεται από 2% μέχρι 18%. Αυτό όμως προσδίνει μεγάλη θρεπτική άξια στην πίττα, ώστε μαζί μέ τά άλλα της συστατικά νά άποτελεί πολύτιμη ζωοτροφή.



Σχ. 8.7ια.

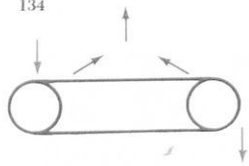
Κοχλιωτό πιεστήριο εκθλίψεως έλαιούχων σπόρων.

Έπάνω στο πιεστήριο στηρίζεται τό κυλινδρικό δοχείο προθερμάνσεως τών άλεσμένων σπόρων, γιά τή διευκόλυνση τής άποβολής του λαδιού.

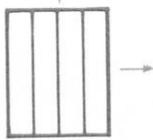
### 8.8 Συμβολισμοί γιά τό διαχωρισμό τών ύλικών.

Ό διαχωρισμός τών ύλικών διεξάγεται, όπως είδαμε, σέ μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών συσκευών, ανάλογα μέ τή φυσική κατάσταση καί τίς ιδιότητες τών πρώτων ύλων καί τών προϊόντων του διαχωρισμού. Ίδιαίτερη διαμόρφωση στίς βιομηχανικές συσκευές έπιβάλλεται κάθε φορά καί από τήν αντίσταση πού προβάλλουν τά διάφορα συστατικά τών μιγμάτων στήν πραγματοποίηση του διαχωρισμού τους.

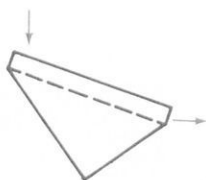
Στό σχήμα 8.8 δίνονται οι συμβολισμοί όρισμένων από τίς κυριότερες συσκευές διαλογής, κοσκινίσματος, κατακρατήσεως κονιορτού, ηλεκτρικών καί μαγνητικών διαχωρισμών, καθαζήσεως, φυγοκεντρήσεως, διηθήσεως καί έκχυλίσεως, πού αναφέρθηκαν στίς προηγούμενες παραγράφους.



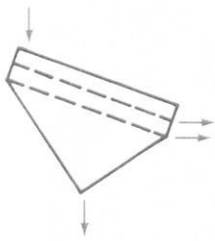
α



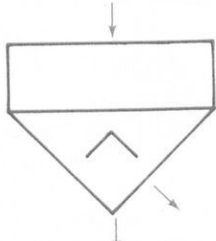
β



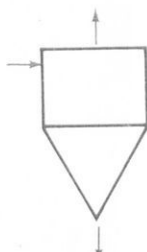
γ



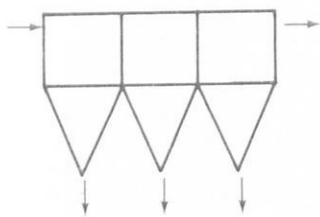
δ



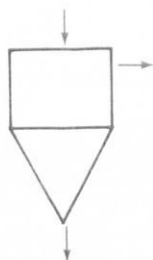
ε



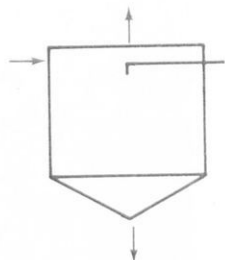
στ



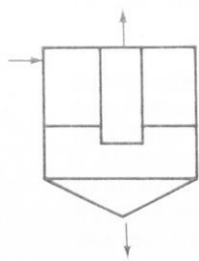
ζ



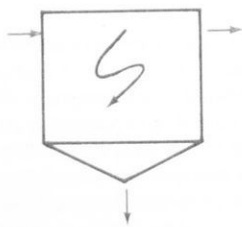
η



θ



ι



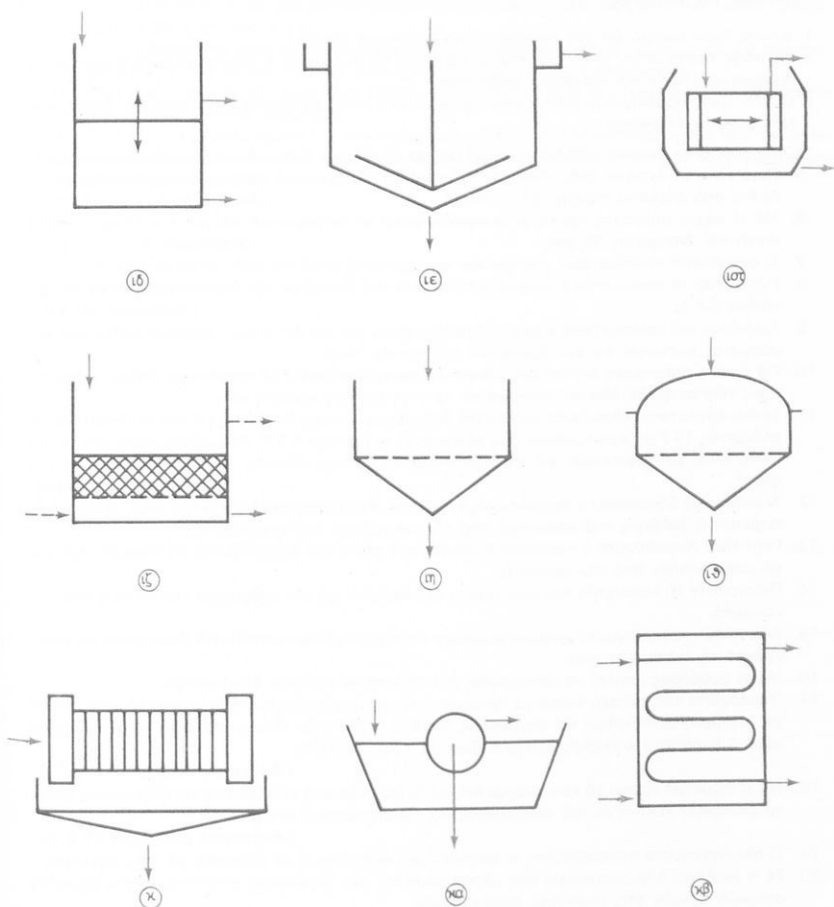
ια



ιβ



ιγ



Σχ. 8.8.

Συμβολικές απεικονίσεις βιομηχανικών συσκευών για τό διαχωρισμό τών υλικών.

α) Ταινία διαλογής. β) Έσχατα κοσκίνισματος. γ) Άπλο δονούμενο κόσκινο. δ) Διπλό δονούμενο κόσκινο. ε) Άνεμοδιαχωριστής. στ) Κυκλώνας. ζ) Συστοιχία κυκλώνων (πολυκυκλώνας). η) Κυκλώνας με προσαγωγή θερμών αερίων για θέρμανση υλικών. θ) Σακκόφίλτρο. ι) Πύργος πλύσεως αερίων με καταιονισμό. ια) Ήλεκτρόφίλτρο. ιβ) Ήλεκτροστατικός διαχωριστής τυμπάνου. ιγ) Μαγνητικός διαχωριστής. ιδ) Δοχείο ήρεμου διαχωρισμού υγρών. ιε) Δεξαμενή καθίζησης καί παχύνσεως αιώρημάτων. ιστ) Φυγόκεντρα (φυγοκεντρικός διαχωριστής). ιζ) Διυλιστήριο χαλικιών και άμμου. ιη) Άπλό φίλτρο διηθήσεως. ιθ) Φίλτρο πίεσεως. κ) φιλτροπρέσσα. κα) φίλτρο κενού. κβ) Πύργος έκχυλισεως.

**Ερωτήσεις και Ασκήσεις.**

1. Δώστε έναν όρισμό και ένα παράδειγμα διαχωρισμού υλικών.
2. Σέ ποιές περιπτώσεις είναι συνήθως απαραίτητο να διεξάγεται ο διαχωρισμός των υλικών με προσωπικό έλεγχο και επέμβαση ανθρώπων;
3. Δώστε τρία παραδείγματα διαχωρισμού υλικών, στα όποια να γίνεται χρησιμοποίηση διαφορετικών μορφών ενέργειας.
4. Τι ονομάζεται άνοιγμα ενός κόσκινου με μεταλλικό πλέγμα; Τι ονομάζεται άνοιγμα μιάς εσχάρας;
5. Ποιά είναι τό άνοιγμα ενός κόσκινου 50 mesh με τετραγωνικό μεταλλικό πλέγμα κατασκευασμένο από σύρματα πάχους 0,19 mm. (**Απάντηση:**  $a = 0,318$  mm)
6. Μέ τί πάχος σύρματος πρέπει να κατασκευασθεί τό τετραγωνικό πλέγμα του κόσκινου 400 mesh και άνοιγματος 38 μm; (**Απάντηση:**  $\delta = 25,5$  μm)
7. Τι ονομάζεται κοκκομετρικό κλάσμα και κοκκομετρική ανάλυση ενός στερεού υλικού;
8. Πόσο είναι τό κοκκομετρικό κλάσμα 0,6/0,2 mm του υλικού με τήν κοκκομετρική ανάλυση του πίνακα 8.2.1; (**Απάντηση:** 47,9%)
9. Σχεδιάστε μιά κοκκομετρική καμπύλη υπολειμμάτων και τήν αντίστοιχη καμπύλη συνολικού περάσματος κοσκίνων γιά ένα υποθετικό ομοιογενές υλικό.
10. Γιά ποιούς πρακτικούς λόγους δέν μπορεί να πραγματοποιηθεί με κοσκίνισμα πλήρης διαχωρισμός των στερεών υλικών, ανάλογα με τό μέγεθος των κόκκων τους;
11. Σέ ένα έργοστάσιο είναι διαθέσιμα πολλά δονούμενα κόσκινα άνοιγματος 5 mm και διαστάσεων πλέγματος 1×2 m. Χρησιμοποιώντας τά στοιχεΐα του πίνακα 8.2.2, υπολογίστε πόσα από τά κόσκινα αυτά θά χρειαστούν γιά τό κοσκίνισμα 20 τόννων άλατιού τήν ώρα, πυκνότητας 1,0 g/cm<sup>3</sup>. (**Απάντηση:** 3 κόσκινα)
12. Τι κινδύνους δημιουργεί ο σχηματισμός κοριοτού στις βιομηχανίες; Γιατί δέν είναι συνήθως έπιτηρητή ή άποβολή του κοριοτού από τήν καπνοδόχο του έργουστασίου;
13. Γιατί είναι άνεπιθύμητη ή παρούσια ύγρασίας στά άέρια πού διαβιβάζονται σέ σακκόφιλτρα γιά να καθαρισθούν από τόν κοριοτό;
14. Περιγράψτε τή λειτουργία του πλυντηρίου άκροφυσίου γιά τόν καθαρισμό των άερίων από τόν κοριοτό.
15. Δώστε δύο παραδείγματα χρησιμοποίησης μαγνητικών διαχωριστών στή βιομηχανία και περιγράψτε τή λειτουργία τους.
16. Μέ τί μεθόδους μπορεί να έπιταχυνθεί ή καθίζηση των ύγρων αιώρημάτων;
17. Υπολογίστε τή παροχή νερού με αιώρημα σκόνης μεταλλεύματος, πού μπορεί να καθαρισθεί σέ δεξαμενή καθιζήσεως και παχύνσεως διαμέτρου 10m, άν είναι γνωστό ότι γιά τό αιώρημα αυτό ή ικανότητα καθαρισμού τής δεξαμενής είναι 2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. (**Απάντηση:** παροχή 157 m<sup>3</sup>/h)
18. Μέ τί διάμετρο πρέπει να κατασκευασθεί μιά όμοια δεξαμενή καθιζήσεως και παχύνσεως, ώστε να καθαρίζει 200 m<sup>3</sup>/h του αιώρηματος τής προηγούμενης άσκήσεως; (**Απάντηση:** διάμετρος 11,3 m)
19. Τι πλεονεκτήματα παρουσιάζουν οι φυγόκεντρες καθιζήσεως σέ σύγκριση με τούς παχυντές;
20. Σέ τί διαφέρει ή συμπεριφορά των υδρόφοβων και των υδρόφιλων συστατικών ενός μίγματος στερεών υλικών στις συσκευές έπιπλέσεως;
21. Υπολογίστε τόν άπαιτούμενο χρόνο γιά τή διήθηση 100 λίτρων ύγρου από ένα έπίπεδο ύφασματίνο όριζόντιο φίλτρο (π.χ. όπως στά σχήματα 8.8η ή 8.8θ), βασίζόμενοι στις έξής δύο πειραματικές μετρήσεις, πού έγιναν με τίς ίδιες συνθήκες στό ίδιο φίλτρο:
  - α) Γιά τή διήθηση 5 λίτρων άπαιτήθηκε χρόνος 2 min.
  - β) Γιά τή διήθηση 20 λίτρων άπαιτήθηκε χρόνος 12 min.
 Όδηγία γιά τή λύση: Βρείτε πρώτα τίς τιμές των συντελεστών  $\alpha$  και  $\beta$ , λύνοντας τό σύστημα των εξισώσεων  $V^2 + \alpha V = \beta t$  γιά τίς δύο πειραματικές μετρήσεις. (**Απάντηση:**  $t = 2$  ώρες 47 min)
22. Ποιά είναι ή ήμερήσια (24 ώρες) ικανότητα καθαρισμού πόσιμου νερού σέ ένα διυλιστήριο χαλικιών και άμμου με τετραγωνική δεξαμενή πλευράς 4m και ταχύτητα διηθήσεως 6m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h; (**Απάντηση:** 2300 m<sup>3</sup> περίπου)
23. Χρησιμοποιείστε τά στοιχεΐα των πινάκων 8.6.1 και 8.6.2 γιά να διαλέξετε τό καταλληλότερο ύφασμα και να καθορίσετε τό άπαιτούμενο πλήθος τετραγωνικών πλακών διαστάσεων 50×50

cm, για τή διήθηση σέ φιλτροπρέσσα 20 m<sup>3</sup>/h ύδατικού διαλύματος χλωρικού καλίου θερμοκρασίας 85°C και pH = 11.

(**Απάντηση:** πολυπροπυλένιο (τό υγρό εἶναι ἀλκαλικό καί ὀξειδωτικό) καί 10 πλάκες).

24. Περιγράψτε ἕνα φίλτρο πίεσεως ἀσυνεχοῦς καί ἕνα συνεχοῦς λειτουργίας.
25. Ποιά εἶναι ἡ πορεία τῶν διαφόρων ὑλικῶν καί προϊόντων κατά τήν ἐκχύλιση μέ τή μέθοδο τῆς πολυβάθμιας ἐπαφῆς ἀντιρροῆς;
26. Ποιά εἶναι τά μειονεκτήματα τοῦ περιστροφικοῦ κυλινδρικοῦ ἐκχυλιστήρα ὑγρῶν πρώτων ὑλῶν;
27. Πῶς ἐπηρεάζουν οἱ μέθοδοι ἐκχυλίσεως καί ἐκθλίψεως ἐλαιούχων σπόρων τήν ποιότητα τοῦ στερεοῦ ὑπολείμματος;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ

#### 9.1 Γενικά.

Ἡ πραγματοποίηση τῶν διαφόρων φυσικῶν καί χημικῶν διεργασιῶν στά βιομηχανικά ὑλικά καί προϊόντα συνοδεύεται σχεδόν πάντα ἀπό τή μετάδοση ἐνέργειας ἀπό τό περιβάλλον πρός τά ὑλικά καί προϊόντα ἢ ἀντίστροφα. Ἡ ἐνέργεια πού συμμετέχει στίς βιομηχανικές αὐτές διεργασίες μπορεῖ νά βρίσκεται σέ διάφορες μορφές, ὅπως εἶναι ἡ μηχανική, ἡ ἠλεκτρική, ἡ ἐνέργεια τῆς βαρύτητας κλπ. Τή μεγαλύτερη ὅμως σημασία, ἰδίως στή χημική βιομηχανία, ἔχει συνήθως ἡ θερμική ἐνέργεια.

Ἡ προσφορά ἢ ἡ ἀπομάκρυνση θερμότητας ἀπό τίς βιομηχανικές συσκευές εἶναι κυρίως ἀναγκαῖα γιά τή δημιουργία καί τή διατήρηση τῶν καταλλήλων συνθηκῶν διεξαγωγῆς τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων καί γιά τή μεταβολή τῆς φυσικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων. Μέ **θέρμανση** ἐπιταχύνονται πολλές φυσικές καί ὅλες οἱ χημικές διεργασίες εἴτε ἀφοροῦν σέ ἐνδόθερμες εἴτε σέ ἐξώθερμες ἀντιδράσεις. Κυριότερες θερμικές φυσικές διεργασίες εἶναι ἡ ἐξάτμιση τῶν ὑγρῶν, ἡ τήξη τῶν στερεῶν καί ἡ ξήρανση, δηλαδή ἡ ἀπομάκρυνση τῆς ὑγρασίας ἀπό τά σώματα. Ἡ θερμότητα ὑποβοηθεῖ ἐπίσης τή ροή τῶν ὑγρῶν, τήν ἄλεση καί τήν ἐκθλιψη τῶν στερεῶν, τήν ἐκχύλιση τῶν στερεῶν καί ὑγρῶν κλπ.

**Ψύξη** εἶναι ἀναγκαῖα ὅταν πρέπει νά ἀπομακρύνεται ἡ θερμότητα πού ἐκλύεται π.χ. σέ μιά ἐξώθερμη ἀντίδραση, ὥστε νά διατηρεῖται ἡ βιομηχανική συσκευή σταθερά στήν εὐνοϊκή θερμοκρασία τῆς ἀντιδράσεως. Ἐπίσης ἡ ψύξη ὑποβοηθεῖ τή διάλυση ἀερίων σέ ὑγρά, τήν προσρόφηση ἀερίων σέ στερεά, τήν ὑγροποίηση ἀερίων, τήν κρυστάλλωση διαλυμένων στερεῶν κλπ. Ἄλλες χρήσεις τῆς ψύξεως εἶναι στή συντήρηση εὐαίσθητων τροφίμων, φαρμάκων ἢ ἄλλων προϊόντων καί στόν κλιματισμό τῶν βιομηχανικῶν χώρων.

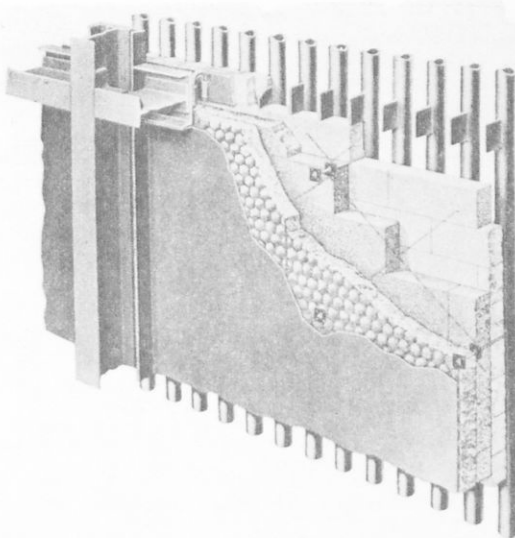
Κατά κανόνα ἡ ψύξη εἶναι πολύ περισσότερο δαπανηρή ἀπό τή θέρμανση, κυρίως ὅταν παράγεται σέ ψυκτικές μηχανές. Π.χ. ἡ παροχή 1.000.000 kcal σέ ἕνα σῶμα μέ θέρμανση μπορεῖ νά στοιχίζει 500 δραχμές περίπου, ἐνῶ ἡ ἀπομάκρυνση τῆς ἴδιας ποσότητας θερμικῆς ἐνέργειας μέ ψύξη τοῦ σώματος μπορεῖ νά στοιχίζει 10 φορές περισσότερο.

Γενικά, τά ἐξοδα τῶν βιομηχανιῶν γιά θερμάνσεις καί ψύξεις ἀποτελοῦν συχνά τή μεγαλύτερη δαπάνη λειτουργίας τους. Γι' αὐτό ἐπιδιώκεται ὁ περιορισμός, ὅσο εἶναι δυνατό, τῶν ἀνεπιθυμητῶν ἀπωλειῶν πού προκαλοῦνται μέ τήν ψύξη θερμῶν ὑλικῶν ἢ τή θέρμανση ψυχρῶν ὑλικῶν ἀπό τό περιβάλλον. Γιὰ τό σκοπό αὐτό χρησιμοποιοῦνται τά **θερμομονωτικά ὑλικά** πού, ὅπως ἀναφέρθηκε καί στό κεφάλαιο



λαιο 5, προβάλλουν αντίσταση στη ροή της θερμότητας. Πρόκειται για πορώδη κυρίως υλικά, που οι μονωτικές τους ιδιότητες οφείλονται στον αέρα, ο οποίος περικλείεται στους πόρους τους και εμποδίζει τη μετάδοση της θερμότητας. Μέ τον τρόπο αυτό παρεμβάλλεται θερμική αντίσταση μεταξύ των θερμών ή των ψυχρών τοιχωμάτων της βιομηχανικής συσκευής και του περιβάλλοντος.

Θερμομονωμένες σωληνώσεις κυκλοφορίας θερμών και ψυχρών υγρών είδαμε στις φωτογραφίες των σχημάτων 5.3γ, 5.4ε και 7.3γ. Στο σχήμα 9.1α εικόνιζεται ειδικότερα η θερμική μόνωση του τοιχώματος ενός άτμολέβητα, στη ζώνη που γίνεται η καύση του καυσίμου. Προορισμός του άτμολέβητα είναι να θερμαίνει τό νερό που κυκλοφορεί στους κατακόρυφους σωλήνες. Για να μη διαφεύγει όμως η θερμότητα στο περιβάλλον, τοποθετούνται στην έξωτερική πλευρά των σωλήνων δύο στρώσεις άνθεκτικών πυριμάχων πλίνθων και στη συνέχεια μία στρώση θερμομονωτικού υλικού, που συγκρατείται με συρμάτινα δικτυωτά και προστατεύεται έξωτερικά με μία λεπτή μεταλλική επένδυση.



Σχ. 9.1α.

Έξωτερική θερμική μόνωση των σωληνώσεων κυκλοφορίας νερού σε ένα άτμολέβητα.

Γιά κάθε θερμομονωτικό υλικό υπάρχει μία μέγιστη επιτρεπομένη θερμοκρασία χρησιμοποίησεως, πάνω από την οποία έκδηλώνονται τοπικές τήξεις του υλικού που προκαλούν την καταστροφή των πόρων του. Για τό οργανικά μονωτικά υλικά (φελλός, μπαμπάκι, πολυμερή υλικά) η μέγιστη θερμοκρασία είναι περίπου 100°C. Ό ύαλοβάμβακας, δηλαδή λεπτότατες ίνες γυαλιού σε συσσωματώματα όπως τό μπαμπάκι, χρησιμοποιείται μέχρι τούς 500°C. Σε ύψηλότερες θερμοκρασίες και

μέχρι τους 1000°C χρησιμοποιείται ή γη διατόμων (πορώδες διοξείδιο του πυριτίου) και ο άμιαντος.

Η μεθοδική θερμομόνωση αποτελεί ένα από τα πιο αποτελεσματικά μέσα για την εξοικονόμηση της ενέργειας στη βιομηχανία. Η συνεχής εξάντληση των κυριότερων ενεργειακών πηγών της γης (πετρέλαιο και κάρβουνο) και το υψηλό κόστος προμήθειας καυσίμων επιβάλλουν την καταπολέμηση κάθε σπατάλης στην κατανάλωσή τους. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την Έλληνική οικονομία, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνεται στη χώρα προέρχεται από εισαγωγές καυσίμων από το εξωτερικό. Συγκεκριμένα, το 70% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στην Ελλάδα από τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τις οικιακές χρήσεις κλπ. υπό τη μορφή θερμότητας ή ηλεκτρισμού, προέρχεται από καύση πετρελαίου που εισάγεται από το εξωτερικό και μόλις το 30% προέρχεται από εγχώριες πηγές (23% από καύση λιγνίτη, που εξορύσσεται κυρίως στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Μεγαλόπολης και Άλιβερίου και 7% από ύδατοπτώσεις).



Σχ. 9.1β.

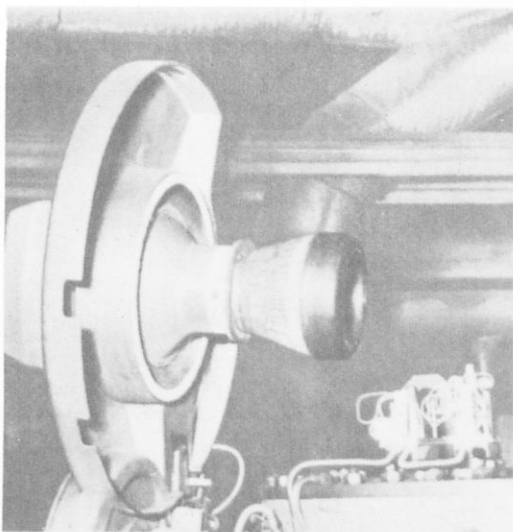
Έμπρός άριστερά, δίπλα στη μεγάλη καπνοδόχο, είναι ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από τη θερμότητα που εκλύεται κατά τις σχάσεις των πυρήνων ουρανίου. Δεξιά πίσω του είναι ένας άλλος σταθμός ηλεκτροπαραγωγής από καύση πετρελαίου σε δύο άτμολεβήτες. Δεξιάτερα διακρίνονται οι δεξαμενές αποθηκείωσης του πετρελαίου.

Η ενεργειακή κρίση που διέρχεται σήμερα η ανθρωπότητα, πιστεύεται ότι θα διαρκέσει επί πολλά χρόνια, γιατί σε μικρό μόνο βαθμό μπορεί να αντιμετωπισθεί με την ανακάλυψη νέων αποθεμάτων πετρελαίου και κάρβουνου ή με τη γενίκευση της χρησιμοποίησής της ατομικής ενέργειας από πυρηνικές σχάσεις (σχ.

9.1β). Υπολογίζεται ότι η κατάσταση θα αρχίσει να βελτιώνεται ύστερα από το έτος 2000, όταν θα έχουν ίσως αναπτυχθεί και εφαρμοσθεί νέες μέθοδοι παραγωγής ενέργειας από πυρηνικές συντήξεις ή από τη δέσμευση σε μεγάλη κλίμακα της ηλιακής ενέργειας και της ενέργειας των ανέμων.

## 9.2 Μέθοδοι θερμάνσεως

Η μετάδοση της θερμότητας στις βιομηχανικές συσκευές μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους άμεσους και έμμεσους τρόπους θερμάνσεως. Ο φαινομενικά απλούστερος άμεσος τρόπος είναι η θέρμανση της συσκευής με φλόγα, πού σχηματίζεται κατά την καύση ενός στερεοῦ, ὑγροῦ ἢ αερίου καυσίμου στὸν ἀέρα. Ἡ καύση τῶν στερεῶν καυσίμων γίνεται σέ **έσχάρες** (σχ. 9.2γ), ἐνῶ τῶν ὑγρῶν καί τῶν ἀερίων, καθὼς καί τῶν κονιοποιημένων στερεῶν, γίνεται σέ **καυστήρες** (σχ. 9.2α καί 9.2γ).



Σχ. 9.2α.

Καυστήρας γιά τήν ἐκτόξευση καί καύση πετρελαίου.

Ἡ θερμότητα πού ἐκλύεται κατά μία καύση καί ἐκδηλώνεται μέ τή φλόγα, κατανέμεται στά προϊόντα τῆς καύσεως, δηλαδή τά καυσαέρια. Ἐπομένως ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ ποσότητα τῶν καυσαερίων, τόσο ὑψηλότερη θά εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φλόγας, μέ τήν προϋπόθεση βέβαια ὅτι θά ὑπάρχει ἀρκετό ὀξυγόνο γιά τήν ὀλοκλήρωση τῆς καύσεως τοῦ καυσίμου. Ἐπίσης θά προκύπτει αὐξημένη θερμοκρασία τῆς φλόγας καί τῶν καυσαερίων, ἄν τό καύσιμο καί ὁ ἀέρας τῆς καύσεως εἶναι ἤδη προθερμασμένα πρὶν διαβιβασθοῦν στὸν χῶρο τῆς καύσεως. Ἡ μεγαλύτερη θερμοκρασία φλόγας πού μπορεῖ νά πραγματοποιηθεῖ στίς ἐστίες τῶν βιομη-

χανικῶν καμίνων εἶναι περίπου  $1600^{\circ}\text{C}$ . Ἀνώτερες θερμοκρασίες φλογας ἐπιτυγχάνονται κατὰ τὴν καύση ἀερίων καυσίμων μὲ καθαρό ὀξυγόνο, ἀντὶ γιὰ ἀέρα, ὥστε νὰ μειωθεῖ σημαντικά ἡ ποσότητα τῶν καυσαερίων, ἀφοῦ δέν περιέχουν πιά τό ἄζωτο, πού εἶναι ἀχρηστο γιὰ τὴν καύση. Ἔτσι, ἡ φλόγα τοῦ μονοξειδίου τοῦ ἀνθρακα φθάνει τοὺς  $1950^{\circ}\text{C}$ , τοῦ ὑδρογόνου τοὺς  $2045^{\circ}\text{C}$ , τοῦ φωταερίου τοὺς  $2100\text{-}2200^{\circ}\text{C}$  καὶ τῆς ἀσετυλίνης (ἀκετυλενίου) τοὺς  $2325^{\circ}\text{C}$ .

Ἡ ἄμεση θέρμανση μὲ φλόγα ἀποφεύγεται συνήθως στὴ βιομηχανία, ἰδίως δὲταν ἐπιδιώκονται σχετικὰ χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω ἀπὸ  $250^{\circ}\text{C}$ , γιὰτί παρουσιάζει δυσκολίες στὴν ὁμοιογενή θέρμανση τῶν ὑλικῶν, καθὼς καὶ κινδύνους ἀτυχημάτων. Ἡ κυριότερη καὶ εὐρύτατη βιομηχανικὴ ἐφαρμογὴ τῆς θερμάνσεως μὲ φλόγα εἶναι στοὺς ἀτμολέβητες, δηλαδή συσκευές πού λειτουργοῦν ὑπὸ πίεση καὶ στὶς ὁποῖες θερμαίνεται νερό καὶ μετατρέπεται σέ ὕδρατμό.

Ἄλλοι ἄμεσοι τρόποι βιομηχανικῆς θερμάνσεως εἶναι ἡ ἠλεκτρικὴ θέρμανση μὲ ἀντίσταση, ἐπαγωγή ἢ τόξο (σχ. 9.2β), ἐνῶ σέ πολὺ σπάνιες περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται οἱ ἀκτινοβολίες, ἡ ἡλιακὴ θερμότητα, ἡ θερμότητα τῶν πυρηνικῶν σχάσεων κλπ.



Σχ. 9.2β.

Θέρμανση μὲ ἠλεκτρικὸ τόξο, πού σχηματίζεται μεταξὺ ἐνός κυλινδρικοῦ ἠλεκτροδίου ἀπὸ γραφίτη (ἄνω) καὶ τοῦ τήγματος πού περιέχεται στὴν κάμινο.

Οἱ ἔμμεσοι τρόποι θερμάνσεως εἶναι πολὺ συνηθέστεροι καὶ διεξάγονται μὲ κυκλοφορία θερμῶν ἀερίων ἢ ὑγρῶν καὶ κυρίως ὕδρατμοῦ, πού ἀποτελεῖ τὸ σημαντικότερο θερμικὸ φορέα στὴ βιομηχανία. Ἡ παρουσία, μάλιστα, τοῦ ἀτμολέβητα καὶ οἱ ἐφαρμογές τοῦ ὕδρατμοῦ εἶναι τόσο συνηθισμένες στά ἐργοστάσια, ὥ-

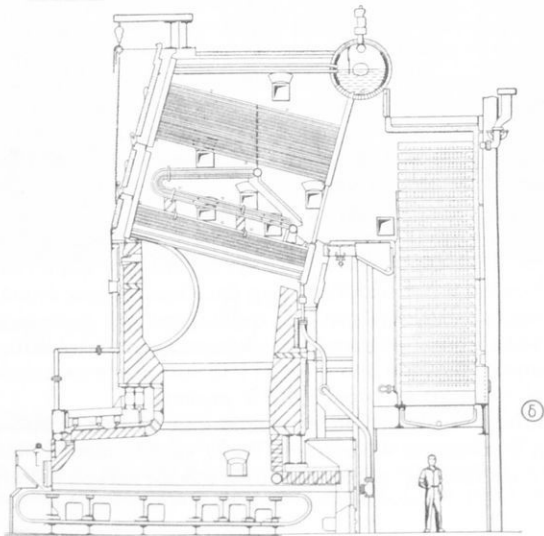
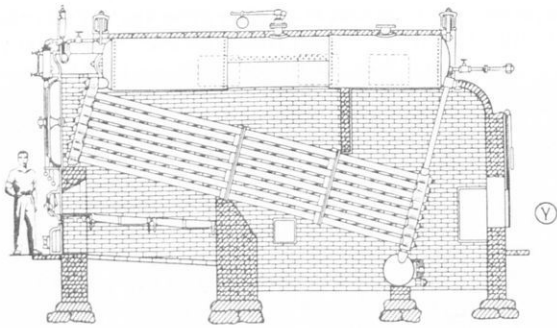
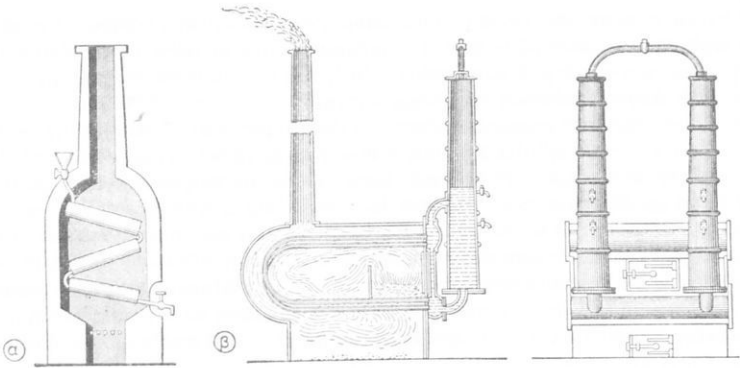
στε έχουν έπικρατήσει γενικά οι απλούστερες ονομασίες τους **λέβητας** (ή καζάνι) και **άτμος**. Άς ασχοληθούμε λοιπόν λίγο περισσότερο, με αυτά, αφού άλλωστε η χρησιμοποίηση του άτμου είχε τεράστια επίδραση στή βιομηχανική και τή γενικότερη τεχνολογική ανάπτυξη τής ανθρωπότητας.

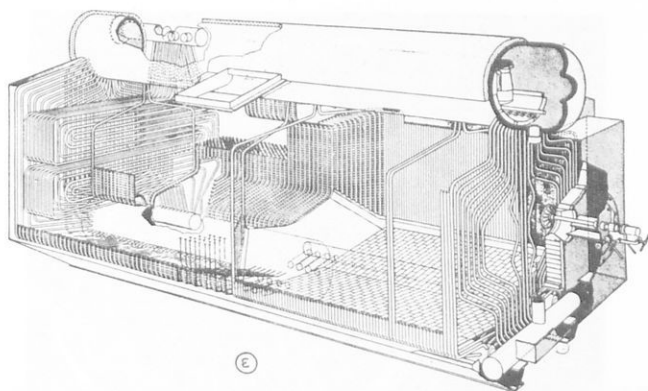
Στήν αρχαιότητα, ή παραγωγή ύδρατμου και ή έκμετάλλευσή του γιά τήν άντληση νερού και τήν περιστροφή ενός κατακόρυφου άξονα, αναφέρεται από τόν Ήρωνα τόν Άλεξανδρινό, τό 150 π.Χ. Κατά τούς νεώτερους χρόνους, ό ύδρατμός άρχισε νά χρησιμοποιείται γιά τή λειτουργία άντλιών στά όρυχεϊά τό 1711 και στή συνέχεια σέ πολλές άλλες βιομηχανικές έφαρμογές, ως κινητήριο ή θερμικό μέσο. Παράλληλα, ήταν έντυπωσιακή, όπως φαίνεται στό σχήμα 9.2γ, ή εξέλιξη τών άτμολεβήτων γιά τήν παραγωγή του ύδρατμου σέ μεγαλύτερες ποσότητες, πιέσεις και θερμοκρασίες. Σήμερα κατασκευάζονται άτμολέβητες μέ άτμοπαραγωγή πολλών έκατοντάδων τόννων τήν ώρα, σέ πίεση μέχρι 150 at και θερμοκρασία μέχρι 560°C περίπου.

Στή φωτογραφία του σχήματος 9.2δ εϊκονίζεται ένα λεβητοστάσιο έργοστασίου μέ τρεις άτμολέβητες του συνηθέστερου βιομηχανικού τύπου γιά παραγωγή μέχρι 10 t/h σέ πίεση μέχρι 20 at και θερμοκρασία μέχρι 400°C περίπου. Στήν έμπρός πλευρά και στό κέντρο του κυλινδρικού σώματος του κάθε άτμολέβητα είναι ό καυστήρας του πετρελαίου. Κάτω είναι ό φυσητήρας προσαγωγής του άέρα καύσεως, άριστερά είναι ή άντλία πού τροφοδοτεί μέ πίεση τό νερό στό έσωτερικό του άτμολέβητα, δεξιά στέκει ό πίνακας μέ τά όργανα αυτόματισμού και έλέγχου και πίσω φαίνεται ή καπνοδόχος πού οδηγεί τελικά τά καυσαέρια στήν άτμόσφαιρα. Ή έξοδος του παραγόμενου άτμου γίνεται μέσω μιās θερμομονωμένης σωλήνώσεως από τό άνω μέρος του κελύφους του άτμολέβητα.

Ό άτμολέβητας είναι κατά τά  $\frac{3}{4}$  περίπου γεμάτος μέ νερό. Ή καύση του πετρελαίου γίνεται στον κεντρικό φλογοσωλήνα, τά καυσαέρια αναστρέφονται στό πίσω μέρος (σχ. 9.2ε) και έπιστρέφουν προς τά έμπρός μέσω τών μικρότερων σωλήνων (αύλοι ή τούμπα), αναστρέφουν και πάλι προς τά πίσω και καταλήγουν στήν καπνοδόχο. Δηλαδή τά καυσαέρια πραγματοποιούν 3 διαδρομές διά μέσου του νερού (πίσω, έμπρός, πίσω) μέχρι νά αποβληθούν στήν άτμόσφαιρα και μέ τόν τρόπο αυτό έχουν τήν εύκαιρία νά του μεταδώσουν μέσω τών τοιχωμάτων του φλογοσωλήνα και τών αύλων τό μεγαλύτερο μέρος τής θερμότητάς τους. Σέ πολλές από τίς θερμικές χρήσεις, είναι σκόπιμο νά έχει ό ύδρατμός ύψηλότερη θερμοκρασία από εκείνη πού άντιστοιχεί στό σημείο βρασμού του νερού στήν πίεση λειτουργίας του άτμολέβητα, στον όποιον παράγεται (υπέρθερμος άτμός). Στίς περιπτώσεις αυτές, ό ύδρατμός, ύστερα από τό σχηματισμό του στον άτμολέβητα, διαβιβάζεται στή σωλήνωση του **υπερθερμαντήρα** και έπιστρέφει πάλι στό χώρο τών θερμών καυσαερίων. Στο σχήμα 9.2στ εϊκονίζεται ένας υπερθερμαντήρας άτμου, τοποθετημένος στήν έξοδο του φλογοσωλήνα ενός άτμολέβητα, πού λειτουργεί σέ πίεση 20 at. Κατά τή διαδρομή του μέσω του υπερθερμαντήρα του σχήματος, ή θερμοκρασία του ύδρατμου αύξάνεται από τούς 211°C, πού είναι ή θερμοκρασία βρασμού του νερού σέ πίεση 20 at, στους 400°C περίπου.

Γιά μεγαλύτερη έκμετάλλευση τής θερμότητας τών καυσαερίων, κατασκευάζονται επίσης άτμολέβητες 4 διαδρομών (πίσω, έμπρός, πίσω, έμπρός). Στήν περίπτωση αυτή ή καπνοδόχος τοποθετείται στήν έμπρός πλευρά του άτμολέβητα (σχ. 9.2ζ).

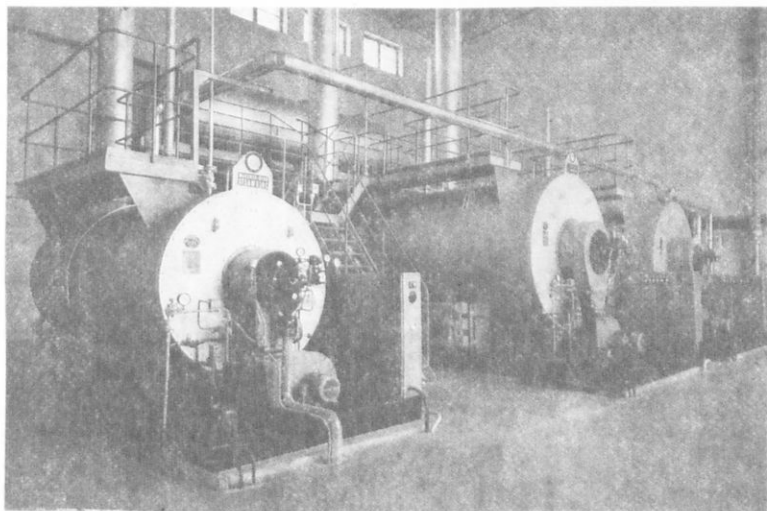




Σχ. 9.2γ.

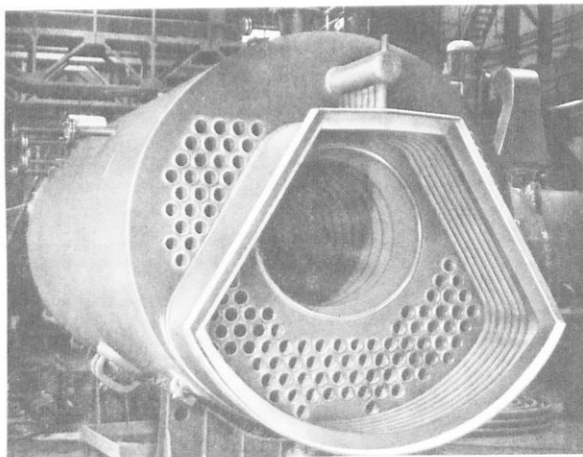
Ἡ εξέλιξη τοῦ ἀτμολέβητα τὰ τελευταῖα 200 περίπου χρόνια.

α) Ὁ πρῶτος ἀτμολέβητας μὲ αὐλοὺς (1766). β) Ἀτμολέβητας μὲ αὐλοὺς καμπύλου σχήματος (1826). γ) Ἀτμολέβητας μὲ αὐλοὺς ὑπὸ κλίση καὶ ὀριζόντιο ἀτμοθάλαμο γιὰ τὴ συγκέντρωση τοῦ ὑδρατμοῦ (1877). δ) Ἀτμολέβητας πίεσεως 46 at καὶ θερμοκρασίας 350°C, μὲ κινητὴ ἐσχάρα τύπου μεταφορικῆς ταινίας γιὰ καύση κάρβουνου (1924). ε) Σύγχρονος ἀτμολέβητας γιὰ καύση πετρελαίου.



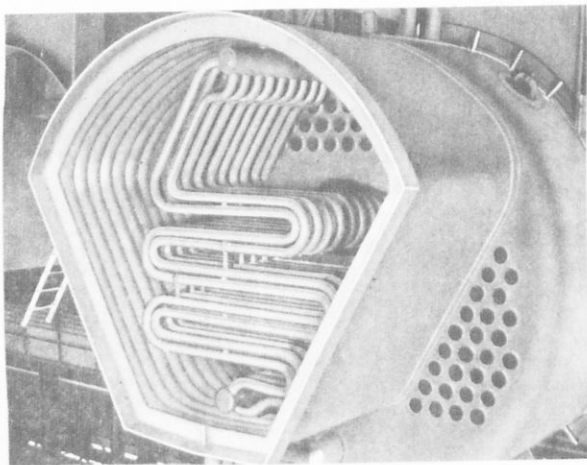
Σχ. 9.2δ.

Ἐνα βιομηχανικὸ λεβητοστάσιο μὲ 3 ἀτμολέβητες.



Σχ. 9.2ε.

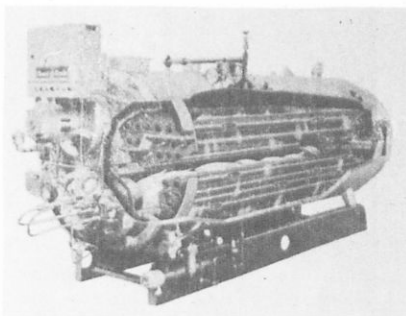
Άτμολέβητας του τύπου του σχήματος 9.2δ στο στάδιο της κατασκευής. Φαίνεται η πίσω πλευρά με τη διαμόρφωση για την αναστροφή της πορείας των καυσαερίων από τον κεντρικό φλογοσωλήνα στους αύλους της δεύτερης διαδρομής. Διακρίνονται επίσης στά πλευρά του κελύφους του άτμολέβητα οι σωληνώσεις εισαγωγής του νερού και στο επάνω μέρος του η σωλήνωση εξαγωγής του παραγόμενου άτμου.



Σχ. 9.2στ.

Υπερθερμαντήρας άτμου στο χώρο αναστροφής της πορείας των καυσαερίων ενός άτμολέβητα του τύπου του σχήματος 9.2δ.





Σχ. 9.25.

Ἄτμολέβητας τεσσάρων διαδρομῶν. Διακρίνονται οἱ φλόγες στὸν κεντρικὸ φλογασωλήνα καὶ οἱ αὐλοὶ τῶν ἄλλων τριῶν διαδρομῶν τῶν καυσαερίων.

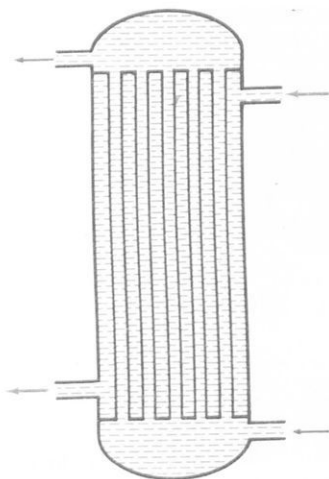
Παρατηρεῖστε ὅτι, σὲ ἀντίθεση μὲ τούς ἀτμολέβητες τοῦ σχήματος 9.2γ, ὅπου τὸ νερὸ κυκλοφορεῖ καὶ ἀτμοποιεῖται μέσα στοὺς αὐλοὺς καὶ τὰ καυσαέρια στὸ ἐξωτερικὸ τους, στοὺς ἀτμολέβητες τῶν σχημάτων 9.2δ ἕως 9.2ζ τὰ καυσαέρια εἶναι αὐτὰ πού κυκλοφοροῦν μέσα ἀπὸ τούς αὐλοὺς, ἐνῶ τὸ νερὸ ἀτμοποιεῖται στὸ χῶρο μεταξὺ τῶν αὐλῶν καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ κελύφους. Οἱ ἀτμολέβητες τῆς πρώτης κατηγορίας ὀνομάζονται **ὕδραυλωτοί** καὶ τῆς δεύτερης **φλογαυλωτοί**.

Ἡ συνηθέστερη περίπτωση μεταδόσεως θερμότητας μὲ ὕδατομ, θερμὸ νερὸ, καυσαέρια ἢ ὀποιοδήποτε ἄλλο ρευστὸ θερμικὸ μέσο, πού παρουσιάζεται στὴ μηχανικὴ βιομηχανία, εἶναι ἡ θέρμανση ἑνὸς ἄλλου, ψυχρότερου ρευστοῦ διὰ μέσου ἑνὸς τοιχώματος. Τὰ δύο ρευστὰ μπορεῖ νὰ εἶναι ἀέρια ἢ ὑγρά ἢ τὸ ἓνα ἀέριο καὶ τὸ ἄλλο ὑγρὸ, ἢ ἀκόμη μπορεῖ νὰ ἀλλάζουν φυσικὴ κατάσταση κατὰ τὴ διάρκεια τῆς θερμάνσεως, ὅπως συμβαίνει π.χ. συχνά κατὰ τὴ θερμικὴ δρᾶση τοῦ ὕδατομοῦ. Ὁ σκοπὸς τῆς ἐργασίας αὐτῆς εἶναι ἡ ἀνάκτηση καὶ ἡ ἀξιοποίηση τῆς θερμότητας τοῦ θερμοῦ ρευστοῦ, ὅταν τὸ ρευστὸ αὐτὸ δὲν ὑπάρχει λόγος νὰ βρισκεται σὲ ὑψηλὴ θερμοκρασία.

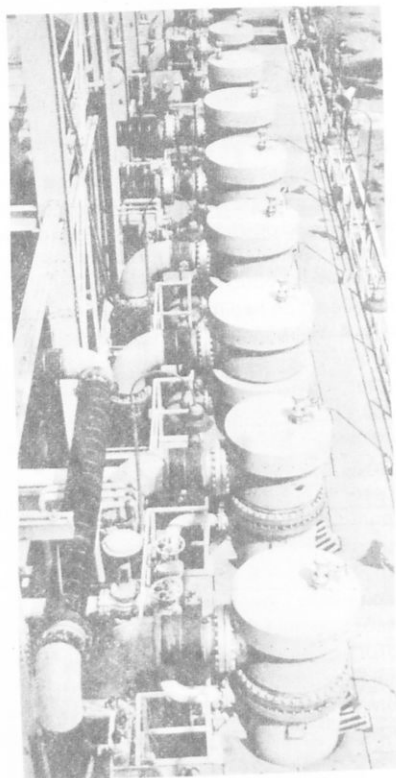
Ἡ συσκευή στὴν ὁποία διεξάγεται ἡ παραπάνω ἐναλλαγὴ θερμότητας μεταξὺ τῶν δύο ρευστῶν ὀνομάζεται **ἐναλλάκτης θερμότητας** καὶ ἀποτελεῖται, στὴν ἀπλούστερη περίπτωση, ἀπὸ μία δέσμη παραλλήλων σωληνῶν, πού διασχίζου ἕνα κυλινδρικό δοχεῖο. Τὸ ψυχρότερο ρευστὸ εἰσάγεται στοὺς σωλῆνες καί, καθὼς τοὺς διατρέχει, θερμαίνεται ἀπὸ τὸ θερμότερο ρευστὸ, πού κυκλοφορεῖ στὸν ἐξωτερικὸ χῶρο τοῦ δοχείου κατὰ τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση (σχ. 9.2η). Ὅταν οἱ ποσότητες τῶν ρευστῶν πού διακινου ἢ τῆς θερμότητας πού μεταδίνεται ἀπὸ τὸ ἓνα ρευστὸ στὸ ἄλλο εἶναι πολὺ μεγάλες, οἱ ἐναλλάκτες θερμότητας κατασκευάζονται σὲ ἀντίστοιχα μεγάλες διαστάσεις ἢ τοποθετοῦνται πολλοί ἀπὸ αὐτοὺς σὲ σειρά (σχ. 9.2θ). Σὲ ὀρισμένες περιπτώσεις ἐπιδιώκεται ἡ αὔξηση τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφάνειας τῶν σωληνῶν, π.χ. μὲ τὴ συγκόλληση πτερυγίων (σχ. 9.2ι), ὥστε νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἡ ἐπιφάνεια ἐναλλαγῆς τῆς θερμότητας καὶ νὰ γίνεται ταχύτερα ἡ μετάδοσή της ἀπὸ τὸ θερμὸ ρευστὸ στὸ ψυχρὸ.

Ἀνάλογα μὲ τίς ποσότητες, τίς ιδιότητες καὶ τίς θερμοκρασίες τῶν δύο ρευ-

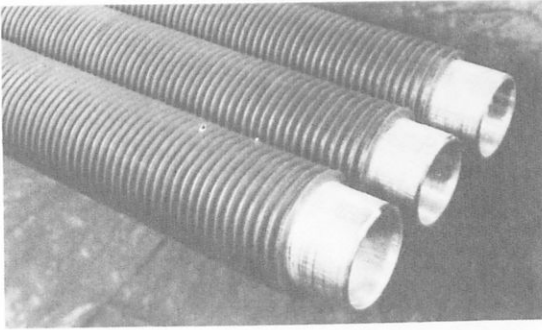




**Σχ. 9.2η.**  
Κατακόρυφος σωληνωτός εναλλάκτης θερμότητας με κυκλοφορία των δύο ρευστών κατ' αντίρροφη.

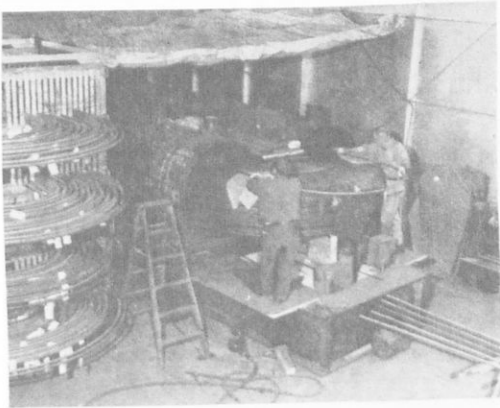


**Σχ. 9.2θ.**  
Σειρά από 8 κατακόρυφους εναλλάκτες θερμότητας για τη θέρμανση ψυχρών διαλυμάτων από θερμά άερια. Στη φωτογραφία φαίνεται μόνο το άνω μέρος των εναλλακτών. Οι μεγάλης διαμέτρου πλευρικές σωληνώσεις συνδέουν τα στόμια εξαγωγής των αερίων. Χαμηλότερα διακρίνονται οι σωληνώσεις που φέρνουν τα ψυχρά διαλύματα στους εναλλάκτες.



Σχ. 9.2ι.

Πτερυγοφόροι σωλήνες για την αύξηση της επιφάνειας των τοιχωμάτων έναλλαξης της θερμότητας.

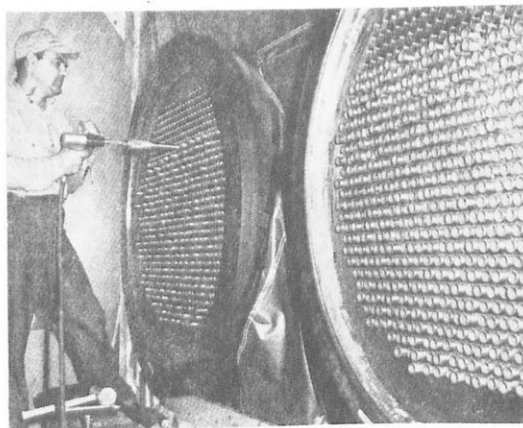


Σχ. 9.2ια.

Συναρμολόγηση ενός εναλλάκτη θερμότητας ήμικυκλικού σχήματος.

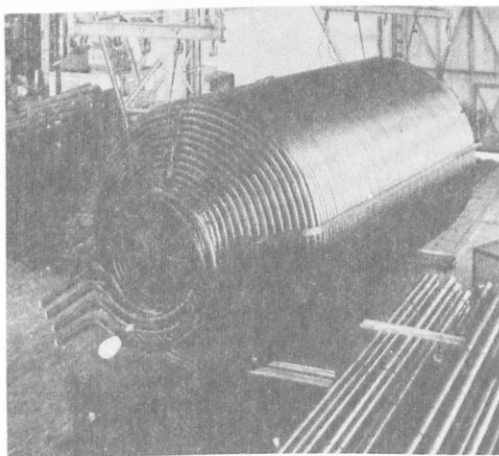
στών, οι εναλλάκτες θερμότητας κατασκευάζονται επίσης συχνά με αντίθετη σύνδεση, δηλαδή όπως στην περίπτωση των φλογαυλωτών άτμολεβήτων, με κυκλοφορία του θερμού ρευστού στους σωλήνες και του ψυχρού ρευστού στον έξωτερικό χώρο. Επίσης δίνεται στους σωλήνες σχήμα καμπύλο (σχ. 9.2ια και σχ. 9.2ιβ) ή σπειροειδές (σχ. 9.2ιγ) ή τοποθετούνται σε μικρό μόνο μέρος του χώρου του έξωτερικού δοχείου, όπως π.χ. στο σχήμα 9.2ιδ, όπου εικονίζεται ένας μικρός εναλλάκτης θερμότητας στο στόμιο εξαγωγής μιάς δεξαμενής αποθηκεύσεως παχύρρευστου και να ρέει ευκολότερα έξω από τη δεξαμενή.

Ός ένας τοπικός εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να θεωρηθεί και τό σώμα του



Σχ. 9.2ιβ.

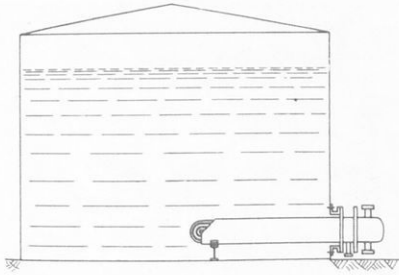
Προσαρμογή τῶν ἄκρων τῶν καμπύλων σωλήνων στὸν ἐναλλάκτη θερμότητας τοῦ σχήματος 9.2ια.



Σχ. 9.2ιγ.

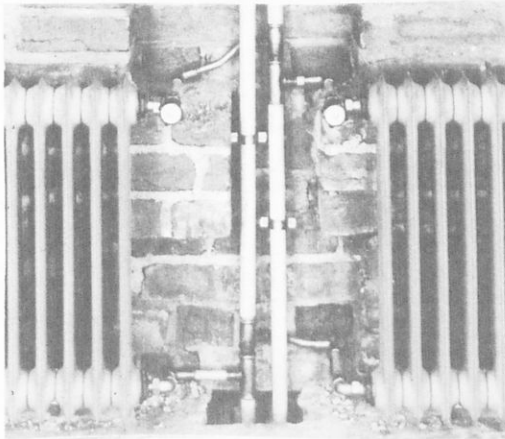
Πυκνὴ τετραπλὴ σπείρα σωληνώσεων, ποὺ προορίζεται γιὰ τὸ ἐσωτερικὸ ἐνὸς ἐναλλάκτη θερμότητας.

καλοριφέρ τῆς κεντρικῆς θερμάνσεως τῶν σπιτιῶν (σχ. 9.2ιε). Τὸ θερμὸ νερὸ ποὺ ἔρχεται ἀπὸ ἕνα κεντρικὸ λέβητα, κυκλοφορεῖ μέσα στὸ σῶμα καὶ θερμαίνει τὸν ψυχρὸ ἀέρα ποὺ τὸ περιβάλλει. Στὴν περίπτωση αὐτῇ, ὀλόκληρο τὸ δωμάτιο ἀπο-



Σχ. 9.2ιδ.

Τοπική προθέρμανση του πετρελαίου στην περιοχή του στομίου εξαγωγής μιάς δεξαμενής αποθη-  
κεύσεώς του.

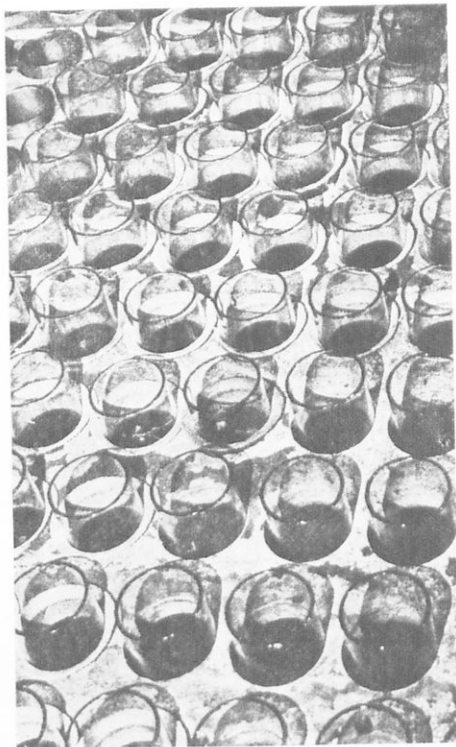


Σχ. 9.2ιε.

Ἡ σύνδεση τῶν σωμάτων τοῦ calorifère σέ μία ἐγκατάσταση κεντρικῆς θερμάνσεως.  
Ἡ ἀριστερή κατακόρυφη σωλήνωση φέρνει τὸ θερμὸ νερὸ στά σώματα καί ἡ δεξιὰ τὸ ἀπομακρύνει,  
ὑστερα ἀπὸ τὴ διαδρομὴ του μέσα ἀπὸ αὐτά. Τὰ σώματα εἶναι διαμορφωμένα σέ λεπτές φέτες μέ  
πτερυγία, ὥστε νά παρουσιάζουν μεγάλη ἐπιφάνεια μεταδόσεως τῆς θερμότητας.

τελεῖ τὸ ἐξωτερικὸ δοχεῖο τοῦ ἐναλλάκτη καί οἱ πόρτες ἢ τὰ παράθυρα εἶναι τὰ  
στόμια εἰσαγωγῆς καί ἐξαγωγῆς τοῦ ψυχροῦ ρευστοῦ, δηλαδή τοῦ ἀέρα.

Οἱ σωλήνες καί τὸ κέλυφος τοῦ δοχείου τῶν ἐναλλακτῶν θερμότητας κατα-  
σκευάζονται συνήθως ἀπὸ χάλυβα. Σέ εἰδικές ὁμως περιπτώσεις, ὅπως π.χ. σέ πολ-  
λὴ ὑψηλές θερμοκρασίες ἢ πολὺ διαβρωτικὸ περιβάλλον, χρησιμοποιοῦνται ἀνθε-  
κτικότερα μέταλλα καί κράματα (ἀνοξειδωτοὶ χάλυβες, τιτάνιο, μολυβδαίνιο, ταντά-  
λιο κλπ.) ἢ ἀκόμη καί μὴ μεταλλικὰ ὑλικά ὅπως π.χ. τὸ γυαλί (σχ. 9.2ιστ).



Σχ. 9.2ιστ.

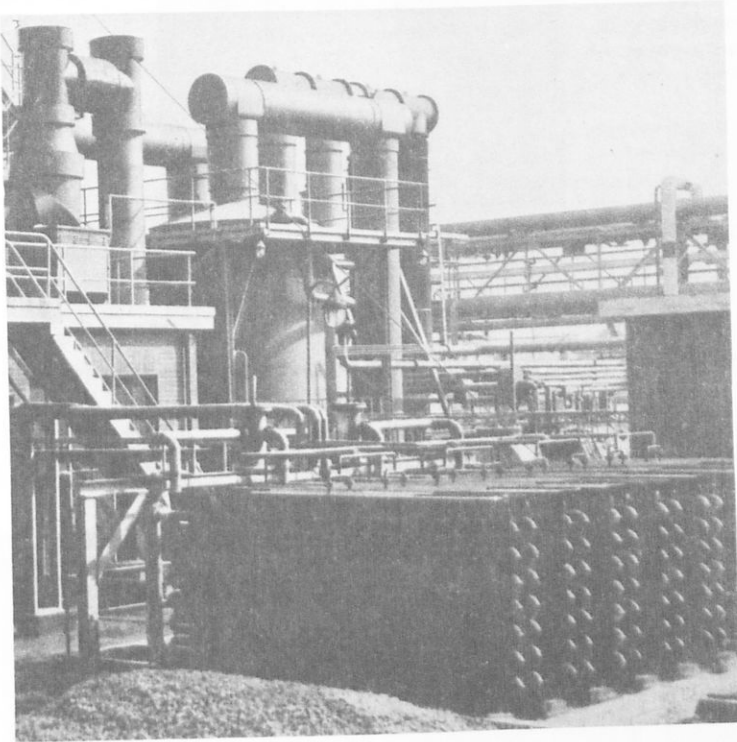
Έναλλάκτης θερμότητας με σωληνες από γυαλί, για τή διοχέτευση θερμών διαβρωτικών αερίων.

### 9.3 Μέθοδοι ψύξεως.

Ένα σώμα, ψύχεται όταν χάνει θερμότητα. Η εξάτμιση των υγρών, ή διάλυση διαφόρων υγρών και στερεών, ή τήξη των στερεών, ή εκτόνωση των αερίων πραγματοποιούνται με κατανάλωση ενέργειας. Όταν όμως τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν αυθόρμητα, χωρίς εξωτερική προσφορά ενέργειας, ή απαιτούμενη ποσότητά της αφαιρείται ως θερμότητα από το περιβάλλον καθώς και από τα ίδια τα σώματα, πού εξατμίζονται, διαλύονται, τήκονται ή εκτονώνονται. Το αποτέλεσμα έπομένως των αντίστοιχων διεργασιών (εξάτμιση, διάλυση, τήξη, εκτόνωση) είναι ή ψύξη του περιβάλλοντος και των σωμάτων πού μετέχουν σ' αυτές.

Η ψύξη των στερεών σωμάτων δέν αποτελεί συνήθως πρόβλημα, γιατί παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια και ψύχονται εύκολα με τήν κυκλοφορία του αέρα. Τα ρευστά σώματα (υγρά και αέρια) ψύχονται συνήθως σέ έναλλάκτες θερμότητας με κυκλοφορία ενός ψυκτικού υγρού. Όταν επιδιώκεται ψύξη

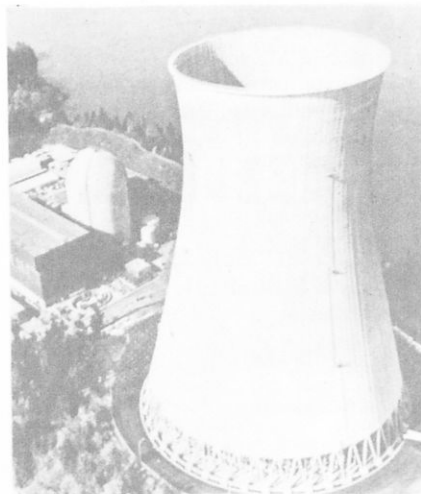
μέχρι τή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ως ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται φυσικό νερό από τό δίκτυο υδρεύσεως, πηγάδια, ποταμούς ή τή θάλασσα. Άν μάλιστα τό νερό είναι άφθονο καί φθηνό, δέν κατασκευάζεται έξωτερικό δοχείο στόν έναλλάκτη, άλλα οι σωληνώσεις πού μεταφέρουν τό ρευστό τοποθετούνται στό ύπαιθρο καί καταιονίζονται μέ τό νερό, πού άπορρίπτεται στή συνέχεια. Ένα **ψυγείο καταιονισμού** είκονίζεται στό σχήμα 9.3α.



Σχ. 9.3α.

Ύπαιθριο ψυγείο μέ καταιονισμό νερού. Στην οριζόντια έλικοειδή σωλήνωση κυκλοφορεί θερμό θετικό όξύ, του όποιου επιδιώκεται ή ψύξη.

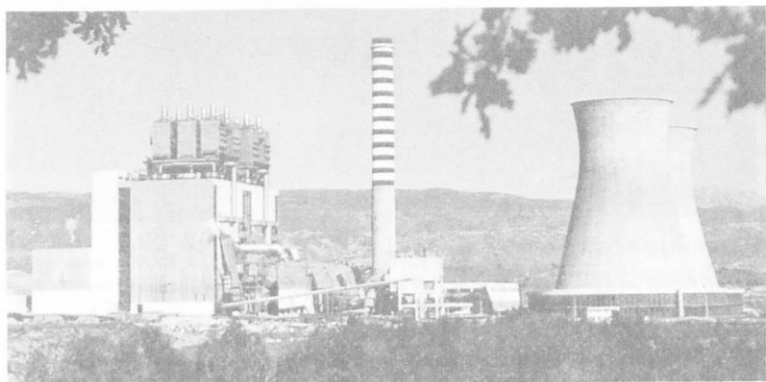
Σέ περίπτωση πού τό νερό είναι λιγότερο άφθονο, άνακυκλώνεται γιά νά ξαναχρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο, άφου προηγουμένως έκτοξευθεί σέ μεγάλους κενούς πύργους, ώστε νά πέσει ή θερμοκρασία του (σχ. 9.3β). Η πτώση τής θερμοκρασίας του νερού στους **πύργους ψύξεως** όφείλεται στην έξάτμιση πού προκαλείται, λόγω τής έκτοξεύσεως, σέ ένα μέρος τής ποσότητάς του, πού έχει σάν άποτέλεσμα, όπως άναφέρθηκε παραπάνω, νά ψύχεται ή υπόλοιπη ποσότητα του νε-



Σχ. 9.3β.

Ένας μεγάλος πύργος ψύξεως νερού δίπλα σε ένα πυρηνικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

ροϋ. Πύργοι ψύξεως κατασκευάζονται συνήθως στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, για να αντιμετωπισθούν οι μεγάλες ψυκτικές ανάγκες των άμμοτροβίλων (σχ. 9.3γ).



Σχ. 9.3γ.

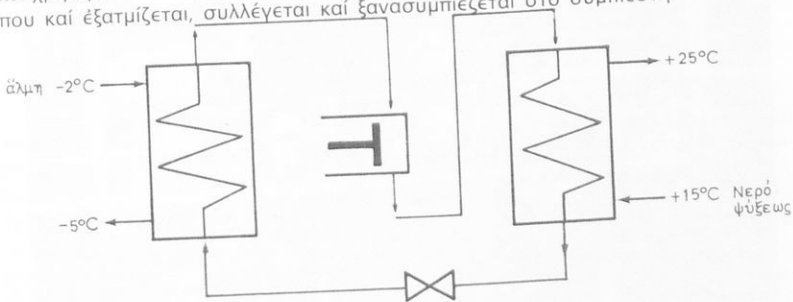
Δύο πύργοι ψύξεως στο θερμικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος της Μεγαλόπολης με καύση λιγνίτη. Στη στέγη του κτιρίου άριστερά, που στεγάζει δύο άτμολέβητες παραγωγής από 420 t/h, είναι τοποθετημένα δώδεκα ηλεκτρόφιльтра κατακρατήσεως του κοριοτρού. Τέσσαρα άλλα ηλεκτρόφιльтра είναι μεταξύ του κτιρίου καί τής καπνοδόχου.



Ψύξη σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος γίνεται με **ψυκτικές μηχανές** και κυκλοφορία ψυκτικών υγρών (νερό ή κατάλληλα διαλύματα αλάτων για θερμοκρασίες κάτω του  $0^{\circ}\text{C}$ ). Ύδατικό π.χ. διάλυμα με 20% NaCl παραμένει υγρό μέχρι το  $-17,5^{\circ}\text{C}$ , με 25%  $\text{MgCl}_2$  μέχρι το  $-24^{\circ}\text{C}$  και με 30%  $\text{CaCl}_2$  μέχρι το  $-51,7^{\circ}\text{C}$ . Τά διαλύματα αυτά ονομάζονται **άλμεις**.

Η παραγωγή ψύχους στις ψυκτικές μηχανές προέρχεται από την εξάτμιση διαφόρων υγρών και κυρίως της άμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και του διχλωροδιφθορομεθανίου ( $\text{CF}_2\text{CCl}_2$ ), γνωστότερο με την ονομασία **φρεόν**. Οί άτμοί των υγρών αυτών συλλέγονται ύστερα από την εξάτμιση και ύγροποιούνται πάλι, ώστε να άνακυκλωθούν και να ξαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ψύχους κλπ. Άνάλογα με τή μέθοδο ύγροποιήσεως των άτμων, οί ψυκτικές μηχανές διαιρούνται σε τύπου **συμπιέσεως** και τύπου **άπορροφήσεως**.

Τό σχήμα 9.36 δείχνει τό διάγραμμα λειτουργίας μιās ψυκτικής μηχανής με συμπίεση άμμωνίας. Η άερια  $\text{NH}_3$  συμπιέζεται σε ένα συμπιεστή και ύγροποιείται σε ένα εναλλάκτη θερμότητας, πού ψύχεται με νερό. Κατόπιν έκτονώνεται σε μία βαλβίδα, με άποτέλεσμα τήν πώση τής θερμοκρασίας της στους  $-30^{\circ}\text{C}$  περίπου, και χρησιμοποιείται για τή ψύξη τής άλμης σε έναν άλλο εναλλάκτη θερμότητας, όπου και εξατμίζεται, συλλέγεται και ξανασυμπιέζεται στο συμπιεστή.



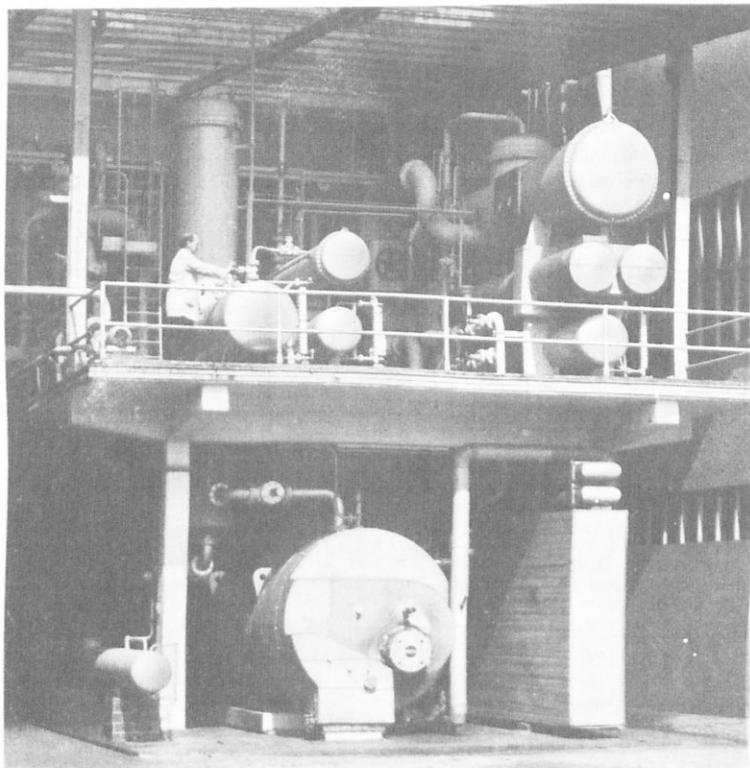
Σχ. 9.36.

Η λειτουργία μιās ψυκτικής μηχανής με συμπίεση άμμωνίας και ψύξη άλμης.

Η παραγωγή ψύχους με τήν παραπάνω μέθοδο γίνεται με κατανάλωση κυρίως μηχανικής ή ηλεκτρικής ενέργειας στο συμπιεστή. Άντίθετα, στή μέθοδο τής άπορροφήσεως ή παραγωγή ψύχους γίνεται, με κατανάλωση κυρίως θερμικής ενέργειας, γι' αυτό ή εφαρμογή της πλεονεκτεί σε έργοστάσια όπου υπάρχει διαθέσιμη θερμότητα, π.χ. ύδατος, θερμός άερας, καυσαέρια κλπ. Η  $\text{NH}_3$  ύστερα από τήν εξάτμιση και τήν ψυκτική τής δράση, όπως και στήν προηγούμενη περίπτωση, διαβιβάζεται σε ένα δοχείο όπου άπορροφάται σε νερό. Τό ύδατικό διάλυμα τής  $\text{NH}_3$  συμπιέζεται με άντλία, στήν όποια όμως ή κατανάλωση ενέργειας είναι μικρή, περίπου τό  $\frac{1}{6}$  τής ενέργειας πού καταναλώνει ό συμπιεστής τής άέριας  $\text{NH}_3$  στήν αντίστοιχη ψυκτική μηχανή συμπίεσεως. Κατόπιν τό διάλυμα θερμαίνεται και εξατμίζεται ή  $\text{NH}_3$ , ενώ εξακολουθεί να βρίσκεται υπό τήν ύψηλή πίεση. Στή συνέχεια ψύχεται σε έναν εναλλάκτη θερμότητας με νερό, ύγροποιείται, έκτονώνεται, όπως

καί προηγουμένως σέ βαλβίδα έκτονώσεως, ψύχει τήν ἄλη καί ἀνακυκλώνεται στό δοχεῖο ἀπορροφῆσεως.

Στό σχῆμα 9.3ε εἰκονίζεται μιᾶ ψυκτική μηχανή μέ ἀπορρόφηση  $\text{NH}_3$ , ψυκτικῆς ἰκανότητος 1.800.000 kcal/h σέ θερμοκρασία  $-6^\circ\text{C}$ . Στό κάτω μέρος εἶναι ὁ ἀτμολέβητας, πού παράγει τόν ἀτμό, γιά τή θέρμανση καί ἐξάτμιση τῆς  $\text{NH}_3$  ἀπό τό ὑδατικό διάλυμα. Ἡ διεργασία αὐτή διεξάγεται, στό πίσω μέρος τῆς φωτογραφίας, στή μεγάλη κατακόρυφη στήλη, στό πίσω μέρος τῆς ἐγκαταστάσεως. Ἡ ἀπορρόφηση τῆς  $\text{NH}_3$  στό νερό γίνεται στό ὀριζόντιο κυλινδρικό δοχεῖο, στό ἐπάνω δεξιά μέρος τῆς φωτογραφίας.



Σχ. 9.3ε.

Ψυκτική μηχανή μέ ἀπορρόφηση ἀμμωνίας.

#### 9.4 Ἡ ξήρανση τῶν στερεῶν.

Μέ τήν **ξήρανση** τῶν στερεῶν σωμάτων ἐπιδιώκεται ἡ ἀπαλλαγή τους ἀπό τό σύνολο ἢ μέρος τῆς ὑγρασίας ἢ ἄλλων ὑγρῶν, πού περιέχονται στά σώματα αὐτά.

Π.χ. στο ξηρό μαγειρικό αλάτι έξακολουθεί να περιέχεται 0,5% ύγρασια περίπου, ενώ στο ξηρό κάρβουνο ή ύγρασία φτάνει συνήθως τό 4% τής όλικής μάζας του.

Η ύγρασία τών στερεών εκφράζεται ως ποσοστό είτε στά έκατό τής όλικής μάζας του ύλικου, είτε στά έκατό τής ξηρής ούσίας, μετά τήν πλήρη απομάκρυνση του συνόλου τής ύγρασίας του. Δηλαδή, άν σε ένα έντελυξ ξηρό σώμα μάζας 100 kg προστεθούν 10 kg νερού, θά αποκτήσει ύγρασία 10% τής ξηρής ούσίας, αλλά τό ποσοστό τής ύγρασίας στή συνολική μάζα τών 110 kg του ύλικου θά είναι  $10 \times 100/110 = 9,09\%$ . Γενικότερα, άν ή περιεκτικότητα σε ύγρασία ενός σώματος είναι  $\xi\%$  τής ξηρής ούσίας του καί  $u\%$  τής συνολικής μάζας του, μπορείτε εύκολα να διαπιστώσετε ότι οι τιμές τών  $\xi$  καί  $u$  συνδέονται μέ τίσ σχέσεις:

$$\xi = \frac{100u}{100 - u} \quad \text{καί} \quad u = \frac{100\xi}{100 + \xi}$$

Επίσης ή ποσότητα του νερού  $N$  πού πρέπει να απομακρυνθεί για να μειωθεί ή ύγρασία ενός ύλικου μάζας  $M$  kg από  $u_1\%$  σε  $u_2\%$  δίνεται από τή σχέση:

$$N = M \frac{u_1 - u_2}{100 - u_2} \text{ kg}$$

Η άπαλλαγή τών στερεών σωμάτων από τίσ ποσότητες του νερού ή άλλων υγρών πού μπορεί να περιέχουν, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί μέ **μηχανικές** καί μέ **θερμικές** μεθόδους. Όπως είδαμε στό προηγούμενο κεφάλαιο, κατά τούς μηχανικούς διαχωρισμούς επιδιώκεται ή άποβολή του υγρού από τό ύλικό μέ συμπίεση, έκθλιψη, φυγοκέντρωση ή τήν έξάσκηση άλλης δυνάμεως. Αντιθέτως, ό θερμικός διαχωρισμός διεξάγεται μέ θέρμανση του ύλικου, ώστε να εξατμισθεί τό περιεχόμενο υγρό. Δηλαδή, ένα μέρος τής θερμότητας καταναλώνεται για τήν αύξηση τής θερμοκρασίας του ύλικου καί τό υπόλοιπο μέρος για τήν εξάτμιση του περιεχόμενου υγρού, ενώ ή θέρμανση πού συνοδεύει σε όρισμένες περιπτώσεις τούς μηχανικούς διαχωρισμούς άποβλέπει μόνο στήν αύξηση τής θερμοκρασίας του ύλικου.

Κατά γενικό κανόνα, ή δαπάνη για τή διεξαγωγή θερμικών διεργασιών στή βιομηχανία είναι μεγαλύτερη από τή δαπάνη τών αντίστοιχων μηχανικών διεργασιών. Γι' αυτό, όταν ή ποσότητα του υγρού πού περιέχεται στό στερεό σώμα είναι σχετικά μεγάλη, είναι σκόπιμο να απομακρύνεται τό μεγαλύτερο μέρος της μέ μιά μηχανική διεργασία καί να εφαρμόζεται στή συνέχεια ή θερμική ξήρανση για τήν εξάτμιση τών υπολοίπων ποσοτήτων του υγρού, πού δέν μπορούν να αποσπασθούν μέ μηχανικά μέσα.

Ό φθηνότερος τρόπος για τήν ξήρανση τών στερεών ύλικών είναι ή έκθεση τους στό ύπαιθρο ή σε ύπόστεγα, ώστε ή ύγρασία τους να εξατμισθεί μέ τή δράση του ανέμου καί του ήλιου. Η άπλή αυτή μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί για τήν ξήρανση ύλικών μικρής σχετικά άξίας καί καθαρότητας, όπως τό κάρβουνο καί ή άργιλος, για τά όποια είναι άνεκτή ή αναπόφευκτη ρύπανση καί ή άπώλεια πού θά τούς προκαλέσει ή έκθεση στό ύπαιθρο.

Η τεχνητή θερμική ξήρανση είναι είτε **άμεση**, μέ άνάμιξη του ύλικου καί θερμών άερίων, είτε **έμμεση**, μέ θέρμανση του ύλικου δι' έπαφής σε θερμαινόμενες

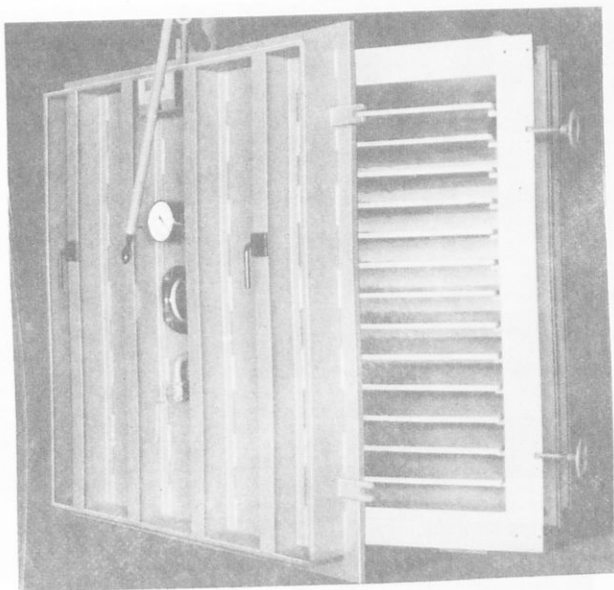
επιφάνειες. Κατά τήν άμμεση ξήρανση, ή θερμοκρασία τής βιομηχανικής συσκευής μπορεί νά φτάσει μέχρι τούς 700°C περίπου, πού είναι τό όριο χρησιμοποίησεως τών κοινών χαλυβδίνων κατασκευών. Γιά τή διεξαγωγή πυρώσεων σέ ύψηλότερες θερμοκρασίες τά τοιχώματα τών βιομηχανικών συσκευών και τών καμίνων κατασκευάζονται ή επενδύονται μέ κατάλληλα πυρίμαχα ύλικά. Μέχρι τούς 1700°C περίπου χρησιμοποιούνται πυρότουβλα από όξειδια άλουμινίου, πυριτίου ή μαγνησίου, ενώ τά άκριβά δύστηκτα μέταλλα ταντάλιο, μολυβδαίνιο, βολφράμιο και τά κράματα τους άντέχουν μέχρι τούς 3000-4000°C περίπου.

Στήν έμμεση ξήρανση μέσω μεταλλικού τοιχώματος, ή θερμοκρασία μπορεί νά φθάσει μέχρι τούς 300°C περίπου, όταν ό θερμοκός φορέας πού κυκλοφορεί στήν άλλη πλευρά του τοιχώματος είναι ύδρατμός ή θερμό νερό υπό πίεση, και μέχρι τούς 500°C περίπου όταν είναι καυσαέρια. Μέ ήλεκτρική θέρμανση, πού εφαρμόζεται σχετικά σπάνια λόγω του μεγαλύτερου κόστους της, ή θερμοκρασία στή βιομηχανική συσκευή ξηράνσεως μπορεί νά ρυθμισθεί σέ οποιαδήποτε τιμή, μέχρι τούς 3000°C περίπου.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα τής έμμεσης ξηράνσεως είναι ή δυνατότητα δημιουργίας **άδρανούς άτμόσφαιρας**, καθώς και εφαρμογής **κενού** συγχόνως μέ τή θέρμανση τών ύλικών. Άδρανής άτμόσφαιρα σχηματίζεται όταν αντικατασταθεί ό άέρας, πού περιβάλλει τό ύλικό στό έσωτερικό τής βιομηχανικής συσκευής, μέ ένα μη δραστικό άέριο, όπως π.χ. τό άζωτο. Μέ τόν τρόπο αυτό άποφεύγεται ό κίνδυνος τών όξειδώσεων πού θά μπορούσε νά συμβούν σέ ευαίσθητα ύλικά, κυρίως όργανικές χημικές ούσιες, όπως τά χρώματα και τά φάρμακα, από τήν επίδραση του όξυγόνου του άέρα. Άπομάκρυνση του άέρα, γιά τόν ίδιο σκοπό, έπιτυγχάνεται επίσης μέ τή σύνδεση τής συσκευής μέ ένα σύστημα κενού, πού άναρροφά συνεχώς από τό χώρο τής ξηράνσεως τόν άέρα και τούς έκλυόμενους άτμούς. Κενό εφαρμόζεται επίσης όταν πρέπει νά διεξαχθεί ή ξήρανση σέ χαμηλή σχετικά θερμοκρασία, ώστε νά μήν ύποστούν άλλοιώσεις τά θερμοευαίσθητα ύλικά, ή όταν απαιτείται ή πληρέστερη δυνατή ξήρανση τών ύλικών, καθώς και όταν επιδιώκεται ή άνάκτηση τών έκλυόμενων κατά τήν ξήρανση άτμών (π.χ. διαλύτη).

Κατάλληλα γιά εφαρμογή κενού είναι τά **ξηραντήρια μέ ράφια** (σχ. 9.4α). Τό ύλικό τοποθετείται σέ έρμάρια πού κλείνουν άεροστεγώς και συνδέονται μέ άντλία κενού. Τά πλευρά και τά ράφια τών έρμαρίων έχουν διπλά τοιχώματα και θερμαίνονται μέ κυκλοφορία ύδρατμού στό έσωτερικό τών τοιχωμάτων. Χαρακτηριστική διαφορά τών ξηραντηρίων μέ ράφια, σέ σύγκριση μέ τούς άλλους τύπους ξηραντηρίων, είναι ότι κατά τή διεξαγωγή τής ξηράνσεως τό ύλικό παραμένει άκίνητο. Γιά τό λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ξηραντήρια μέ ράφια, χωρίς όμως τήν εφαρμογή κενού, πού είναι περιττό, γιά τήν ξήρανση εύθραυστων ύλικών, όπως π.χ. τά κεραμικά άντικείμενα.

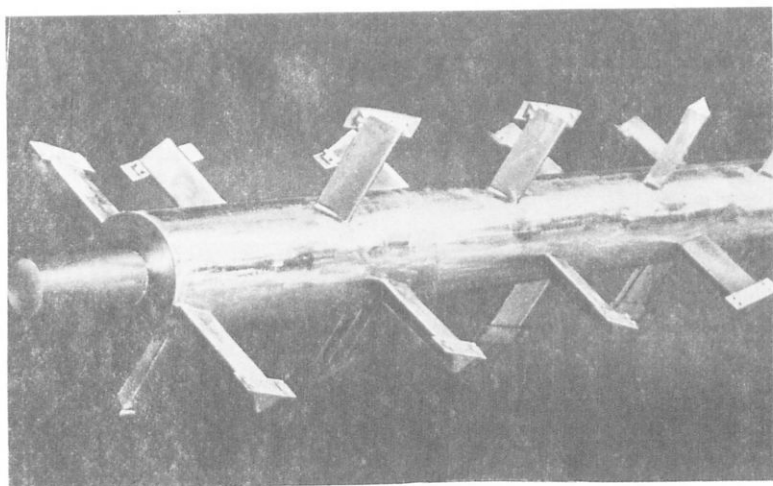
Άνακίνηση του ύλικου κατά τήν ξήρανση γίνεται στα ξηραντήρια μέ **περιστροφόμενο άξονα** και στα **περιστροφικά ξηραντήρια**. Στο σχήμα 9.4β τό ύλικό είναι τοποθετημένο σέ μία σκάφη, μέσα στήν όποία περιστρέφεται ένας άξονας μέ προσαρμομένους δίσκους. Τά πλευρά τής σκάφης και οι περιστροφόμενοι δίσκοι έχουν διπλά τοιχώματα, στα όποια κυκλοφορεί θερμός ύδρατμός. Άντί γιά δίσκους, μπορούν επίσης νά προσαρμοσθούν στον περιστροφόμενο άξονα θερμαινόμενοι βραχίονες (σχ. 9.4γ). Γιά τή διεξαγωγή τής ξηράνσεως υπό κενό, ή σκάφη άντικαθίσταται από όριζόντιο κυλινδρικό δοχείο, πού κλείνει στεγανά (σχ. 9.4δ).



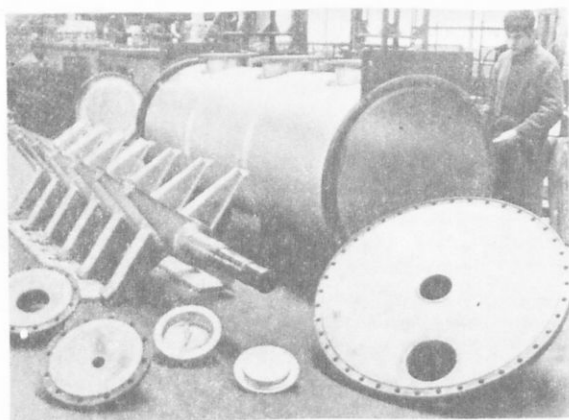
Σχ. 9.4α.  
Ξηραντήριο με ράφια.



Σχ. 9.4β.  
Ξηραντήριο τύπου σκάφης με περιστρεφόμενους δίσκους.

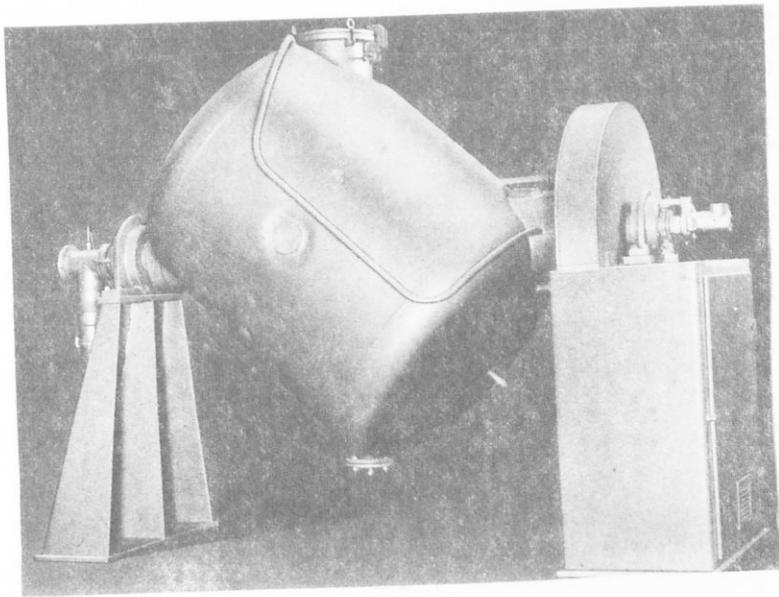


Σχ. 9.4γ.  
Περιστρεφόμενος άξονας ξηραντήριου με θερμαινόμενους βραχιόνες.

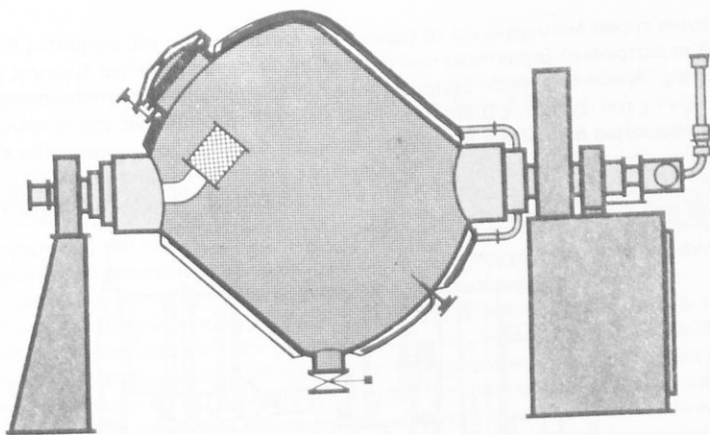


Σχ. 9.4δ.  
Άποσυαρμολογημένο ξηραντήριο κενού χωρητικότητας 2,5m<sup>3</sup>.  
Ή θέρμανση γίνεται έμμεσα με κυκλοφορία άτμου στο μανδύα του κυλίνδρου καί στο έσωτερικό των βραχιόνων του άξονα.

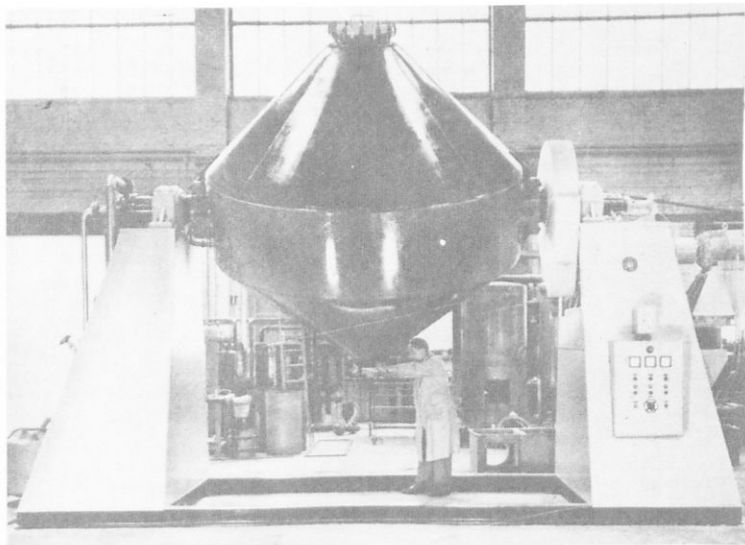
Ύπό κενό έπίσης λειτουργεί τό περιστροφικό ξηραντήριο του σχήματος 9.4ε. Άποτελείται από ένα κυλινδρικό δοχείο σχήματος βαρελιού, στο όποιο εισάγεται τό στερεό ύλικό καί αναδεύεται κατά τήν περιστροφή του δοχείου. Ή θέρμανση διεξάγεται καί έδώ με κυκλοφορία ύδρατμου στον έξωτερικό μανδύα (σχ. 9.4στ).



Σχ. 9.4ε.  
Περιστροφικό ξηραντήριο σχήματος βαρελιού.



Σχ. 9.4στ.  
Ἡ λειτουργία τοῦ ξηραντηρίου τοῦ σχήματος 9.4ε.  
Ἄριστερά εἶναι ἡ σύνδεση μὲ τὸ σύστημα κενοῦ. Δεξιά εἶναι ἡ τροφοδοσία ἀτμοῦ στό θερμαντικό  
μανδύα τοῦ δοχείου.



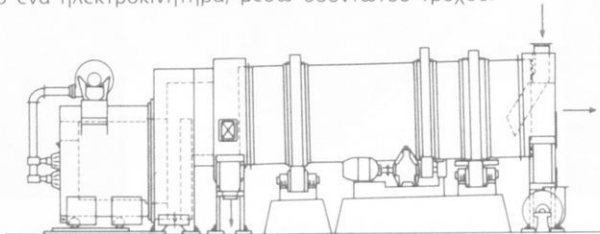
Σχ. 9.4ζ.

Περιστροφικό ξηραντήριο σχήματος διπλού κώνου.

Διακρίνονται στο άριστερό έδρανο οι σωληνώσεις συνδέσεως του δοχείου με τό σύστημα κενού και τόν άτμό.

Μέ όμοιο τρόπο λειτουργεί καί τό ξηραντήριο διπλού κώνου του σχήματος 9.4ζ.

Τά περιστροφικά ξηραντήρια που άναφέρθηκαν παραπάνω είναι έμμεσης θερμάνσεως. Άμεση θέρμανση εφαρμόζεται στο περιστροφικό ξηραντήριο συνεχούς λειτουργίας του σχήματος 9.4η. Άριστερά είναι ή έστία καύσεως του πετρελαίου, τά δέ καυσαέρια διασχίζουν τόν περιστρεφόμενο κύλινδρο του ξηραντηρίου καί έξέρχονται από τό δεξιό του άκρο. Ό κύλινδρος έχει στην περίμετρο μεγάλες στεφάνες, μέ τίς όποίες κυλά έπάνω στά ράουλα έδράσεως. Η περιστροφική κίνηση δίνεται από ένα ηλεκτροκινητήρα, μέσω όδοντωτού τροχού.

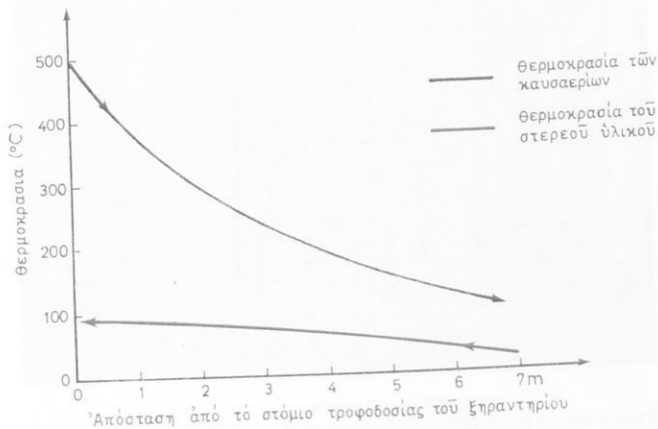


Σχ. 9.4η.

Κυλινδρικό περιστροφικό ξηραντήριο συνεχούς λειτουργίας.



Τό υλικό τροφοδοτείται στο δεξιό άκρο του κυλίνδρου και έξέρχεται στο άριστερό άκρο του. Κατά τή διαδρομή του μέσα στον κύλινδρο, κατ' αντίρροή προς τά καυσαέρια, θερμαίνεται από αυτά και ξηραίνεται. Συγχρόνως έπέρχεται ψύξη των καυσαερίων ώστε όταν φτάνουν στο άκρο του κυλίνδρου νά έχουν αποδώσει τό μεγαλύτερο μέρος τής θερμότητάς τους (σχ. 9.4θ). "Αμέσως μετά τήν έξοδό τους από τό ξηραντήριο, τά καυσαέρια διαβιβάζονται σέ κυκλώνες, γιά τήν κατακράτηση τής σκόνης του ξηρού υλικού που παρασύρουν (σχ. 9.4ι).

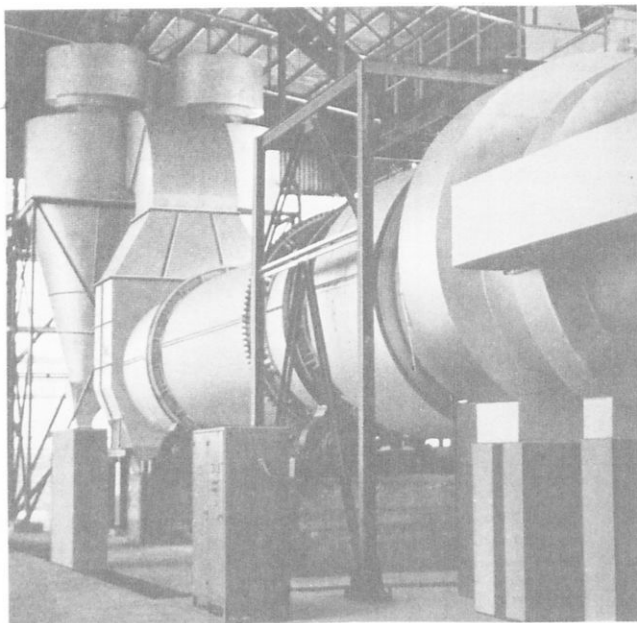


Σχ. 9.4θ.

Η μεταβολή τής θερμοκρασίας των καυσαερίων και του στερεού υλικού κατά μήκος του κυλίνδρου ενός περιστροφικού ξηραντηρίου μήκους 7 m.

Στά περισσότερα περιστροφικά ξηραντήρια, γιά τή διευκόλυνση τής κινήσεως του υλικού, ό κύλινδρος τοποθετείται συνήθως μέ κλίση 2° έως 4°. Η ταχύτητα περιστροφής του είναι μικρή (1 έως 5 στροφές τό λεπτό). Συχνά προσαρμόζονται περυσία στο έσωτερικό του κυλίνδρου, ώστε νά έπιτυγχάνεται καλύτερη ανάκνηση του υλικού και πληρέστερη έπαφή μέ τά καυσαέρια (σχ. 9.4ια).

Ένας διαφορετικός τύπος περιστροφικού ξηραντηρίου εικόνίζεται στο σχήμα 9.4ιβ. Χρησιμοποιείται γιά τήν ξήρανση πολτών και λειτουργεί κατά τρόπο ανάλογο μέ τό περιστροφικό φίλτρο κενού, που περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η τροφοδοσία του υλικού γίνεται στήν έξωτερική αύλακωτή έπιφάνεια ενός τυμπάνου και συγκρατείται επάνω της μέ μία κινητή ταινία από μεταλλικό πλέγμα και μία σειρά από κυλίνδρους. Τό τυμπάνο και οι κύλινδροι θερμαίνονται έσωτερικά μέ ύδρατμό. Η ταχύτητα του τυμπάνου ρυθμίζεται έτσι, ώστε νά συμπληρώνεται ή ξήρανση του υλικού στο χρονικό διάστημα μιας περιστροφής του. Τό ξηρό υλικό αποσπάται από τήν έπιφάνεια του τυμπάνου μέ έπίμηκες ξέστρο (σχ. 9.4ιγ).



Σχ. 9.4ι.

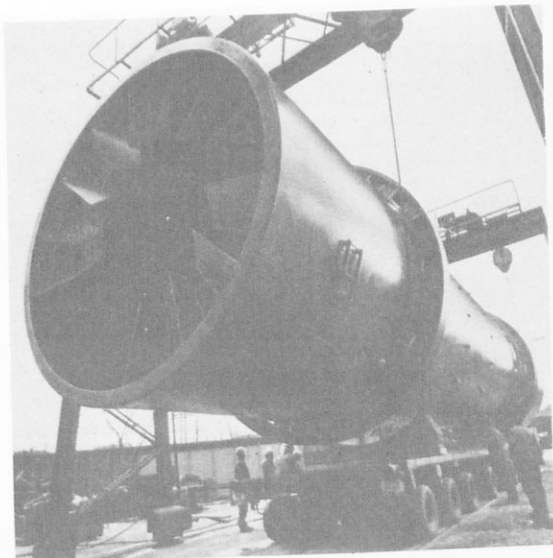
Κυλινδρικό περιστροφικό ξηραντήριο, όπως του σχήματος 9.4η, με δύο κυκλώνες για την κατακράτηση της σκόνης από τα καυσαέρια. Διακρίνονται οι στεφάνες κυλίσεως και ο όδοντωτός τροχός περιστροφής του κυλίνδρου.

Τό ξηραντήριο κατασκευάζεται επίσης για λειτουργία υπό κενό, μέσα σε στεγανό κουβούκλιο (σχ. 9.4ιδ).

Στό σχήμα 9.4ιε εικονίζεται ένα ξηραντήριο, που αποτελείται από μία θερμαινόμενη σήραγγα, κατά μήκος της οποίας μεταφέρεται το υλικό επάνω σε μία μεταφορική ταινία. Όταν το υλικό είναι ελαφρό και κοκκώδες, η ταινία κατασκευάζεται από μεταλλικό πλέγμα (σχ. 9.4ιστ), όταν είναι βαρύ και πολτώδες κατασκευάζεται από μεταλλικές πλάκες για να άντεχει στο αυξημένο φορτίο (σχ. 9.4ιζ). Σε ειδικές περιπτώσεις και συγκεκριμένα στην ξήρανση ύφασμάτων ύστερα από τό βάψιμο ή τό πλύσιμο στο έργοστάσιο, τό ίδιο τό υλικό μεταφέρεται επάνω σε ράουλα κατά μήκος της θερμαινόμενης σήραγγας (σχ. 9.4ιη).

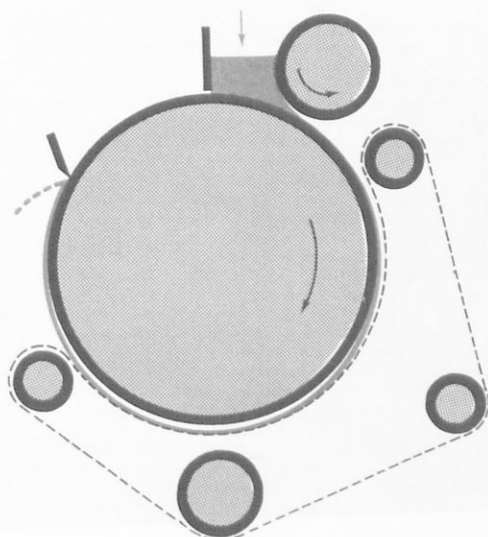
Όμοιότητα μέ τό ξηραντήριο σήραγγας μεταφορικής ταινίας παρουσιάζει τό **ξηραντήριο δονούμενου** μεταφοράς του σχήματος 9.4ιθ. Η ξήρανση του υλικού γίνεται μέ τό θερμό άερα που κυκλοφορεί στο μεταφοράς, καθώς αυτό μεταφέρεται από τό ένα άκρο στο άλλο.

Έντελώς διαφορετική είναι η λειτουργία του **ξηραντηρίου έκνεφώσεως** του σχήματος 9.4κ. Αποτελείται από ένα μεγάλο πύργο, στην κορυφή του οποίου ψεκάζεται ένα άραιό ύδατικό διάλυμα του υλικού και αναμιγνύεται μέ μεγάλες ποσό-



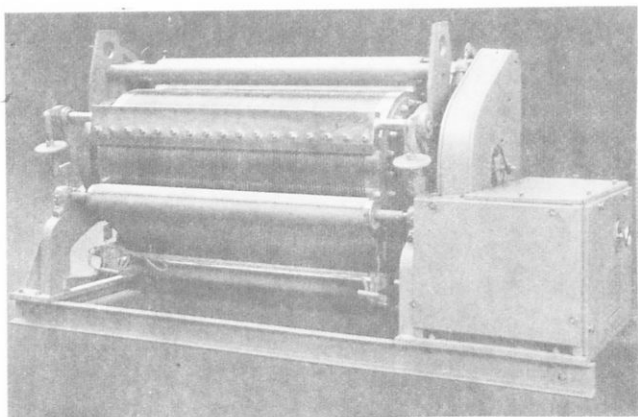
Σχ. 9.4ια.

Πτερυγοφόρος κύλινδρος ενός περιστροφικού ξηραντηρίου.



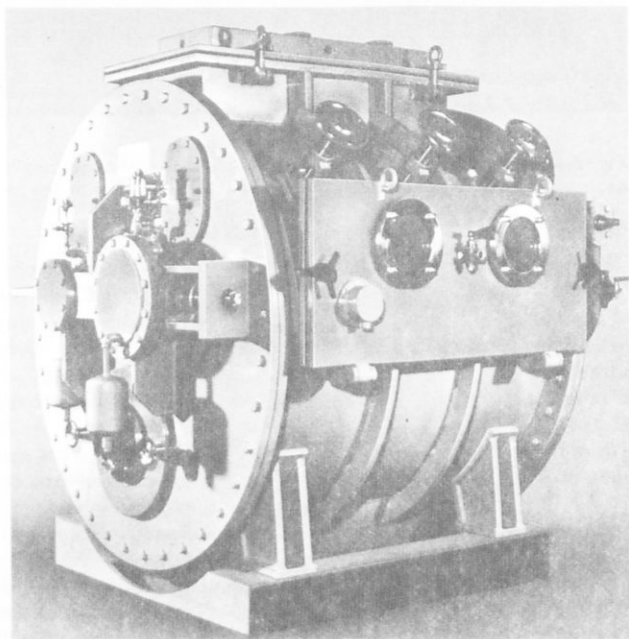
Σχ. 9.4ιβ.

Περιστροφικό ξηραντήριο τυμπάνου για υλικά σέ μορφή πολτού.



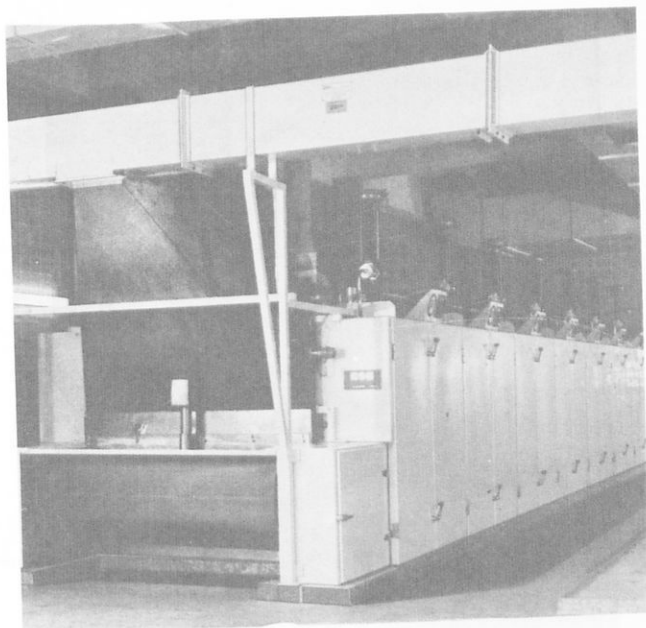
Σχ. 9.4ιγ.

Φωτογραφία του ξηραντηρίου τυμπάνου του σχήματος 9.4ιβ.

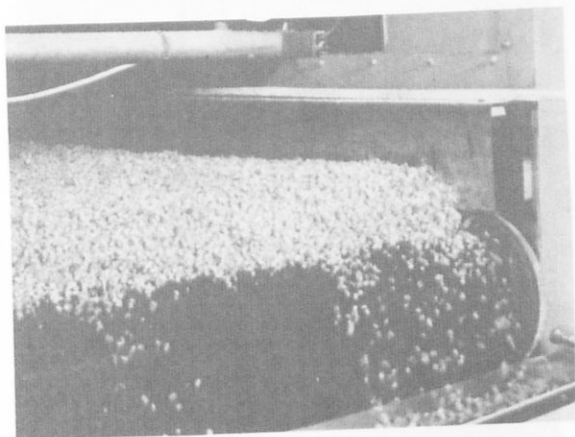


Σχ. 9.4ιδ.

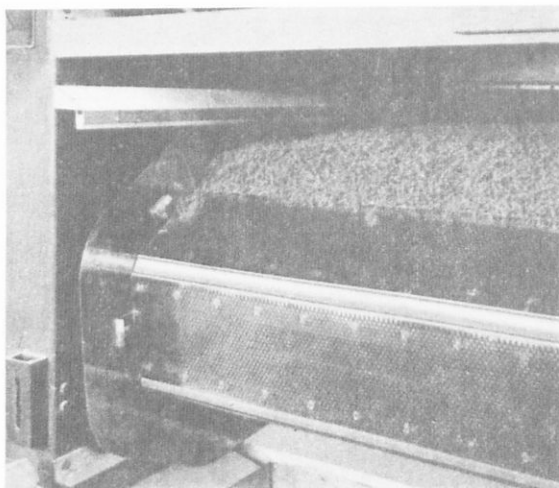
Περιστροφικό ξηραντήριο τυμπάνου σε στεγανό κουβούκλιο για λειτουργία υπό κενό.



Σχ. 9.4ιε.  
Ξηραντήριο τύπου σήραγγας με μεταφορική ταινία.

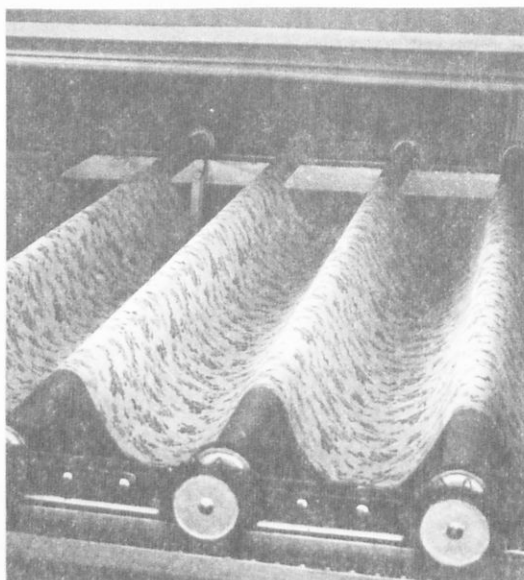


Σχ. 9.4ιστ.  
Μεταφορική ταινία ξηραντηρίου από μεταλλικό πλέγμα για φορτία μέχρι  $30 \text{ kg/m}^2$ .



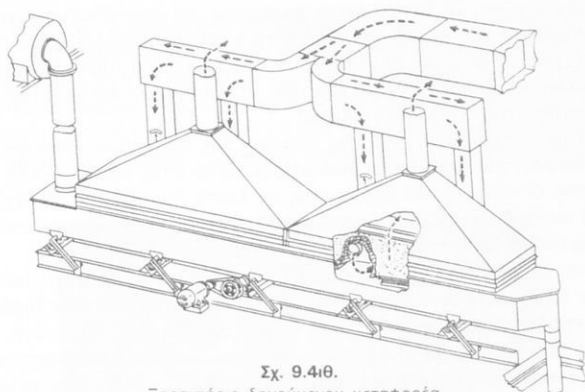
Σχ. 9.4ιζ.

Μεταφορική ταινία ξηραντηρίου από μεταλλικές πλάκες για φορτία μέχρι  $80 \text{ kg/m}^2$ .

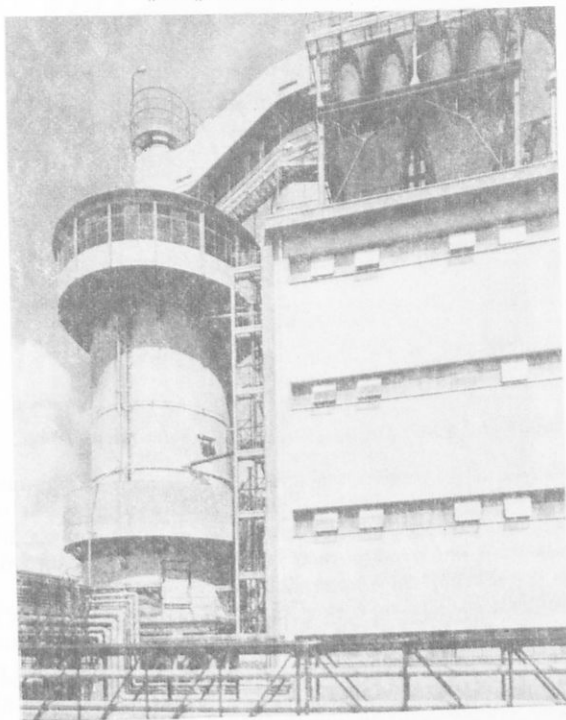


Σχ. 9.4ιη.

Ήπιο στέγνωμα υφάσματος σε περιστρεφόμενα ράουλα κατά μήκος της σήραγγας ενός ξηραντηρίου.



Σχ. 9.4ιθ.  
Ξηραντήριο δονούμενου μεταφορέα.

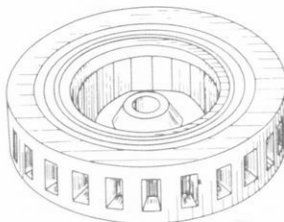


Σχ. 9.4κ.  
Ξηραντήριο έκνεφώσεως για την παραγωγή 8 t/h συνθετικών άπορρηπαντικών σέ σκόνη.  
Έπάνω δεξιά διακρίνονται τέσσερις κυκλῶνες για την κατακράτηση τῆς σκόνης, πού παρασύρουν τὰ  
ἀέρια ἔξω ἀπὸ τὸν πύργο τοῦ ξηραντηρίου.

τητες θερμών αερίων. Τά θερμά αέρια παρέχουν τήν απαιτούμενη θερμότητα γιά τήν πλήρη εξάτμιση τοῦ νεροῦ τοῦ διαλύματος καί τήν παραλαβή τοῦ διαλυμένου σώματος σέ μορφή κόκκων, πού πέφτουν στή βάση τοῦ πύργου. Οἱ λεπτότεροι κόκκοι παρασύρονται ἀπό τά αέρια ἔξω ἀπό τόν πύργο καί κατακρατοῦνται σέ κυκλῶνες, σακκόφιλτρα ἢ ηλεκτρόφιλτρα.

Ἀπαιραίτητη προϋπόθεση γιά τήν ἐπιτυχία τῆς παραπάνω ξηράνσεως εἶναι ἡ πλήρης ἐκνέφωση τοῦ διαλύματος καθῶς πεκαίεται στόν πύργο. Γιά τό σκοπό αὐτό εἶτε γίνεται ἐκτόξευση τοῦ διαλύματος σέ λεπτά ἀκροφύσια, διαμέτρου 1 mm περίπου, μέ πίεση μέχρι 500 at, εἶτε διασκορπίζεται αὐτό σέ μικρές σταγόνες ἀπό περιστρεφόμενους διασκορπιστήρες (σχ. 9.4κα).

Ἡ ξήρανση μέ ἐκνέφωση χρησιμοποιεῖται κυρίως γιά εὐαίσθητα προϊόντα, γιατί παρουσιάζει τά πλεονεκτήματα τῆς σχετικά χαμηλῆς θερμοκρασίας ξηράνσεως καί τοῦ πολύ μικροῦ χρόνου παραμονῆς τοῦ ὑλικοῦ στή θερμοκρασία αὐτή. Οἱ σημαντικότερες ἐφαρμογές τῆς εἶναι στήν παραγωγή συνθετικῶν ἀπορροπαντικῶν, χρωστικῶν ὑλῶν, φαρμάκων καί διαφόρων τροφίμων, ὅπως οἱ σκόνες γάλατος, καφέ καί αὐγῶν.



Σχ. 9.4κα.

Περιστρεφόμενος διασκορπιστήρας ἐκνεφώσεως διαλυμάτων.

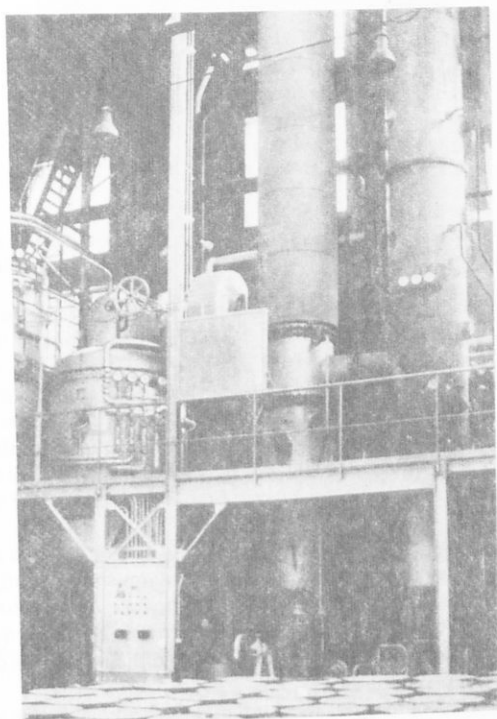
### 9.5 Ἡ ἀπόσταξη τῶν ὑγρῶν καί ἡ κρυστάλλωση τῶν διαλυμάτων.

Στά κεφάλαια 7 καί 8 γνωρίσαμε ἕνα πλῆθος μεθόδων διαχωρισμοῦ τῶν συστατικῶν τῶν μιγμάτων μέ μεσολάβηση διαχωριστικῶν οὐσιῶν ἢ μέ τήν κατανάλωση ἐνέργειας ὑπό διάφορες μορφές. Δύο ἄλλες πολύ σημαντικές βιομηχανικές μέθοδοι διαχωρισμοῦ, πού στηρίζονται στήν εξάτμιση ὑγρῶν μέ κατανάλωση θερμότητας, εἶναι ἡ **ἀπόσταξη** καί ἡ **κρυστάλλωση**.

Μέ τήν ἀπόσταξη ἐπιδιώκεται ὁ διαχωρισμός τῶν συστατικῶν ἐνός ὑγροῦ μίγματος μέ εξάτμιση καί ἐπανυγροποίηση ὀρισμένων ἀπό τά συστατικά του. Τό ὑγρό μίγμα θερμαίνεται σέ ἕνα κλειστό δοχεῖο, τό **λέβητα ἀποστάξεως**, καί οἱ σχηματιζόμενοι ἀτμοί τοῦ πτητικότερου συστατικοῦ, δηλαδή ἐκείνου μέ τό χαμηλότερο σημείο βρασμοῦ, ἀπομακρύνονται ἀπό τό λέβητα καί ὀδηγοῦνται σέ ἐναλλάκτες θερμότητας, ὅπου ψύχονται καί ὑγροποιοῦνται σχηματίζοντας τό **ἀπόσταγμα**. Τά λιγότερο πτητικά συστατικά τοῦ μίγματος παραμένουν στό λέβητα ὡς **ὑπόλειμμα τῆς ἀποστάξεως**.



Συχνά η απόσταση διεκολύνεται με διαβίβαση θερμών υδρατμών στή μάζα του υγρού μέσα στο λέβητα απόσταξης, για να παρασύρουν τα πηκτικά συστατικά, καθώς και με εφαρμογή κενού για να επιτυγχάνεται η εξάτμιση των υγρών σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Π.χ. ο καθαρισμός της ακάθαρτης γλυκερίνης διεξάγεται με θέρμανση στους  $168^{\circ}\text{C}$  υπό κενό 10 Torr με διαβίβαση θερμών υδρατμών. Η γλυκερίνη απόσταζει με τούς υδρατμούς και συλλέγεται με καθαρότητα 97-98% (σχ. 9.5α).



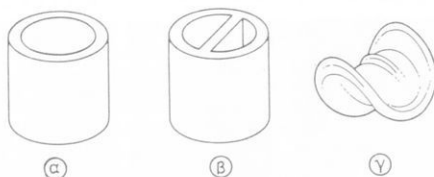
Σχ. 9.5α.

Έγκατάσταση απόσταξης 12 t γλυκερίνης τήν ημέρα.

Άριστερά είναι ο λέβητας απόσταξης και δεξιά δύο διαδοχικοί κατακόρυφοι έναλλάκτες θερμότητας για τήν επανυγροποίηση τής καθαρής γλυκερίνης.

Στήν **κλασματική απόσταξη** ή **κλασμάτωση** προκαλείται εξάτμιση των συστατικών του υγρού μίγματος και οι σχηματιζόμενοι άτμοι ανέρχονται προς τα ανώτερα και ψυχρότερα τμήματα μιās κατακόρυφης στήλης. Έκεϊ υγροποιούνται τα λιγότερο πηκτικά συστατικά και επιστρέφουν προς τα κατώτερα τμήματα τής στήλης σέ αντίρροη προς τόν ανερχόμενο άτμό. Τό σχετικα ψυχρότερο υγρό προκαλεί τήν υγροποίηση των λιγότερο πηκτικών συστατικών του άτμου με άποτέλεσμα τή δια-

φοροποίηση της συστάσεώς του στά διάφορα τμήματα της στήλης, ανάλογα με τό σημείο βρασμού πού αντίστοιχεί στή σύσταση πού άποκτά στή θέση αυτή. Για τήν καλύτερη έπαφή μεταξύ του άνερχόμενου άτμου καί του κατερχόμενου ύγρου, ή άποστακτική στήλη κατασκευάζεται με διάτρητους δίσκους ή φορτώνεται με πληρωτικό ύλικό (σχ. 9.5β) όπως στους πύργους άπορροφήσεως καί έκχυλίσεως πού γνωρίσαμε στά προηγούμενα κεφάλαια.



Σχ. 9.5β.

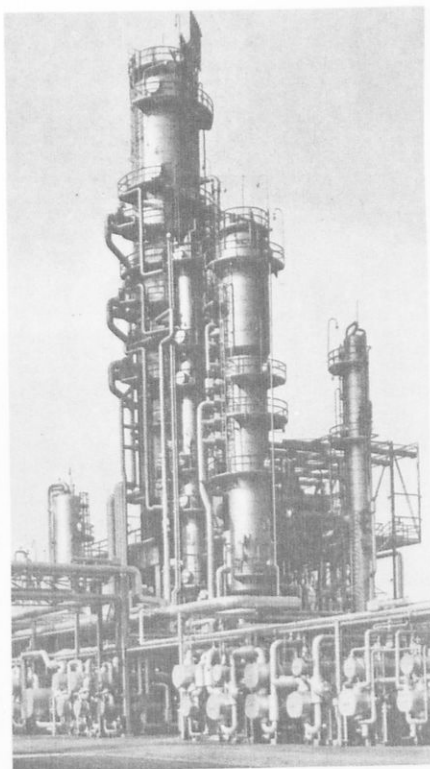
Διάφορες μορφές άντικειμένων άπό πορσελλάνη, πού χρησιμοποιούνται σαν πληρωτικό ύλικό στίς άποστακτικές στήλες: α) Δακτύλιοι Ράσιγκ. β) Δακτύλιοι Λέσιγκ. γ) Σχήμα σέλλας.

Βλέπομε ότι ή άπόσταξη είναι μία διεργασία πού παρουσιάζει πολλές όμοιότητες ιδίως με τήν έκχύλιση ύγρων πρώτων ύλών καί διεξάγεται σε όμοιες βιομηχανικές συσκευές. Καί οι δύο διεργασίες επιδιώκουν τό διαχωρισμό των ύγρων μιγμάτων. Ή άπόσταξη όμως φαίνεται στήν άρχή σαν πλεονεκτικότερη, γιατί ξεχωρίζει άμέσως τό ένα συστατικό στό άπόσταγμα, ένω ή έκχύλιση δίνει στό έκχύλισμα μίγμα πάλι του συστατικού με τό διαλύτη, πού πρέπει νά διαχωρισθεί με νέα διεργασία. Πάντως, ή έπιλογή της άποστάξεως ή της έκχυλίσεως εξαρτάται τελικά άπό τή σύσταση του μίγματος, τίς ιδιότητες των διαφόρων συστατικών καί τά οικονομικά κριτήρια.

Π.χ. ό διαχωρισμός του όξικου όξέος άπό άραιό ύδατικό διάλυμα με άπόσταξη άπαιτεί τήν έξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων νερού καί συνεπάγεται σημαντικές δαπάνες, λόγω του μεγάλου ποσού θερμότητας πού πρέπει νά καταναλωθεί. Άντιθέτως, ή έκχύλιση του διαλύματος με όξικό αίθυλεστέρα ως διαλύτη καί ό διαχωρισμός στή συνέχεια του όξικου όξέος άπό τον όξικό αίθυλεστέρα με άπόσταξη, άποτελεί πολύ φθηνότερη λύση.

Ή σημαντικότερη βιομηχανική κλασματική άπόσταξη διεξάγεται για τό διαχωρισμό των συστατικών του φυσικού πετρελαίου σε μία σειρά άπό χρήσιμα προϊόντα με διαφορετικά σημεία βρασμού (σχ. 9.5γ). Συγκεκριμένα, άποστάζουν ύπό άτμοσφαιρική πίεση καί άπό διάφορα ύψη της άποστακτικής στήλης τά ύγραέρια, ή βενζίνη, ή κηροζίνη καί τό πετρέλαιο ντήζελ, ένω άπομένει ένα υπόλειμμα της άποστάξεως πού, είτε χρησιμοποιείται ως βαρύ πετρέλαιο έξωτερικής καύσεως (μαζούτ), είτε μεταφέρεται σε άλλη άποστακτική στήλη, πού λειτουργεί ύπό κενό 30 έως 60 Torr περίπου. Έκεί άποστάζουν διάφορα κλάσματα πού χρησιμοποιούνται για τήν παρασκευή των λιπαντελαίων καί παραμένει ως τελικό υπόλειμμα ή άσφαλτος.

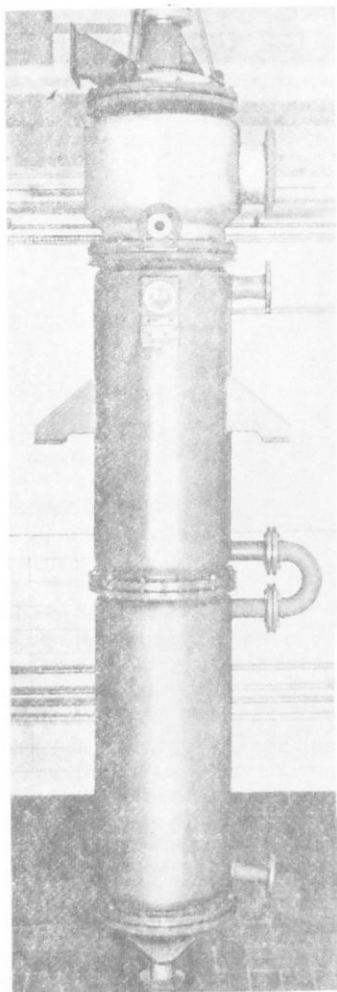
Στό σχήμα 9.5δ εικονίζεται ένας *έξατμιστήρας λεπτής στιβάδας*, όπου ό διαχωρισμός των πητικών άπό τά μη πητικά συστατικά των ύγρων μιγμάτων στηρίζε-



Σχ. 9.5γ.

Στήλη κλασματικής αποστάξεως φυσικού πετρελαίου υπό ατμοσφαιρική πίεση, έτήσιας Ικανότητας 1.600.000 τόννων. Δίπλα στην κυρίως στήλη είναι διάφοροι εναλλάκτες θερμότητας και βοηθητικές στήλες για πληρέστερο διαχωρισμό της βενζίνης, της κηροζίνης και του πετρελαίου ντίζελ. Στο βάθος άριστερά διακρίνεται ή στήλη αποστάξεως υπό κενό.

ται σε διαφορετική άρχή λειτουργίας από τις παραπάνω μεθόδους αποστάξεως. 'Ο έξατμιστήρας αποτελείται από ένα κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο με έξωτερικό θερμαντικό μανδύα και έσωτερικό περιστρεφόμενο άξονα, στον οποίο είναι στερεωμένες πολλές παράλληλες ράβδοι με προσαρμοσμένα πλαστικά πτερύγια (σχ. 9.5ε). Τό υγρό μίγμα τροφοδοτείται στο άνω τμήμα τού δοχείου, έκτινάζεται στα θερμαινόμενα τοιχώματα και τά περιστρεφόμενα πτερύγια τό απλώνουν επάνω στην έπιφάνεια τών τοιχωμάτων, σε μορφή λεπτής στιβάδας. Τά πτητικότερα συστατικά έξατμίζονται άμεσα λόγω τής άκαριαίας θερμάνσεως τής στιβάδας, ένω τά λιγότερο πτητικά συστατικά παραμένουν υγρά, κατέρχονται προς τά κάτω και έξάγονται από ένα στόμιο στον πυθμένα του δοχείου (σχ. 9.5στ). Όπως αναφέρθη-



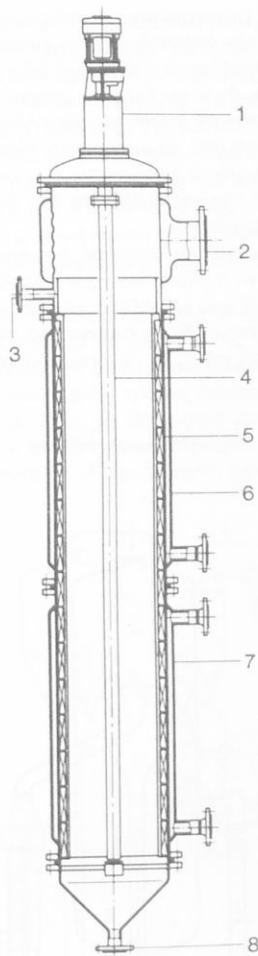
Σχ. 9.5δ.

Έξατμιστήρας λεπτής στιβάδας ύψους 2700 mm, εξωτερικής διαμέτρου 520 mm και θερμαινόμενης επιφάνειας 3,5 m<sup>2</sup>.



Σχ. 9.5ε.

Προσαρμογή των πλαστικών πτερυγίων στις ράβδους του περιστρεφόμενου άξονα ενός εξατμιστήρα λεπτής στιβάδας.



Σχ. 9.5στ.

Τομή σε ένα εξατμιστήρα λεπτής στιβάδας.

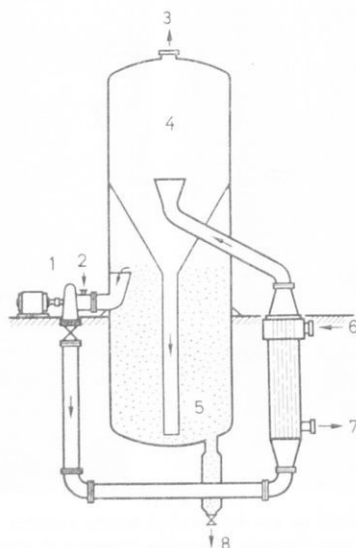
- 1) Ηλεκτροκινητήρας. 2) Στόμιο εξαγωγής των ατμών του πηκτικού συστατικού. 3) Στόμιο τροφοδοσίας του διαλύματος. 4) Περιστρεφόμενος άξονας. 5) Θερμαινόμενη επιφάνεια. 6) και 7) Θερμαντικοί μανδύες. 8) Στόμιο εξαγωγής του υπολείμματος της εξατμίσεως.

κε και στην περίπτωση των ξηραντηρίων έκνεφώσεως, ο έξατμιστήρας λεπτής σπιβάδας είναι κατάλληλος για την απόσταση υγρών εύαισθétων στη θερμότητα, γιατί παραμένουν λίγα μόνο δευτερόλεπτα στη θερμή ζώνη της συσκευής. Μέ εφαρμογή κενού στον έξατμιστήρα, αν είναι ανάγκη, μπορεί να πραγματοποιηθεί η απόσταση των εύαισθétων ουσιών σε σημαντικά χαμηλότερη θερμοκρασία από το κανονικό σημείο βρασμού τους υπό ατμοσφαιρική πίεση.

Έκτός από την απόσταση για τό διαχωρισμό των υγρών ή έξάτμιση αποτελεί έπίσης συνήθως, τό μέσο για την **κρυστάλλωση** των διαλυμάτων, δηλαδή την άνάκτηση των διαλυμένων στερεών.

Αν έξατμισθεί ένα μέρος του διαλύτη από ένα διάλυμα στερεού σώματος, θα αύξηθεί προφανώς αντίστοιχα ή περιεκτικότητα του σώματος στο υπόλοιπο διάλυμα. Η ποσότητα του νερού  $N$  που χρειάζεται να έξατμισθεί από μία ποσότητα διαλύματος  $M$  kg περιεκτικότητας  $\pi_1$  % σε ένα στερεό σώμα, ώστε να αύξηθεί ή περιεκτικότητα στο σώμα αυτό σε  $\pi_2$  %, δίνεται από τή σχέση:

$$N = \left( M1 - \frac{\pi_1}{\pi_2} \right) \text{ kg}$$



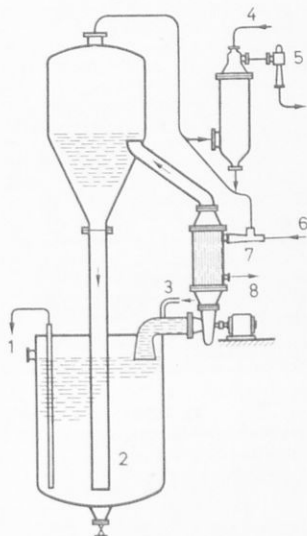
Σχ. 957

Κρυσταλλωτήρας έξατμίσεως.

- 1) Άντλία τροφοδοσίας και άνακυκλοφορίας του διαλύματος.
- 2) Στόμιο τροφοδοσίας του διαλύματος.
- 3) Άπομάκρυνση των άτμών του διαλύτη.
- 4) Χώρος έξατμίσεως.
- 5) Αίωρημα των αποβαλλομένων κρυστάλλων.
- 6) και 7) Στόμια τροφοδοσίας και έπιστροφής του ύδρατμου θερμάνσεως του έναλλάκτη θερμότητας.
- 8) Στόμιο έξαγωγής του αίωρήματος των κρυστάλλων.

Μέ τη συνέχιση τής εξατμίσεως τό διάλυμα θά γίνει πρώτα κορεσμένο, θά φθάσει δηλαδή τό  $p_2$  στό όριο τής διαλυτότητας του σώματος, καί μετά θά γίνει υπέρκορο καί θά άρχίσει ή άποβολή του στερεού σώματος μέ τή μορφή κρυστάλλων. Τό σχήμα 9.5ζ δείχνει τήν παραπάνω διεργασία. Τό διάλυμα θερμαίνεται σέ ένα έναλλάκτη θερμότητας καί διοχετεύεται σέ ένα κατακόρυφο κρυσταλλωτήρα, όπου εξατμίζεται ένα μέρος του διαλύτη. Οί κρύσταλοι πού αποβάλλονται όταν τό διάλυμα γίνει υπέρκορο, πέφτουν πρός τόν πυθμένα του κρυσταλλωτήρα, έξάγονται σέ αιώρημα μαζί μέ διάλυμα από ένα στόμιο καί άποχωρίζονται στη συνέχεια σέ άλλες συσκευές, μέ διήθηση ή φυγοκέντριση καί ξήρανση. Ή διατήρηση του διαλύματος σέ ύψηλή θερμοκρασία εξασφαλίζεται μέ συνεχή άνακυκλοφορία μέσω του έναλλάκτη.

Έξ άλλου, άν σέ ένα πυκνό διάλυμα ή διαλυτότητα του διαλυμένου στερεού σώματος ελαττώνεται σημαντικά μέ τή μείωση τής θερμοκρασίας, ή μετατροπή του σέ υπέρκορο καί ή άποβολή του διαλυμένου σώματος μπορεί επίσης νά πραγματοποιηθεί μέ ψύξη. Ό απλούστερος τρόπος εφαρμογής τής μεθόδου είναι νά θερμανθεί πρώτα τό διάλυμα, ώστε νά εξατμισθεί ένα μέρος του διαλύτη. Άν τό διάλυμα μεταφερθεί κατόπιν σέ ένα άνοικτό δοχείο καί άφεθεί νά ψυχθεί στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή μέ κυκλοφορία ψυκτικού ύγρου, θά άποβληθεί



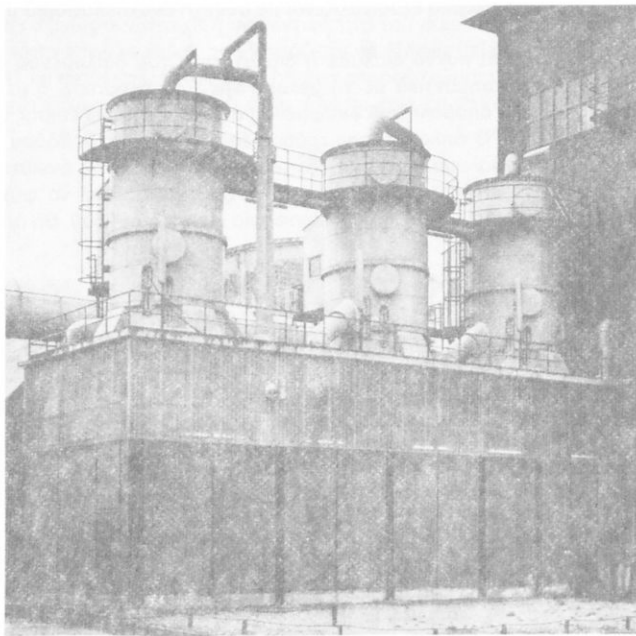
Σχ. 9.5η.

Κρυσταλλωτήρας ψύξεως καί κενού.

- 1) Στόμιο εξαγωγής του αιωρήματος των κρυστάλλων. 2) Αιώρημα των αποβαλλομένων κρυστάλλων. 3) Στόμιο τροφοδοσίας του διαλύματος. 4) Νερό ψύξεως. 5) Έγχυτήρας για τή δημιουργία κενού. 6) καί 8) Τροφοδοσία καί επιστροφή του ψυκτικού ύγρου. 7) Ψυχόμενος έναλλάκτης θερμότητας.

ή ποσότητα του διαλυμένου στερεού, που είναι πάνω από το όριο διαλυτότητας στη θερμοκρασία αυτή. Στη συνέχεια αποχύνεται το διάλυμα και συλλέγονται οι κρύσταλλοι του στερεού από τόν πυθμένα και τα τοιχώματα του δοχείου.

Η παραπάνω άπλη μέθοδος είναι άσυνεχής και μπορεί να εφαρμοσθεί μόνο σε μικρές ποσότητες διαλυμάτων. Στη βιομηχανία η κρυστάλλωση με ψύξη διεξάγεται σε κρυσταλλωτήρες συνεχούς λειτουργίας, με άνακυκλοφορία του διαλύματος σε ψυχόμενους éναλλάκτες θερμότητας και παράλληλη éξάτμιση μέρους του διαλύτη με éφαρμογή κενού (σχ. 9.5η). Οι κρύσταλλοι που άποβάλλονται άπομακρύνονται



Σχ. 9.5θ.

Κατακόρυφοι κρυσταλλωτήρες με ψύξη και κενό.

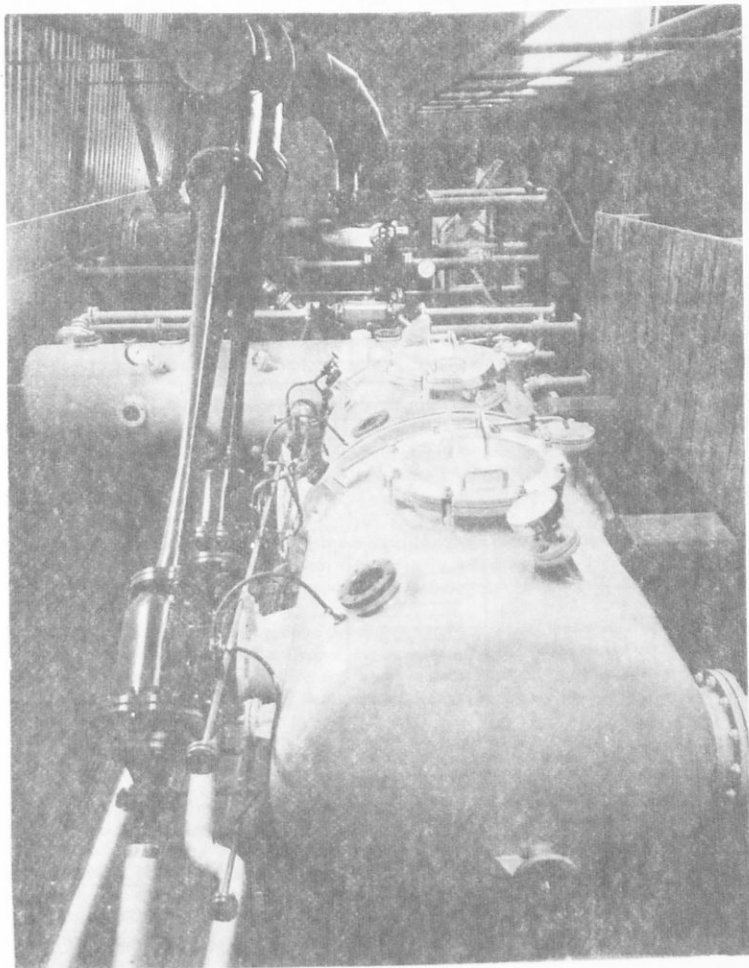
Διακρίνονται οι σωληνώσεις του συστήματος κενού στην κορυφή των κρυσταλλωτήρων και οι λοξές σωληνώσεις τροφοδοσίας και άνακυκλώσεως στις πλευρές.

σάν αιώρημα και άποχωρίζονται όπως και στην περίπτωση του θερμαινόμενου κρυσταλλωτήρα.

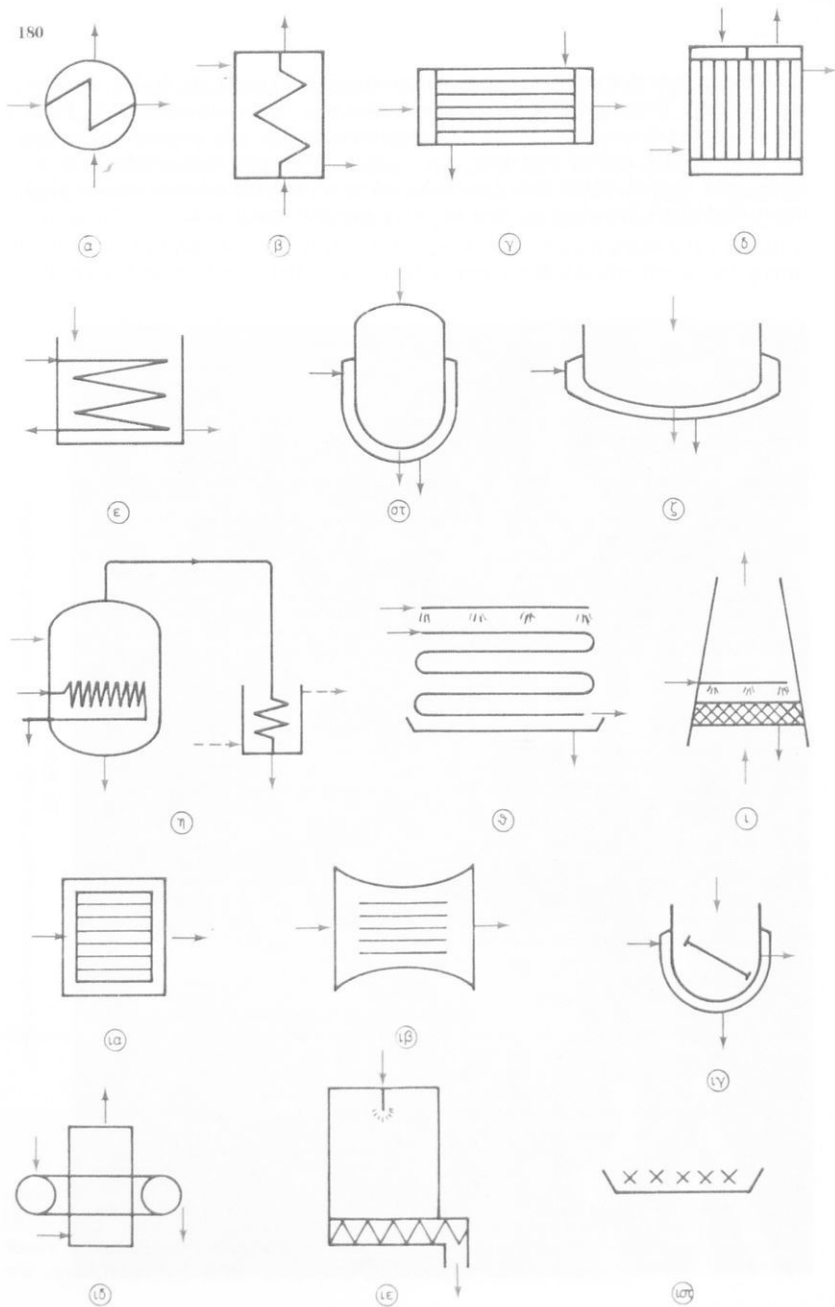
Η κρυστάλλωση χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στη βιομηχανία για την παρασκευή πολλών προϊόντων, όπως τά λιπάσματα, τό μαγειρικό άλατι και άλλα άλατα, ή ζάχαρη κλπ. Στη φωτογραφία του σχήματος 9.5θ εικονίζεται μία συστοιχία τριών κατακόρυφων κρυσταλλωτήρων με ψύξη και κενό, για την παρασκευή θειικού άμμωνίου, που χρησιμοποιείται ως λίπασμα στους άγρους.



Οι βιομηχανικοί κρυσταλλωτήρες κατασκευάζονται επίσης σέ οριζόντια κυλινδρική μορφή. Ένας οριζόντιος κρυσταλλωτήρας εικονίζεται στο σχήμα 9.5i. Στο έπάνω μέρος του κρυσταλλωτήρα είναι προσαρμοσμένοι δύο μεγάλοι έγχυτήρες, πού λειτουργούν μέ άτμό υπό πίεση καί δημιουργούν κενό στό έσωτερικό του δοχείου. Πρίν τροφοδοτηθεί στόν κρυσταλλωτήρα, τό διάλυμα ψύχεται στόν κατακόρυφο έναλλάκτη θερμότητας, πού βλέπομε άκριβώς πίσω του.



Σχ. 9.5i.  
Οριζόντιος κρυσταλλωτήρας μέ ψύξη καί κενό, ικανότητας 400 kg/h.



## 9.6 Συμβολισμοί για τή θέρμανση, τήν ψύξη και τίς εφαρμογές τους.

Τό σχήμα 9.6 περιέχει τούς συμβολισμούς τών κυριωτέρων βιομηχανικών συσκευών μεταδόσεως τής θερμότητας, καθώς καί τών συσκευών εφαρμογής τής θερμάνσεως καί τής ψύξεως στίς βιομηχανικές διεργασίες πού αναφέρθηκαν στίς προηγούμενες παραγράφους.

Θά τονίσουμε καί πάλι ότι ο τρόπος συμβολισμού τών συσκευών καί διεργασιών στά διαγράμματα τής χημικής τεχνολογίας δέν είναι δεσμευτικός. Οι κατασκευαστές τών μηχανημάτων, οι μελετητές τών βιομηχανικών έργαταστάσεων, οι συγγραφείς τών βιβλίων, άλλα καί οι μαθητές τών Λυκείων έχουν τό δικαίωμα νά έπινοούν ή νά προσαρμόζουν τά σύμβολα πού χρησιμοποιούν, ώστε νά δίνουν μία χρήσιμη καί σαφή, κατά τήν κρίση τους, εικόνα τής συγκροτήσεως καί τής λειτουργίας του τμήματος του έργου σαστίου ή τής βιομηχανικής μεθόδου πού περιγράφουν. Για νά μήν οδηγήσει ή έλευθερία αυτή σέ πλήρη σύγχυση, θά πρέπει βέβαια νά συνοδεύεται τό διάγραμμα μέ τήν έπεξήγηση τών συμβόλων πού περιέχει.

### Έρωτήσεις καί Άσκήσεις.

1. Σέ ποιές βιομηχανικές διεργασίες είναι χρήσιμη ή θέρμανση καί σέ ποιές ή ψύξη τών συσκευών;
2. Ποιός είναι ο προορισμός τών θερμομονωτικών υλικών στίς βιομηχανικές εγκαταστάσεις;
3. Τί συνθήκες απαιτούνται για νά άποκτά ή φλόγα τών καυσίμων ύψηλή θερμοκρασία;
4. Ποιοί άτμολέβητες ονομάζονται ύδραυλωτοί καί ποιοί ονομάζονται φλογαυλωτοί;
5. Σχεδιάστε πρόχειρα ένα φλογαυλωτό άτμολέβητα δύο διαδρομών τών καυσαερίων.
6. Ποιά φυσικά φαινόμενα προκαλούν ψύξη;
7. Περιγράψτε τίς μεθόδους παραγωγής ψύχους μέ συμπίεση καί μέ άπορρόφηση άμμωνίας.
8. Σχεδιάστε τό κατασκευαστικό διάγραμμα τής ψυκτικής μηχανής άπορροφήσεως πού περιγράφεται στήν παράγραφο 9.3.
9. Υπολογίστε τήν περιεκτικότητα σέ ύγρασία % τής ξηράς ούσιας σέ ένα υλικό πού περιέχει ύγρασία 20% τής συνολικής μάζας του. **(Άπάντηση: 25%)**
10. Πόση ποσότητα νερού πρέπει νά άπομακρυνθεί άπό 1 τόνο στερεού σώματος περιεκτικότητας σέ ύγρασία 20% τής συνολικής μάζας του, ώστε νά μειωθεί σέ 4%; **(Άπάντηση: 167 kg)**
11. Μέ ποιούς μηχανικούς τρόπους μπορεί νά πραγματοποιηθεί ή άπομάκρυνση τών υγρών πού περιέχονται στά στερεά σώματα;
12. Σέ ποιές περιπτώσεις επιδιώκεται ή δημιουργία άδρανους άτμόσφαιρας καί σέ ποιές περιπτώσεις εφαρμόζεται κενό κατά τήν ξήρανση τών στερεών σωμάτων;
13. Περιγράψτε τή λειτουργία ενός περιστροφικού ξηραντήριου συνεχούς λειτουργίας μέ άμεση θέρμανση.
14. Σχεδιάστε ένα ύποθετικό διάγραμμα μεταβολής τής θερμοκρασίας τών καυσαερίων καί του στερεού υλικού κατά μήκος του κυλίνδρου ενός περιστροφικού ξηραντήριου συνεχούς λειτουργίας μέ άμεση θέρμανση, μήκους 10 m, στό όποιο τά καυσαέρια καί τό στερεό υλικό κινούνται **κατά όμορρη**. Ως άρχικές καί τελικές θερμοκρασίες τών καυσαερίων καί του υλικού νά θεωρηθούν εκείνες του σχήματος 9.4θ.

### Σχ. 9.6.

- ← Συμβολικές άπεικονίσεις βιομηχανικών συσκευών θερμάνσεως καί ψύξεως.
- α) καί β) Γενικά σύμβολα για έναλλάκτης θερμότητας. γ) Άπλος σωληνωτός έναλλάκτης θερμότητας. δ) Σωληνωτός έναλλάκτης θερμότητας μέ άναστροφή τής πορείας του ενός ρευστού. ε) Άνοικτό δοχείο θερμάνσεως ή ψύξεως μέ σερπαντίνα. στ) Κλειστό δοχείο μέ μανδύα θερμάνσεως ή ψύξεως. ζ) Άνοικτό δοχείο έξατμίσεως μέ θερμαντικό μανδύα. η) Συγκρότημα άποστάξεως. θ) Ψυγείο μέ καταιονισμό νερού. ι) Πύργος ψύξεως. ια) Ξηραντήριο μέ ράφια. ιβ) Θάλαμος ξηράσεως ύπό κενό. ιγ) Ξηραντήριο τύπου σκάφης. ιδ) Ξηραντήριο μέ μεταφορική ταινία. ιε) Ξηραντήριο έκνεφώσεως. ιστ) Άνοικτό κρυσταλλωτήριο.

15. Τί είδους διαχωρισμοί-επιδιώκονται με τήν απόσταξη τῶν ὑγρῶν καί τήν κρυστάλλωση τῶν διαλυμάτων;
16. Πότε ἓνα ὑγρό σῶμα ὀνομάζεται **πηκτικό**;
17. Περιγράψτε τή λειτουργία τοῦ ἐξατμιστήρα λεπτῆς σπιβάδας.
18. Ποιά κοινά πλεονεκτήματα παρουσιάζουν τό ξηραντήρια ἐκνεφώσεως καί ὁ ἐξατμιστήρας λεπτῆς σπιβάδας;
19. Πόση ποσότητα νεροῦ πρέπει νά ἐξατμισθεῖ ἀπό 1 τόννο θαλασσινοῦ νεροῦ περιεκτικότητας σέ NaCl 2,5%, ὥστε νά ἀποκτήσει περιεκτικότητα σέ NaCl 10%; **(Ἀπάντηση: 750 kg)**
20. Ποιά θά εἶναι ἡ περιεκτικότητα τοῦ συμπυκνωμένου διαλύματος NaCl τῆς προηγουμένης ἀκρίσεως, ἂν ἐξατμισθοῦν 450 kg νεροῦ ἀκόμα; **(Ἀπάντηση: 25%)**
21. Μέ ποιούς τρόπους μπορεῖ ἓνα διάλυμα νά γίνει ὑπέρκορο;
22. Γιατί σέ πολλές περιπτώσεις ἐφαρμόζεται κενό κατά τή λειτουργία τῶν κρυσταλλωτήρων;

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

#### Η ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.1	Πρώτες ύλες και προϊόντα .....	1
1.2	Ποιότητα και κόστος των βιομηχανικών προϊόντων .....	2
1.3	Η επιλογή της τοποθεσίας της βιομηχανικής εγκαταστάσεως .....	2

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.1	Η σχέση Χημικής Τεχνολογίας και Χημικής Βιομηχανίας .....	5
2.2	Η προσαρμογή στις πρακτικές συνθήκες .....	6

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

#### ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1	Οι φυσικές διεργασίες και οι χημικές διεργασίες .....	8
3.2	Οι φυσικές διεργασίες στη χημική βιομηχανία .....	8

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

#### ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

4.1	Τό σχηματικό διάγραμμα .....	11
4.2	Τό κατασκευαστικό διάγραμμα .....	12
4.3	Ο βαθμιαίος σχεδιασμός μιάς χημικής βιομηχανίας .....	16
	Ερωτήσεις και Ασκήσεις .....	17

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

#### ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

5.1	Γενικά .....	19
5.2	Αποθήκευση και μεταφορά των στερεών .....	20
5.3	Αποθήκευση και μεταφορά των υγρών .....	30
5.4	Αποθήκευση και μεταφορά των αερίων .....	37
5.5	Συμβολισμοί για την αποθήκευση και μεταφορά των υλικών .....	43
	Ερωτήσεις και Ασκήσεις .....	48

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

#### ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

6.1	Γενικά .....	49
6.2	Θραύση .....	51
6.3	Άλωση .....	55
6.4	Συμβολισμοί για την ελάττωση του μεγέθους των στερεών .....	60
	Ερωτήσεις και Ασκήσεις .....	61

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΑΝΑΜΙΞΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

7.1 Γενικά	62
7.2 Ανάμιξη των στερεών	63
7.3 Ανάμιξη των υγρών	63
7.4 Ανάμιξη μεταξύ υγρών και στερεών	67
7.5 Προσρόφηση αερίων και υγρών από στερεά	70
7.6 Απορρόφηση αερίων από υγρά	72
7.7 Συμβολισμοί για την ανάμιξη των υλικών	77
Ερωτήσεις και Ασκήσεις	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

### ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

8.1 Γενικά	80
8.2 Τό κοσκίνισμα των στερεών	82
8.3 Η κατακράτηση του κονιορτού	90
8.4 Ηλεκτροστατικός και μαγνητικός διαχωρισμός	101
8.5 Καθίζηση, φυγοκέντρωση και επίπλευση των αιωρημάτων	107
8.6 Η διήθηση των υγρών	113
8.7 Εκχύλιση, έκπλυση και έκθλιψη	124
8.8 Συμβολισμοί για το διαχωρισμό των υλικών	133
Ερωτήσεις και Ασκήσεις	136

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ

9.1 Γενικά	138
9.2 Μέθοδοι θερμάνσεως	141
9.3 Μέθοδοι ψύξεως	152
9.4 Η ξήρανση των στερεών	156
9.5 Η απόσταξη των υγρών και η κρυστάλλωση των διαλυμάτων	170
9.6 Συμβολισμοί για τη θέρμανση, την ψύξη και τις εφαρμογές τους	181
Ερωτήσεις και Ασκήσεις	181

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΑΔΟΥ



**0020568245**

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ  
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



