



**ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ
ΚΑΙ ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ**

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ



Μετά τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα μπορεί:

- να καταλαβαίνει τη σχέση μεταξύ ιδιοτήτων των στερεών και του τρόπου φύλαξής τους
- να περιγράφει τις διατάξεις μεταφοράς στερεών
- να διακρίνει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων διατάξεων και συστημάτων μεταφοράς σε σχέση με τις ιδιότητες των στερεών υλικών και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα
- να διακρίνει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων μύλων και θραυστήρων σε σχέση με τις ιδιότητες των στερεών και το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα
- να περιγράφει τους διάφορους τύπους θραυστήρων και μύλων

Σ' ένα εργοστάσιο, η προμήθεια των πρώτων υλών δεν γίνεται με συνεχή ροή. Η τροφοδοσία με νερό μπορεί να μην είναι συνεχής. Ακόμη η λειτουργία των μηχανών δεν είναι συνεχής, επειδή η επεξεργασία μπορεί να γίνεται κατά παρτίδες, και αν ακόμη γίνεται με συνεχή ροή, κάποτε μια μηχανή θα παρουσιάσει βλάβη, μπορεί να χρειάζεται συντήρηση, μπορεί τέλος το εργοστάσιο να μην εργάζεται όλο το εικοσιτετράωρο.

Όλα αυτά είναι ο κύριος λόγος που σε κάθε εργοστάσιο υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι για τις πρώτες ύλες, τις βοηθητικές, τα καύσιμα, τις ενδιάμεσες ύλες και τα τελικά προϊόντα που αφού συσκευαστούν θα αποσταλούν την κατάλληλη στιγμή, την κατάλληλη ώρα ορισμένης ημέρας.

Ένας δεύτερος λόγος για την ύπαρξη αποθηκών είναι η ανάμειξη των ενδιαμέσων ή τελικών προϊόντων. Στη βιομηχανία τσιμέντου π.χ. για να αυξηθεί η ομοιογένεια του προϊόντος, κάθε παρτίδα αποθηκεύεται σε μια

από τέσσερις αποθήκες (**σιλό**). Η τροφοδοσία για γέμισμα των σάκων γίνεται συγχρόνως από τις τέσσερις αποθήκες. Έτσι το προϊόν είναι μείγμα τεσσάρων διαφορετικών παρτίδων παραγωγής που οπωσδήποτε διαφέρουν μεταξύ τους, ενώ οι διαφορές στο προϊόν (μέσα στο σάκο) είναι μικρότερες από ημέρα σε ημέρα.

Σε στοές κάτω από λόφους **ωριμάζουν** τα τυριά ροκφόρ. Μέσα και επάνω στο τυρί αναπτύσσονται μικροοργανισμοί ροκφόρ που δίνουν την γεύση του. Ομοίως σε σπηλιές ή υπόγειες αποθήκες, για διατήρηση της θερμοκρασίας σε σταθερά επίπεδα, παλαιώνουν κόκκινα κρασιά μέσα σε βαρέλια των 200 – 250 λίτρων επί 1 – 2 χρόνια πριν εμφιαλωθούν. Το ίδιο γίνεται και με τη γραβιέρα. Φυλάσσεται σε ψυγείο ένα χρόνο τουλάχιστον μέχρι να ωριμάσει, να πάρει γεύση που πιπερίζει με την ανάπτυξη αερόβιων και αναερόβιων μικροοργανισμών. Επίσης κατά την παραγωγή του ρεγιόν (τεχνητού μεταξιού), μετά τη διάλυση της κυτταρίνης σε καυστικό νάτριο και διθειάνθρακα, το διάλυμα φυλάσσεται 6 – 7 ημέρες για ωρίμανση και πήξη, πριν νηματοποιηθεί. Αυτοί οι χώροι, σιλό, υπόγεια, σπηλιές, ψυγεία, δεν είναι μόνο αποθήκες αλλά έχουν και έναν άλλο σκοπό. Μέσα τους γίνεται μια φυσική ή χημική διεργασία.

Η μεταφορά των υλικών από τις αποθήκες στις συσκευές κατεργασίας και από τις συσκευές σε άλλες αποθήκες απαιτούν ενέργεια και μηχανολογικό εξοπλισμό. Η θέση των συσκευών επεξεργασίας είναι τέτοια που να απαιτείται μικρή διαδρομή του υλικού, λίγο έργο, μικρό μήκος σωληνώσεων. Σε πολλά εργοστάσια παρατηρούμε ότι από τη μια βαθμίδα επεξεργασίας μέχρι την άλλη έχουμε συσκευές που εγκαθίστανται σε διαφορετικό όροφο, οπότε η μεταφορά των υλικών και η τροφοδοσία των συσκευών γίνεται με τη βαρύτητα. Έτσι βλέπουμε τις αποθήκες πρώτων υλών σε ανώτερα επίπεδα. Σε οινοποιεία ή σακχαρουργεία τα φορτηγά αυτοκίνητα ή τα τρακτέρ ανεβαίνουν σε δρόμο αρκετά υψηλότερο από το εργοστάσιο για να αδειάσουν. Έτσι η πρώτη ύλη κατέρχεται με τη βαρύτητα και τροφοδοτεί τα διάφορα επίπεδα του εργοστασίου που είναι εξοπλισμένα με τις κατάλληλες εγκαταστάσεις. Δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος της μετακίνησης των πρώτων υλών, των ενδιάμεσων και των τελικών προϊόντων του εργοστασίου γίνεται με φυσική ροή, ξεφορτώνοντας σε υψηλά επίπεδα τις πρώτες ύλες.

Λέγοντας ελάττωση μεγέθους ενός υλικού εννοούμε τη **θραύση** μεγαλύτερων κομματιών του σε μικρότερα. Αν έναν κύβο ακμής 10 mm τον κόψουμε σε 1000 μικρούς κύβους ακμής 1 mm τότε η επιφάνειά του από 6 cm² γίνεται 1000x6 mm² = 60 cm². Η ελάττωση μεγέθους με θραυστήρες ή **μύλους** δεν έχει μόνο σκοπό την ομοιομορφία, την εύκολη μεταφορά του υλικού, αλλά μπορεί να έχει σαν στόχο την ευκολία διαχωρισμού των

συστατικών του υλικού. Ο ελαιόκαρπος αλέθεται για να πάρουμε με θλίψη το λάδι, ο καρπός του κακάο θραύεται για να απομακρυνθεί το φλούδι με ρεύμα αέρα, τα ορυκτά αλέθονται για να διαχωριστούν με επίπλευση σε μεταλλεύματα διαφορετικών μετάλλων, ενώ το σάρι αλέθεται για να πάρουμε αλεύρι διαφόρων τύπων και πίτουρα. Ο ασβεστόλιθος όμως και το αργιλόχωμα αλέθονται για να αποκτήσουν μεγάλη επιφάνεια και να αντιδράσουν μεταξύ τους στους κλιβάνους του τσιμέντου. Για τον ίδιο λόγο αλέθεται και ο φωσφορίτης, για να αντιδράσει πιο εύκολα με θειικό οξύ και να δώσει το υπερφωσφορικό λίπασμα. Δηλαδή με την άλεση ή θραύση γίνεται ένας διαχωρισμός των υλικών ή ελαττώνεται το μέγεθος και αυξάνει η επιφάνεια του στερεού για να αντιδράσει αυτό με άλλο στερεό, υγρό ή αέριο. Στην τελευταία περίπτωση μπορούμε να αναφέρουμε σαν παράδειγμα την άλεση του άνθρακα και την καύση του με ψεκασμό σαν να είναι πετρέλαιο. Με τον ίδιο τρόπο καίγεται και ο σιδηροπυρίτης. Το μπαρούτι αναφλέγεται στην επιφάνειά του και η αντίδραση καύσης προχωρεί προς το εσωτερικό του. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι τόσο πιο γρήγορα καίγεται και το μέγεθος των κόκκων εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται.

2.1. Αποθήκευση στερεών

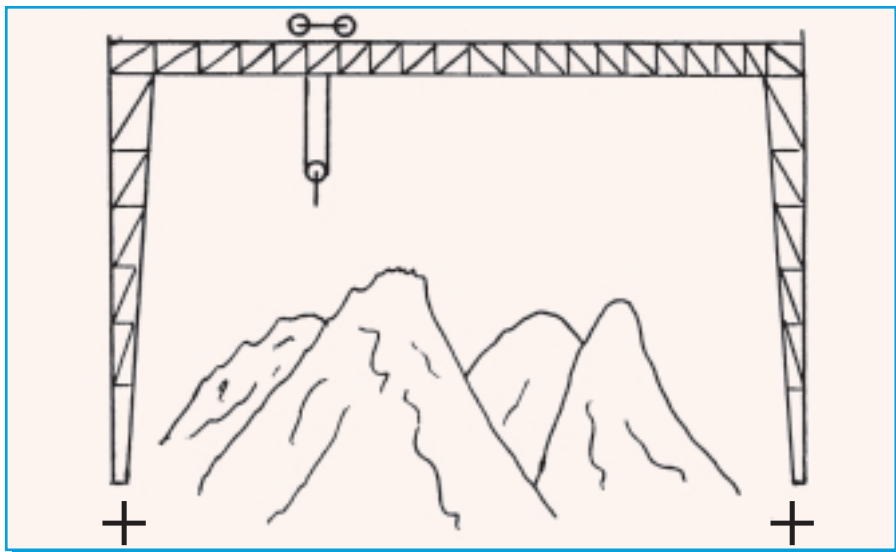
Τα στερεά μπορούν να αποθηκευθούν σε σωρούς, σε σιλό ή αποθήκες με ράφια, ανάλογα με τον όγκο και τη φύση του υλικού. Ανάλογα με τον τρόπο αποθήκευσης διατίθενται και συστήματα για τη μεταφορά στον τόπο αποθήκευσης και την παραλαβή των στερεών από τον τόπο αυτόν.

2.1.1. Αποθήκευση σε σωρούς

Αν το υλικό έχει όγκο μεγάλο, και δεν το αλλοιώνουν οι καιρικές συνθήκες, τότε μπορεί να αποθηκευτεί σε σωρούς στο ύπαιθρο. Η μεταφορά εκεί μπορεί να γίνει με μεταφορικές ταινίες, κοχλίες, αέρα με πίεση, ενώ η λήψη από το σωρό μπορεί να γίνει με εκσκαφείς ή φορτωτές ή γερανογέφυρες. Υλικά που αποθηκεύονται σε σωρούς είναι το αλάτι, τα προϊόντα λατομείου σε εργοστάσιο τσιμέντου, ο ελαιοπυρήνας σε πυρηνολαιουργεία, κλπ. (Σχ.2.1.1.1.)

Ο χώρος που καταλαμβάνει ένα στερεό σε σωρό εξαρτάται από τη **γωνία φόρτωσης** ή γωνία ηρεμίας αυτού του στερεού. Όταν με φτυαρίσματα σχηματίσουμε ένα σωρό από υγρή άμμο, η γωνία μεταξύ της πλευράς

του σωρού και του οριζοντίου επιπέδου μπορεί να φθάσει τις 50° . Αν η άμμος είναι στεγνή το ύψος κατέρχεται και η γωνία ελαττώνεται στις 40° , όπως στο χαλίκι ή και πιο κάτω, ενώ όταν το υλικό είναι άργιλος από τις 30° που σχηματίζει όταν είναι στεγνή μπορεί να γίνει 15° αν βραχεί. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζουμε την επιφάνεια του χώρου υπαίθριας αποθήκευσης και τη γωνία που θα πρέπει να έχει μια μεταφορική ταινία μετακίνησης του υλικού.



Σχ. 2.1.1.1. Αποθήκευση σε σωρούς

Κατά την αποθήκευση λεπτόκοκκου υλικού λαμβάνεται υπόψη η επίδραση του ανέμου, ενώ όταν το υλικό είναι ευδιάλυτο στο νερό όπως π.χ. τα λιπάσματα, οι χώροι στεγάζονται. Αν πρόκειται για γαιάνθρακες, αυτοί αποθηκεύονται σε υπόστεγα αλλά μπορούν και να αερίζονται ώστε να απαλλαγούν από το μεθάνιο που έχουν και το εκλύουν. Οι γαιάνθρακες και ο ελαιοπυρήνας μπορούν να πιάσουν φωτιά από αυτανάφλεξη. Έτσι πρέπει να διατίθεται χώρος για κίνηση φορτωτών που σβήνουν τη φωτιά με ανάμειξη του υλικού με γειτονικό ψυχρό.

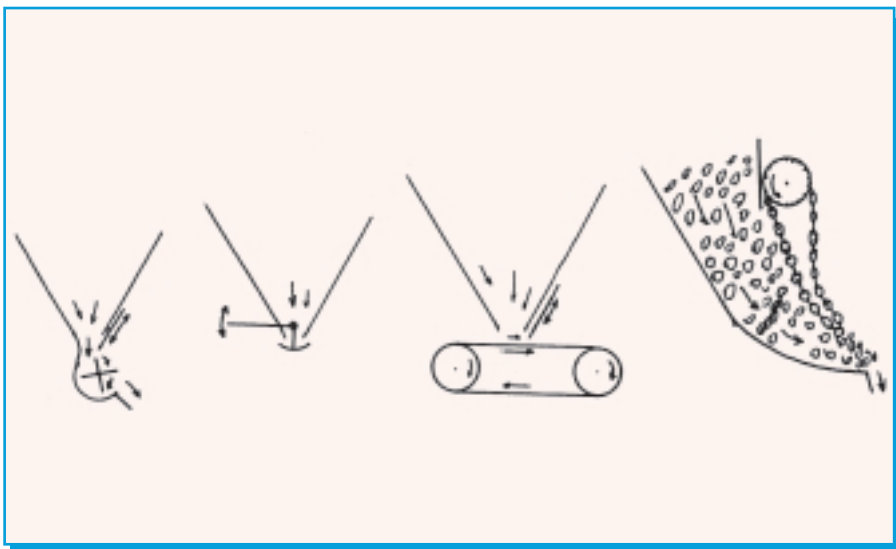
2.1.2. Αποθήκευση σε σιλό

Τα **σιλό** είναι κυλινδρικά δοχεία από μπετόν ή λαμαρίνα για τη φύλα-

ξη κοκκώδους υλικού ή κονιώδους. Συνήθως είναι σε σειρά ώστε η φόρτωση να γίνεται με μια μεταφορική ταινία και διακλαδώσεις. Μπορεί να περιέχουν διαφορετικές πρώτες ύλες, π.χ. δημητριακά για παρασκευή πτηνοτροφών ή διαφορετικά προϊόντα, όπως διαφορετικά λιπάσματα.

Ο πυθμένας του σιλό είναι κωνικός ώστε να μην παραμένει εκεί υλικό από πολύ παλαιότερη φόρτωση, το οποίο αν κάποια στιγμή ελευθερωθεί θα αλλάξει τη σύσταση του υλικού που λαμβάνεται. Στην έξοδο του υλικού υπάρχει **τροφοδοτική διάταξη** που ρυθμίζει με διάφορους τρόπους (συρτάρι, φτερωτή, ταινία) το ρυθμό λήψης του υλικού.

Τα σιλό καλύπτονται για να μη βρέχεται το περιεχόμενο από τη βροχή και να μην πέσει μέσα άνθρωπος, που επειδή είναι βαρύτερος από ίσο όγκο πολλών καρπών, βυθίζεται. Όταν το υλικό είναι σε σκόνη μπορεί στο σιλό να εισάγεται αέρας για ανάδευση του υλικού και μεταφορά του με σωληνώσεις με τη βοήθεια αέρα.



Σχ.2.1.2.1. Εκκένωση σιλό

2.2. Μεταφορά στερεών

Η μεταφορά των στερεών απαιτεί μεγάλη ισχύ. Καταναλώνεται μεγάλη ενέργεια στο εργοστάσιο για τις μετακινήσεις των πρώτων υλών, των ενδιάμεσων προϊόντων, των βοηθητικών υλών και των τελικών προϊόντων και επιβαρύνεται πολύ η τιμή του προϊόντος από την ενέργεια αλλά και α-

πό τα έξοδα εγκατάστασης και συντήρησης των συστημάτων μεταφοράς.

Τα κύρια συστήματα μεταφοράς στερεών είναι με ταινίες, κοχλίες, αναβατόρια, ενώ χρησιμοποιούνται και άλλα συστήματα μεταφοράς με αέρα, δονήσεις, νερό κλπ.

2.2.1. Ταινίες

Οι **ταινίες** μπορεί να είναι από μεταλλικά ελάσματα αν το υλικό δεν περιέχει σκόνη, π.χ. κιβώτια ή από ελαστικό με ενίσχυση με λινά νήματα. Η ταινία συνδέει δύο κυλίνδρους που απέχουν μεταξύ τους από μερικά μέτρα μέχρι δεκάδες μέτρα. Με κυλίνδρους και βάρη ή ελατήρια τεντώνει η ταινία ώστε να έρχεται σε ισχυρή επαφή με τον κύλινδρο που την κινεί. Σε αποστάσεις περίπου ενός μέτρου η ταινία στηρίζεται σε οριζόντιους κυλίνδρους και πλάγιους υπό γωνία ώστε να σχηματίζεται σκάφη, μερικά μέτρα μακριά από τους κυλίνδρους των άκρων.

Η **μεταφορική ταινία** μπορεί να είναι οριζόντια ή με κλίση. Μπορεί να ανεβάζει ή να κατεβάζει υλικό, ενώ η γωνία της ταινίας εξαρτάται από τη γωνία φόρτωσης του υλικού. Αν η κλίση της πρέπει να μειωθεί, αυξάνει το μήκος της ταινίας επειδή η διαδρομή γίνεται με πολλές ταινίες σε σύνδεση ζιγκ-ζαγκ. Αν η μεταφορά πρέπει να αλλάξει διεύθυνση, με ένα έλασμα λοξό αδειάζει το υλικό σε δεύτερη ταινία. Έτσι μια ταινία μπορεί να διατρέχει μια προκυμαία ενώ κάθετες σ' αυτήν ταινίες χρησιμοποιούνται για φόρτωση σε πλοία.

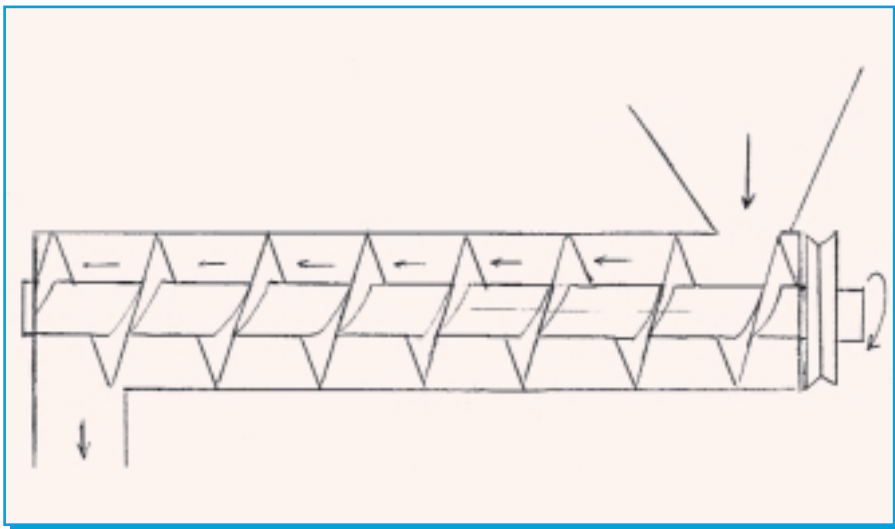
2.2.2. Κοχλίες

Οι **κοχλίες** έχουν το σχήμα του κοχλία της κρεατομηχανής (Σχ. 2.2.2.1). Περιστρέφονται μέσα σε σκάφη με ημικυλινδρικό πυθμένα και μεταφέρουν στερεά (σκόνες ή κόκκους) από το ένα άκρο της σκάφης στο άλλο. Συχνά έχουν και κάποια κλίση όπως οι κοχλίες μεταφοράς σταφυλιών από τις σκάφες εκφόρτωσης φορτηγών στα απορραγιστήρια, που έχουν κλίση $30^\circ - 40^\circ$.

Συχνά οι κοχλίες αποτελούνται από έλασμα που δεν είναι κολλημένο στον άξονα αλλά σε ακτίνες του άξονα. Με τον τρόπο αυτό έχουμε και ανάμειξη του υλικού. Ανάμειξη επιτυγχάνεται και με τη μεταφορά του υλικού με δύο παράλληλους κοχλίες, που περιστρέφονται αντίστροφα ενώ το βήμα τους είναι ίσου μήκους αλλά αντίθετης φοράς. Προωθούν το υλικό προς μια κατεύθυνση από τα τοιχώματα της σκάφης προς το μέσον, μετα-

ξύ των κοχλιών, ελαττώνοντας την τριβή με τη σκάφη και τη φθορά της.

Όταν οι κοχλίες έχουν ως κύριο έργο την ανάμειξη δεν είναι συνεχείς σε όλο το μήκος της σκάφης, αλλά στα διαστήματα που αφήνουν κενά υπάρχουν εμπόδια στη σκάφη που αναμειγνύουν το υλικό που περνάει απ' αυτά.

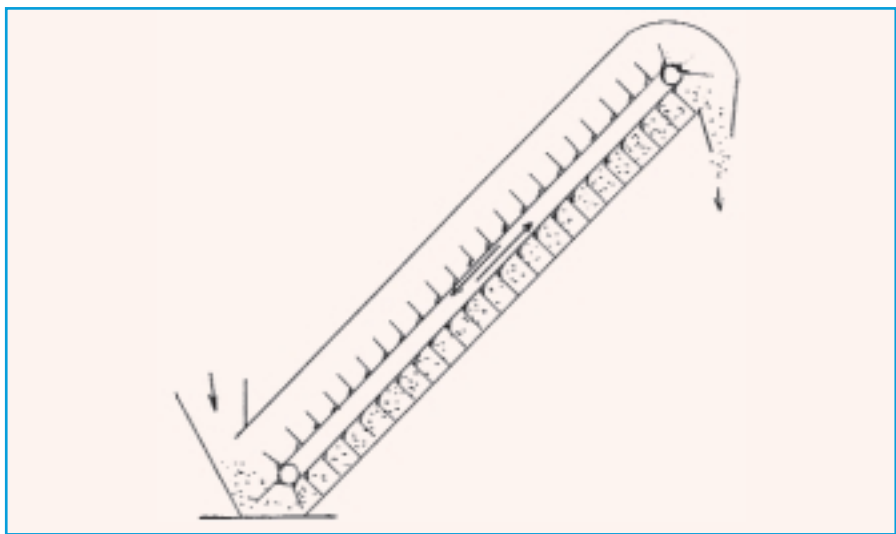


Σχ.2.2.2.1. Μεταφορικός κοχλίας

2.2.3. Αναβατόρεια

Τα **αναβατόρεια** λειτουργούν όπως οι μεταφορικές ταινίες. Ενώ οι ταινίες μεταφέρουν υλικά σε γωνία $0^\circ - 30^\circ$, τα αναβατόρεια ανυψώνουν κατακόρυφα το υλικό. Μεταξύ δύο κυλίνδρων οδοντωτών, στο άνω και κάτω άκρο του αναβατορίου, τεντώνονται δυο αλυσίδες που επάνω τους είναι καρφωμένα ή βιδωμένα κουβαδάκια. Τα κουβαδάκια γεμίζουν στο κάτω μέρος του αναβατορίου και όταν ανέλθουν και περάσουν τον άνω κύλινδρο αδειάζουν, όπως ανατρέπονται, σε ένα χωνί. Οι κύλινδροι που τεντώνουν τις αλυσίδες έχουν οδοντώσεις για συγκράτηση της αλυσίδας. Το σύστημα θυμίζει άντληση νερού από πηγάδι με κουβαδάκια.

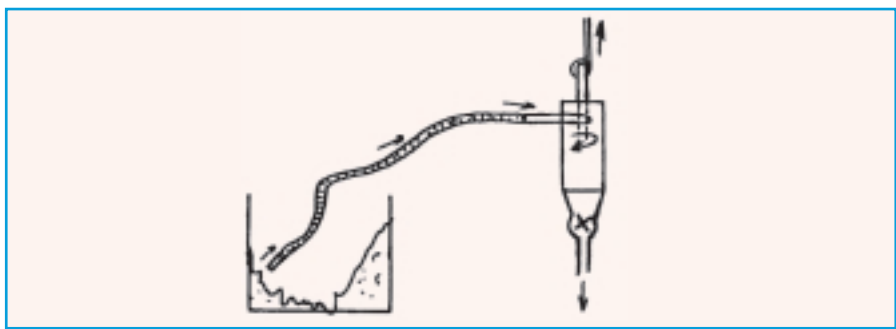
Το αναβατόριο μπορεί να απλοποιηθεί αν στη θέση της διπλής αλυσίδας έχουμε ελαστική ταινία και στη θέση του κάθε κουβά ένα ελαστικό φύλλο που έρχεται σε επαφή με τα τοιχώματα του αναβατορίου σαν ξέστρο. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρονται ελαφρές σκόνες, όπως η σόδα, ενώ μπορεί το αναβατόριο να έχει και κάποια κλίση. Σχ. 2.2.3.1.



Σχ.2.2.3.1. Αναβatóριο με κλίση

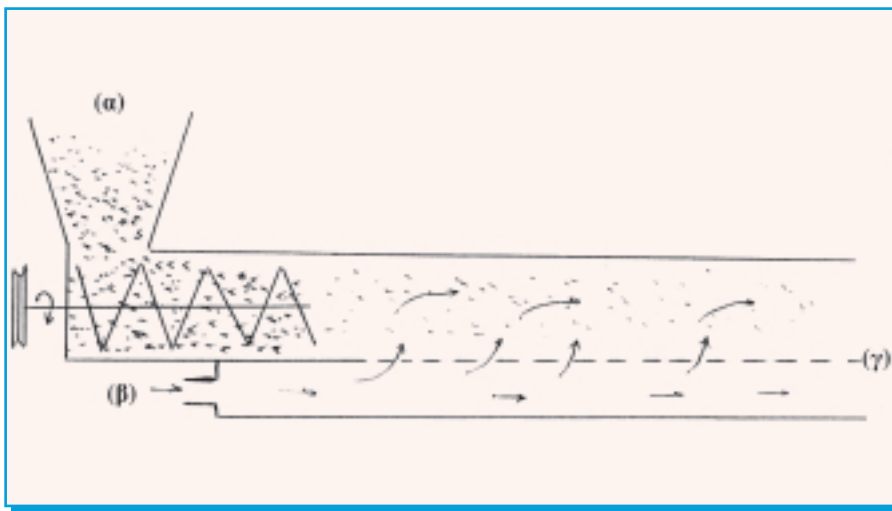
2.2.4. Άλλα συστήματα μεταφοράς στερεών

Τα στερεά σε σκόνη ή κόκκους, όπως χύμα τσιμέντο, σιτηρά, μεταλλεύματα κλπ., μπορούν να ληφθούν από τα αμπάρια πλοίων με αναρρόφηση. Το σύστημα λειτουργεί όπως η ηλεκτρική σκούπα που απορροφά αέρα. Ελαστικός σωλήνας κατέρχεται στο αμπάρι και απορροφά το υλικό που όπως ανέρχεται περνάει από κυκλώνα. Η φυγόκεντρος δύναμη το κολλάει στα τοιχώματα του κυκλώνα και κατέρχεται με τη βαρύτητα, ενώ ο αέρας χωρίς σκόνη αναρροφάται από το μέσο του κυκλώνα.



Σχ.2.2.4.1. Μεταφορά κόκκων ή κόνεων

Το τσιμέντο από τη βάση των σιλό (α) παραλαμβάνεται και μεταφέρεται με αέρα με πίεση (β). Σε σωλήνα που χωρίζεται σε όλο του το μήκος με διάτρητο έλασμα (γ), στο άνω μέρος τροφοδοτείται τσιμέντο ενώ στο κάτω μέρος τροφοδοτείται αέρας με πίεση. Ο αέρας περνάει από το διάτρητο έλασμα και έχοντας σε αιώρηση τη σκόνη του τσιμέντου την προωθεί στο άλλο άκρο όπου βρίσκεται κυκλώνας που ξεχωρίζει φυγοκεντρικά το τσιμέντο από τον αέρα. Σχ. 2.2.4.2.



Σχ.2.2.4.2. Μεταφορά τσιμέντου

Όταν σε ένα ταψί έχουμε υλικό σε κόκκους και κτυπήσουμε τον πυθμένα με γωνία 30° θα παρατηρήσουμε ότι οι κόκκοι θα κάνουν το **πήδημα του ψύλλου**. Δηλαδή θα μετακινηθούν με άλματα. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε όχι μόνο να δονούμε κόσκινα αλλά και να μεταφέρουμε υλικά σε σωλήνες ή λούκια. Με μηχανικά μέσα κτυπάμε υπό γωνία 30° το λούκι και αυτό προκαλεί την εκτίναξη του υλικού με άλματα. Αυτή η γωνία (30°) είναι ικανή όχι μόνο να κινήσει οριζόντια κοκκώδη υλικά αλλά να τα ανεβάσει σε λούκι με κλίση 20° . Με κατάλληλη γωνία δόνησης και λούκι κυκλικό σαν κυκλικό κλιμακοστάσιο με κλίση 20° , το υλικό μπορεί να ανέλθει πατώματα του εργοστασίου.

Άλλο μέσο μεταφοράς είναι το νερό. Με τους ποταμούς μεταφέρεται ξυλεία. Με νερό μεταφέρονται χώματα που αφήνουν σε εμπόδια του πυθμένα βαρύτερα ορυκτά. Με νερό καθαρίζει το στάρι από χώματα που μένουν στον πυθμένα σε εμπόδια ενώ με εμπόδια στο άνω μέρος αφαιρούνται στάχνα. Με νερό μεταφέρονται άλατα από αλατωρυχεία στη Γερμα-

νία. Με νερό με πίεση γίνονται εκσκαφές σε βράχους ενώ το ίδιο το νερό απομακρύνει τα θραύσματα.

Στα εργοστάσια θα δούμε και άλλα συστήματα μεταφοράς όπως με γερανογέφυρες, με γερανούς με αρπάγες ή μαγνήτες, με βιντς, φορτωτές και φορτηγά αυτοκίνητα. Το πιο απλό σύστημα είναι το φτυάρι που δεν λείπει από πουθενά.

2.3. Ελάττωση μεγέθους

Η ελάττωση μεγέθους στερεών γίνεται με διάφορους τρόπους που εξαρτώνται από το είδος του υλικού, από το πόσο λεπτόκοκκο πρέπει να γίνει και κυρίως από το σκοπό της άλεσης. Η άλεση ή θραύση μπορεί να γίνεται για αύξηση της επιφάνειας του υλικού όπως είπαμε για τις πρώτες ύλες του τσιμέντου ή για διαχωρισμό των πίτουρων των δημητριακών κλπ. Ανάλογα με το υλικό και το βαθμό άλεσης χρειάζεται και κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η ενέργεια συσσωρεύεται στο υλικό και το **μύλο** που πρέπει κατάλληλα να ψύχεται ώστε να μειωθεί η φθορά της μηχανής και να μην υποστεί κάποια αλλοίωση το υλικό που κατεργάζεται. Η ελάττωση μεγέθους μπορεί να γίνει με θραύση, συντριβή και άλεση.

2.3.1. Θραυστήρες

Οι **θραυστήρες** σπάζουν τα υλικά με συμπίεση, τριβή, κρούση. Το ποσοστό κάθε δράσης εξαρτάται από τον τύπο του θραυστήρα και τις ιδιότητες του υλικού. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται ο κατάλληλος θραυστήρας ώστε να έχει μεγαλύτερη απόδοση σε βάρος υλικού ανά ώρα με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

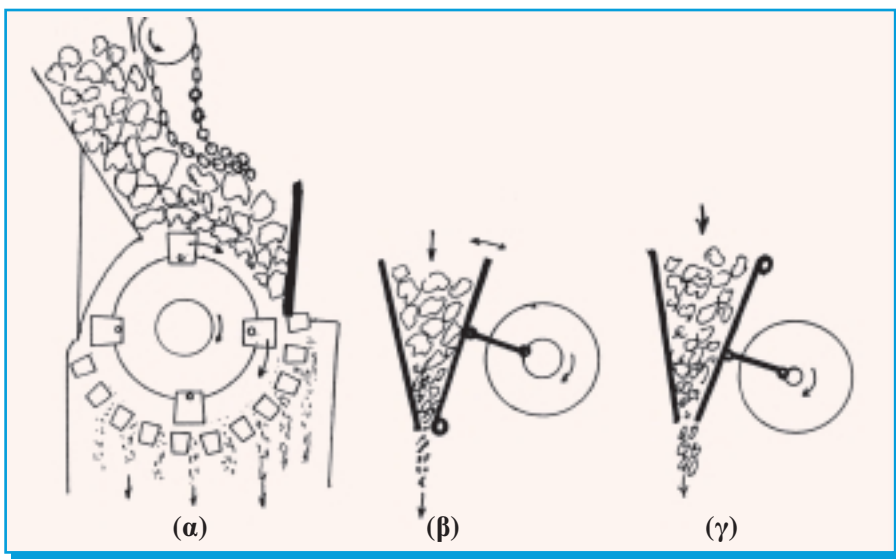
Σε κάθε θραυστήρα θα δούμε χαρακτηριστικά λειτουργίας που θα αναφέρονται στο άνοιγμα τροφοδοσίας, στο μέσο μέγεθος προϊόντος και στο μέσο βάρος κατεργαζομένου υλικού ανά ώρα, ενώ η ισχύς που καταναλώνει εξαρτάται από το υλικό που κατεργάζεται.

Ανάλογα με το υλικό που κατεργαζόμαστε επιλέγουμε θραυστήρα. Μπορεί δύο τύποι θραυστήρα να δίνουν προϊόν με μέση διάμετρο 7 cm. Ο ένας μπορεί να δίνει κόκκους από 2 μέχρι 10 cm και ο άλλος από 0 μέχρι 12 cm, ενώ άλλοτε θέλουμε να έχουμε ομοιόμορφους κόκκους για ομαλή τροφοδοσία π.χ. γαιανθράκων στις εστίες και άλλοτε μας ενδιαφέρει η θραύση σαν ένα ενδιάμεσο στάδιο της συντριβής και της άλεσης.

Οι θραυστήρες μπορεί να λειτουργούν με σιαγόνες, οπότε η μία είναι

ακίνητη και η άλλη κινείται με έκκεντρο από τον κινητήρα με άξονα περιστροφής στο άνω μέρος, οπότε το κάτω άνοιγμα αυξομειώνεται και δίνει ανομοιόμορφο υλικό ή περιστρέφεται η σιαγόνα στο κάτω μέρος. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν ελατήρια για υπερφόρτωση των θραυστήρων και ασφάλειες από μεταλλικούς πύρους που σπάζουν σε περίπτωση μεγαλύτερης υπερφόρτωσης που θα μπορούσε να καταστρέψει τον κινητήρα.

Άλλος τύπος θραυστήρων είναι με περιστρεφόμενο κώνο, όπως είναι ο μύλος του καφέ. Η απόδοση αυξάνει αλλά αυξάνει και η ανομοιομορφία του υλικού όταν ο κώνος γυρίζει γύρω από άξονα που αλλάζει κυκλικά θέση αυξομειώνοντας έτσι το διάστημα μεταξύ των κώνων. Άλλοι μύλοι λειτουργούν με τη βοήθεια ενός ή δύο οδοντωτών τροχών που περιστρέφονται αντίθετα και συνθλίβουν το υλικό μεταξύ τους. Οι σφυρόμυλοι στην πράξη είναι θραυστήρες που αποτελούνται από δίσκους ή ακτίνες που έχουν εύκαμπτα βάρη περιφερειακά σαν σφυριά. Με την περιστροφή τα σφυριά κτυπούν το υλικό, το θρυμματίζουν και το αναγκάζουν να περάσει από ανοίγματα παράλληλα προς τον άξονα περιστροφής.



Σχ. 2.3.1.1. Θραυστήρες με σφυριά (α), και με σιαγόνες (β) και (γ)

Τα εργοστάσια Dodge δίνουν τα πιο κάτω στοιχεία για θραυστήρες με σιαγόνες που προσφέρουν. Εννοείται ότι η ισχύς εξαρτάται από το υλικό που θραύεται.

Άνοιγμα Τροφοδοσίας (cm)	Ωριαία παραγωγή (kg)				Απαιτούμενη Ισχύς (HP)
	Μέγεθος προϊόντος (mm)				
	13	18	25	38	
10 x 15	250	500	1000	-	3
17 x 23	-	1000	2000	3000	6
20 x 30	-	1500	3000	4000	10
28 x 38	-	2000	4000	6000	15

2.3.2. Μύλοι

Το υλικό μετά τη θραύση αποκτά μέγεθος από ρεβύθι μέχρι καρύδι (15 – 40 mm περίπου). Οι θραυστήρες δεν μπορούν να ελαττώσουν άλλο το μέγεθος επειδή οι οδοντωτές πλάκες από μαγγανιοχάλυβα των θραυστήρων δεν μπορούν να έχουν πυκνότερη οδόντωση για λόγους αντοχής. Το υλικό αν πρόκειται να αλεστεί μέχρι να γίνει φαρίνα μπορεί προηγουμένως να υποστεί μια προάλεση σε μύλους συντριβής που του μειώνουν τη μέση διάμετρο από 1 μέχρι 10 mm. Ακολουθεί τότε η κύρια άλεση σε **μύλους**. Αυτοί μπορεί να έχουν τη μορφή των μύλων του ελαιотριβείου, όπου 2 – 3 τροχοί μεγάλου βάρους κυλίνουν σε επίπεδο δάπεδο και περιστρέφονται γύρω από άξονες οριζόντιους που είναι προσαρμοσμένοι σε κατακόρυφο άξονα στο κέντρο του δαπέδου. Με τον τρόπο αυτό αλέθουν τα συστατικά του μαύρου μπαρουτιού.

Μια πιο απλή μορφή μύλων με καλύτερη απόδοση είναι οι σφαιρόμυλοι. Είναι κύλινδροι ντυμένοι εσωτερικά με πλάκες ανθεκτικές στις κρούσεις που περιστρέφονται με το υλικό μαζί με χαλύβδινες σφαίρες που συνεχώς πέφτουν επάνω στις άλλες σφαίρες και το υλικό που αλέθεται. Μια βελτίωση του συστήματος είναι ο διαχωρισμός του κυλίνδρου σε διαμερίσματα. Στο πρώτο τρίτο του μήκους του οι σφαίρες είναι μεγαλύτερες π.χ. 10 cm, το μεσαίο τμήμα έχει σφαίρες διαμέτρου 5 cm και το τελευταίο τμήμα έχει σφαίρες διαμέτρου 2 cm. Τα τρία τμήματα χωρίζονται με κόσκινα ανάλογου ανοίγματος για να μην αναμειχθούν οι σφαίρες. Ανάλο-

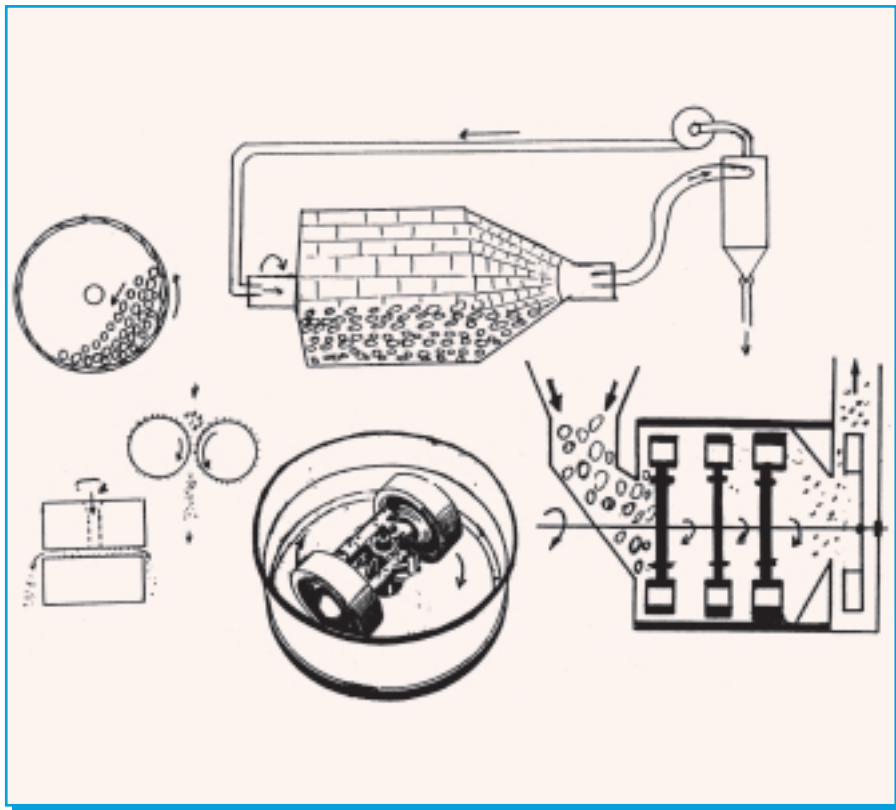
για με το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό ή αέρας για τη μεταφορά της σκόνης από το ένα τμήμα στο άλλο και απ' εκεί στην έξοδο. Με τη συνεχή λειτουργία του συστήματος δεν έχουμε άσκοπο κτύπημα της ήδη λεπτής σκόνης. Το ρεύμα του αέρα θα την παρασύρει από όποιο τμήμα του κυλίνδρου παραχθεί. Ομοίως το μέγεθος της σκόνης γίνεται πιο ομοιόμορφο και η απόδοση αυξάνει αν αντί για σφαίρες στο μύλο έχουμε κυλίνδρους. Έτσι οι κύλινδροι δεν χτυπούν όλους τους κόκκους, αλλά τους πιο μεγάλους, επειδή δεν χτυπούν σε σημείο αλλά σε όλο τους το μήκος.

Σαν παράδειγμα ένας σφαιρόμυλος απλού διαμερίσματος διαμέτρου 1,5 m και μήκους 2 m μπορεί να περιέχει σφαίρες διαμέτρου 10 cm συνολικού βάρους 3,5 τόνων και να αλέθει 100 τόνους την ώρα από διάμετρο 10 mm σε διάμετρο 0,2 mm.

Τα εργοστάσια κατασκευής μύλων δίδουν διαστάσεις μύλων, ικανότητα παραγωγής, φορτίο σφαιρών, ταχύτητα περιστροφής και ιπποδύναμη για την περιστροφή με όρια $\pm 20\%$.

Ένας άλλος τύπος μύλων είναι αυτός για την άλεση δημητριακών. Είναι οι κυλινδρόμυλοι. Αυτοί δεν έχουν σκοπό να κάνουν απλά αλεύρι το σάρι ή άλλα δημητριακά, αλλά και να το ξεχωρίζουν σε διάφορα προϊόντα ανάλογα με το βάθος του κόκκου. Οι κυλινδρόμυλοι αποτελούνται από δύο παράλληλους κυλίνδρους οριζόντιους με μικρή απόσταση μεταξύ τους που έχουν ορθογώνιες αυλακώσεις κατά μήκος. Ο ένας περιστρέφεται πιο γρήγορα από τον άλλον και χτυπά τους κόκκους που έχουν κρατηθεί στις αυλακώσεις του άλλου. Με το σπάσιμο αυτό λαμβάνεται το εσωτερικό του κόκκου, το σιμιγδάλι, με κοσκίνισμα. Το υπόλοιπο τρίβεται σε άλλους κυλίνδρους κ.ο.κ. μέχρι να μείνει το εξωτερικό του καρπού, το φλούδι ή πίτουρο. Με αναμείξεις των προϊόντων άλεσης έχουμε τους διάφορους τύπους αλεύρων, για διάφορες χρήσεις.

Όταν κονιοποιούμε ένα υλικό προκειμένου να αποκτήσει μεγάλη επιφάνεια και να αντιδράσει με άλλες σκόνες ή ρευστά, πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη ότι ανάλογα με το υλικό η επιφάνεια που παράγεται μπορεί να είναι 1,4 φορές (για την άμμο) μέχρι 2,2 φορές (για αργιλώδη χώματα, άνθρακα κλπ.) μεγαλύτερη από την επιφάνεια που παρουσιάζει σκόνη ίσης διαμέτρου σφαιρικού σχήματος.



Σχ.2.3.2.1. Διάφοροι τύποι μύλων

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Επειδή η προμήθεια πρώτων υλών και πολλές επεξεργασίες γίνονται κατά παρτίδες, χρειάζονται αποθήκες. Εκεί μπορεί να αναμένουν ή να αναμειγνύονται ή να ωριμάζουν με χημική διεργασία.
- Η μεταφορά υλικών απαιτεί ενέργεια και μηχανολογικό εξοπλισμό. Η οικονομία επιτυγχάνεται με ελάττωση των διαδρομών και τροφοδοσία με τη βαρύτητα.
- Με θραύση του υλικού με θραυστήρες και άλεση σε μύλους αυτό μεταφέρεται εύκολα, διαχωρίζεται στα συστατικά του και αποκτά μεγάλη επιφάνεια για να αντιδρά χημικά.
- Σε σωρούς αποθηκεύεται το αλάτι, η άμμος, ο ελαιοπυρήνας, τα λιπάσματα, οι γαιάνθρακες. Η γωνία φόρτωσης καθορίζει το χώρο που καταλαμβάνει το υλικό. Τα λιπάσματα και οι γαιάνθρακες προστατεύονται από βροχή και άνεμο.
- Σε σιλό φυλάσσονται κονιώδη ή κοκκώδη υλικά. Διαθέτουν τροφοδοτική διάταξη για εκκένωση ή σύστημα αέρα για ανάδευση και μεταφορά του υλικού.
- Το κόστος των προϊόντων επιβαρύνεται από τις μεταφορές υλικών στο εργοστάσιο. Οικονομική είναι η μεταφορά στερεών με ταινίες σε γωνία μικρότερη της γωνίας φόρτωσης.
- Οι κοχλίες μεταφέρουν ή αναμειγνύουν και μεταφέρουν κόκκους ή σκόνες.
- Τα αναβατόρια ανεβάζουν σκόνες με κουβάδες σε αλυσίδες κατακόρυφα, ενώ οι ταινίες με ξέστρα μπορούν να ανεβάζουν σκόνες σε ημικυλινδρικό λούκι υπό γωνία.
- Σκόνες ή κόκκοι λαμβάνονται από αμπάρια με αναρρόφηση ενώ το τσιμέντο κυρίως μεταφέρεται σε αιώρηση με ρεύμα αέρα.
- Με το πήδημα του ψύλλου κοκκώδη υλικά ανέρχονται πατώματα με ελικοειδές λούκι.
- Το νερό μεταφέρει, καθαρίζει, διαχωρίζει υλικά. Η ξυλεία συνήθως μεταφέρεται από ποταμό.
- Ο τρόπος ελάττωσης μεγέθους υλικού (με κρούση, συμπίεση ή και τριβή) εξαρτάται από την ευπάθειά του και απαιτείται ενέργεια ανάλογα με το βαθμό ελάττωσης μεγέθους, τη φύση του υλικού και το ρυθμό παραγωγής.
- Μετά από προάλεση σε μύλους συντριβής, το υλικό αλέθεται σε φαρίνα σε μύλους, σφαιρόμυλους και κυλινδρόμυλους και διαχωρίζεται με ρεύμα αέρα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Στις αποθήκες ισχύει το σύστημα να εξάγεται από την αποθήκη πρώτα όποιο υλικό φυλάχτηκε πρώτο. Αυτό ισχύει για όλα τα υλικά;
2. Το κοκκινόχωμα μετά την άλεση και διαβροχή του φυλάσσεται για ενυδάτωση πριν μορφοποιηθεί σε τούβλα. Η φύλαξή του είναι φυσική ή χημική διεργασία;
3. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει μια κατεργασία ενός υλικού σε μια συσκευή υπό συνεχή ροή;
4. Για την κατασκευή των σιλό πώς θεωρούνται τα κοκκώδη υλικά, σαν στερεά ή σαν υγρά;
5. Στα περισσότερα εργοστάσια οι πρώτες ύλες φορτώνονται σε μεγάλο ύψος του εργοστασίου, όπως το νερό και τα καύσιμα. Ποιο είναι το όφελος;
6. Λέγοντας ελάττωση μεγέθους ενός υλικού από 10 mm σε διάμετρο 1 mm εννοούμε ότι όλοι οι κόκκοι ήταν διαμέτρου 10 mm και όλοι έγιναν 1 mm; Από τι εξαρτάται η ποικιλία μεγεθών;
7. Αν ένα υλικό είναι σε λεπτή σκόνη πού μπορεί να φυλαχτεί και πώς μπορεί να μεταφερθεί;
8. Ο κυκλώνας στο τέλος της διαδρομής της μεταφοράς του τσιμέντου σε σκόνη, τι ρόλο παίζει και σε ποια αρχή βασίζεται η λειτουργία του;
9. Μπορεί η γωνία φόρτωσης ενός υλικού να αλλάξει με τον καιρό ή με άλλες συνθήκες;
10. Αν η γωνία φόρτωσης ενός υλικού είναι 20° και το σημείο φόρτωσης είναι 100 μέτρα μακρύτερα από το σημείο εκφόρτωσης και 50 μέτρα υψηλότερα, πόσες ταινίες των 20 μέτρων θα χρησιμοποιηθούν;

11. Η φύλαξη γαιανθράκων στο ύπαιθρο είναι απλή φύλαξη ή εκεί συντελείται κάποια αλλαγή στην κατάστασή τους;
12. Μπορούμε να μεταφέρουμε γαιάνθρακα με λούκι (όχι ταινία) από μεγάλο ύψος σε μικρό με τη βαρύτητα;
13. Με ποιο τρόπο μπορούμε να αναμειγνύουμε δύο σκόνες κατά τη μεταφορά τους από δύο σιλό;
14. Μπορεί ένα αναβατόριο να έχει κλίση ως προς την κατακόρυφο;
15. Ποια υλικά μπορούν να μετακινηθούν με δονήσεις (πήδημα ψύλλου) και ποια είναι τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου;
16. Το νερό των ποταμών που μεταφέρει ξυλεία, μήπως κάνει κάποια επεξεργασία στα ξύλα;
17. Από τι εξαρτάται το σύστημα θραύσης που θα επιλέξουμε;
18. Πότε προτιμάται η άλεση σε ομοιόμορφους κόκκους και πότε η θραύση σε ανομοιόμορφους; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα σε κάθε περίπτωση;
19. Τα υλικά σπάζουν με συμπίεση, τριβή, τομή και κρούση. Ποιες από τις δυνάμεις δρουν στους κυλινδρόμυλους αλεύρων, στον σφυρόμυλο ασβεστόλιθου, στο μύλο του ελαιοτριβείου, στο σφαιρόμυλο;

1η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

α) Σκοπός της άσκησης είναι:

- να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη λειτουργία των θραυστήρων, των μύλων και των κοσκίνων
- να διερευνήσουν την κατανομή των μεγεθών των κόκκων που προκύπτουν από τη θραύση στερεού υλικού
- να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα της διεργασίας θραύσης.

β) Εισαγωγή

Τα προϊόντα θραύσης δεν έχουν το ίδιο μέγεθος. Συχνά το λεπτόκοκκο υλικό έχει παρασυρθεί από άνεμο, ενώ με τη βροχή η λεπτή άμμος παρασύρεται στα κατώτερα στρώματα του σωρού της άμμου.

Παίρνοντας δείγμα υλικού από ένα σωρό θα πρέπει να φανταστούμε το σωρό κομμένο σε φέτες με οριζόντια επίπεδα. Όσο πιο κοντά στη βάση είναι μια φέτα τόσο πιο πολύ υλικό αντιπροσωπεύει και τόσο περισσότερα δείγματα θα πάρουμε απ' αυτή για να σχηματίσουμε το δείγμα για ανάλυση.

Το δείγμα φέρεται στο εργαστήριο σε αδιάβροχο ή πλαστικό σάκο, και επειδή είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που μπορούμε να αναλύσουμε κάνουμε τεταρτομερισμό. Δηλαδή το σωρό που σχηματίζουμε με το περιεχόμενο του σάκου τον διαμορφώνουμε σε κώνο και τον κόβουμε σε τέσσερα ίσα μέρη με κατακόρυφα επίπεδα με μια πήχη. Αφαιρούμε τα δύο απέναντι τεταρτημόρια, σκουπίζουμε το πάτωμα στη θέση τους και αναμειγνύουμε τα δύο υπόλοιπα τεταρτημόρια. Επαναλαμβάνουμε την ίδια εργασία μέχρι να φθάσουμε το βάρος που μπορούν να κοσκινίσουν τα κόσκινά μας.

γ) Απαιτούμενα υλικά και σκεύη

Άμμος νταμαριού στεγνή. Αν έχει υγρασία την ξηραίνουμε σε πυριατήριο

Σειρά κοσκίνων με διάμετρο οπής 0,2 – 1 – 3 – 5 – 7 – 10 mm

Σύστημα δόνησης των κόσκινων (σειστόρο)
Ζυγαριά μεγίστου 5 χιλιογράμμων
Δοχείο όγκου 1 λίτρου
Νερό
Σέσουλα
Βούρτσα
Ράβδος ανάδευσης



Σχ. Ασκ. 1.1

δ) Πορεία εργασίας

Καθαρίζουμε τα κόσκινα με βούρτσα και αν υπάρχουν κόκκοι μέσα στις οπές κτυπάμε ανάποδα και ελαφρά τα κόσκινα επάνω στον πάγκο. Αν κάποιος κόκκος δεν βγει μόνο με αυτό το κτύπημα τον αφήνουμε εκεί. Δεν τον αφαιρούμε.

Βάζουμε τα κόσκινα στη σειρά 0,2 – 1 – 3 – 5 – 7 – 10 mm το ένα επάνω στο άλλο και τη βάση τους, κάτω από το 0,2 κόσκινο.

Ζυγίζουμε 5 χιλιογράμματα άμμου από το τεταρτομερισμένο δείγμα και το εισάγουμε στο άνω κόσκινο των 10 mm. Καλύπτουμε το σύστημα, δονούμε στο σειστόρο επί 3 λεπτά.

Αφήνουμε λίγα δευτερόλεπτα να φύγει η σκόνη και αφαιρούμε ένα ένα τα κόσκινα ζυγίζοντας το περιεχόμενό τους. Έστω ότι τα βάρη των κλασμάτων σε κάθε κόσκινο είναι όπως στον πίνακα. Α-

ριστερά βάζουμε τα κόσκινα και δεξιά τα βάρη της άμμου που συγκρατήθηκαν σ' αυτά.

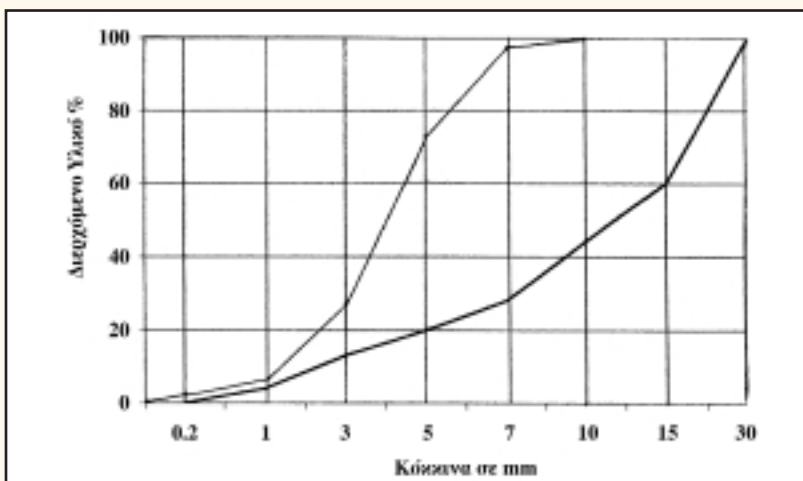
Κόσκινο mm	Συγκρατεί g	Διορθωμένα	Διερχόμενο %
10	0,0	0,0	100
7	100	100	98
5	1200	1215	73,7
3	2350	2370	26,3
1	1000	1015	6,0
0,2	200	200	3,0
πυθμένας	100	100	-
Σύνολο	4950	5000	

Προσθέτουμε τα βάρη και παρατηρούμε ότι λείπουν 50 γραμμάρια από τα 5 χιλιόγραμμα. Αυτή η απώλεια είναι 1%. Αν ήταν μεγαλύτερη θα επαναλαμβάναμε το κοσκίνισμα. Τώρα τα 50 γραμμάρια τα μοιράζουμε αναλογικά στα βαρύτερα κλάσματα ώστε το άθροισμα να είναι 5 χιλιόγραμμα.

Εφόσον στο κόσκινο των 10 mm δεν έμεινε τίποτα σημαίνει ότι πέρασε από αυτό όλο το υλικό, 100%. Από το κόσκινο των 7 mm πέρασε όλο εκτός από 100 γραμμάρια. Δηλαδή πέρασαν 4900 γραμμάρια που είναι το 98%. Από το κόσκινο των 5 mm πέρασαν όλα τα βάρη που είναι κάτω απ' αυτό, δηλαδή $2370 + 1015 + 200 + 100 = 3685$ γραμμάρια που είναι το 73,7%, ενώ από τα κόσκινα των 3 mm και 1 mm πέρασαν αντίστοιχα 1315 και 300 γραμμάρια, δηλαδή 26,3% και 6,0% αντίστοιχα. Από το κόσκινο 0,2 mm πέρασαν 100 γραμμάρια υλικού που αντιστοιχεί σε 3,0%.

Με τα ποσοστά των διερχομένων και τη διάμετρο των κοσκίων χαράζουμε διάγραμμα, δηλαδή την καμπύλη που αντιστοιχεί σ' αυτό το δείγμα άμμου (Σχ.Ασκ.1.2.). Ένα χαλίκι με μέγιστη διάμετρο κάτω των 30 mm θα μας έδινε τη δεξιά καμπύλη.

Αντί να κάνουμε τεταρτομερισμό δείγματος μπορούμε να αλέσουμε ένα υλικό αν διαθέτουμε μύλο και να κάνουμε την κοκκομετρική ανάλυσή του σε διάφορες συνθήκες εργασίας για να πάρουμε με διάφορες καμπύλες κοκκομετρικής ανάλυσης.






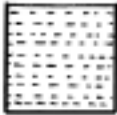
Σχ. Ασκ. 1.2

Μπορούμε να αλέσουμε για δεύτερη ή τρίτη φορά το υλικό και να συγκρίνουμε τις καμπύλες της κοκκομετρικής ανάλυσης.

Με ένα δεύτερο πείραμα μπορούμε να βρούμε άλλα στοιχεία του προϊόντος της άλεσης (Σχ.Ασκ.1.3.).

Ζυγίζουμε το δοχείο χωρητικότητας ενός λίτρου κενό. Έστω 500 γραμμάρια το βάρος του. Το ζυγίζουμε με την άμμο από την οποία πήραμε δείγμα και αν το μεικτό βάρος βρεθεί 2400 γραμμάρια σημαίνει ότι η άμμος ήταν 1900 γραμμάρια. Αν τώρα το δοχείο το ζυγίσουμε γεμάτο με το κλάσμα κοσκινίσματος που έμεινε στο κόσκινο των 3 mm θα ζυγίζει έστω 2190 γραμμάρια. Δηλαδή απ' αυτό το κλάσμα το δοχείο γέμισε με $2190 - 500 = 1690$ γραμμάρια.

Πλένουμε το δοχείο εσωτερικά και το γεμίζουμε με νερό. Το ζυγίζουμε για να ελέγξουμε την χωρητικότητά του. Αν ζυγίζει γεμάτο νερό 1530 γραμμάρια σημαίνει ότι έχει χωρητικότητα 1030 γραμμάρια, επειδή το ειδικό βάρος του νερού το θεωρούμε ίσο με τη μονάδα (ένα λίτρο ζυγίζει ένα χιλιόγραμμο).





			
Δοχείο κενό	Δοχείο με άμμο δείγματος	Δοχείο με άμμο κόσκινου 3mm	Δοχείο με νερό
500 g	2400 g	2190 g	1530 g
βάρος καθαρό	1900 g	1690 g	1030 g
φαινόμενο βάρος	$1,9=1,03=1,84$	$1,69=1,03=1,64$	χιλιόγραμμα ανά λίτρο

Σχ. Ασκ. 1.3

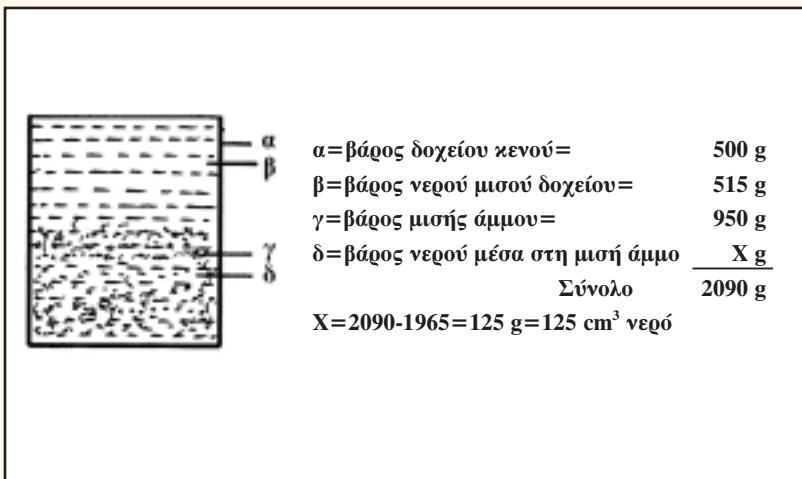
Δηλαδή το υλικό με ποικιλία μεγεθών κόκκων είναι πιο πυκνό επειδή οι μικροί κόκκοι εισέρχονται στα διάκενα των πιο μεγάλων. Για το λόγο αυτό όταν παρασκευάζεται μπετόν, στο χαλίκι προσθέτουν 45 – 55% άμμο ώστε να αυξηθεί η αντοχή του ελαττώνοντας τα διάκενα μεταξύ των χαλικιών. Η αναλογία εξαρτάται από τις καμπύλες κοκκομετρίας σύνθεσης χαλικιών και άμμου.

Συνεχίζουμε το πείραμα για να δούμε το ποσοστό του αέρα που είναι μεταξύ των κόκκων της άμμου (Σχ. Ασκ.1.4., 1.5. και 1.6.).

Θέτουμε το δοχείο στο ζυγό και του προσθέτουμε νερό μέχρι να δείξει μεικτό βάρος 1000 γραμμάρια. Του προσθέτουμε $1900:2 = 950$ γραμμάρια άμμου του δείγματος, αναμειγνύουμε και προσθέτουμε νερό μέχρι να γεμίσει. Ζυγίζουμε και παίρνουμε το βάρος του. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο με άμμο από το κόσκινο των 3 mm.

			
Δοχείο κενό	Δοχείο με νερό	Δοχείο με νερό και 950 g άμμου	Δοχείο με την άμμο γεμάτο νερό
500 g	$500+500=1000$ g	$1000+950=1950$ g	2090 g

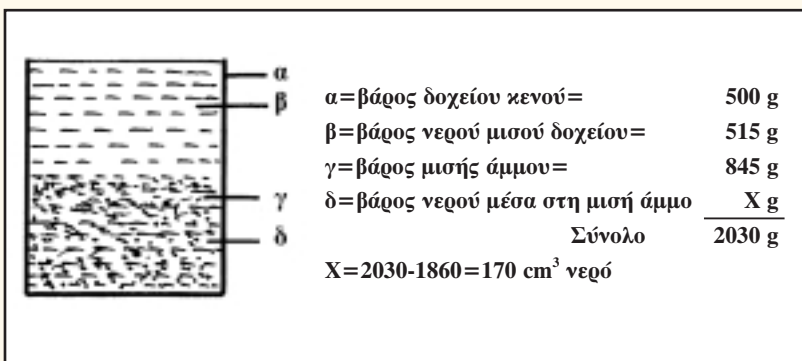
Σχ. Ασκ. 1.4



Σχ. Ασκ. 1.5

Από τα πιο πάνω παρατηρούμε ότι ανάμεσα στην άμμο βάρους 950 γραμμαρίων ή φαινομένου όγκου 515 κυβικών εκατοστών υπάρχουν κενά 125 κυβικών εκατοστών. Ο πραγματικός όγκος είναι $515 - 125 = 390 \text{ cm}^3$, δηλαδή η άμμος καταλαμβάνει $390:515 = 75,7\%$ του όγκου της ενώ το υπόλοιπο 24,3% είναι κενά που κατέλαβε το νερό. Δηλαδή ο πραγματικός όγκος των 950 γραμμαρίων άμμου είναι 390 κυβικά εκατοστά και το ειδικό βάρος του πετρώματος είναι $950:390 = 2,44 \text{ g/cm}^3$.

Το ίδιο επαναλαμβάνουμε με το κλάσμα της άμμου που παίρνουμε από το κόσκινο των 3 mm, και έχουμε:



Σχ. Ασκ. 1.6

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι ανάμεσα στην άμμο του κόσκινου των 3 mm βάρους 845 g υπάρχουν κενά 170 κυβικών εκατοστών. Ο πραγματικός όγκος είναι $515 - 170 = 345 \text{ cm}^3$, δηλαδή η άμμος καταλαμβάνει $345:515 = 67,0\%$ του όγκου της ενώ το υπόλοιπο 33,0% είναι κενά. Ο πραγματικός όγκος των 845 γραμμαρίων άμμου του κόσκινου των 3 mm είναι 345 κυβικά εκατοστά και το ειδικό βάρος του πετρώματος είναι $845:345 = 2,45 \text{ g/cm}^3$.

Από τα πιο πάνω παρατηρούμε ότι όταν το υλικό έχει ποικιλία μεγεθών κόκκων παρουσιάζει λιγότερα κενά.

Μπορούμε ακόμη να κάνουμε και άλλη μέτρηση. Να βρξέσουμε 100 γραμμάρια από τα κλάσματα από το κάθε κόσκινο και αφού στραγγίσουν να τα ζυγίσουμε. Θα παρατηρήσουμε ότι τα λεπτότερα κλάσματα της άμμου συγκρατούν περισσότερο νερό, πράγμα που σημαίνει ότι οι λεπτότεροι κόκκοι έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια ανά γραμμάριο βάρους, επειδή μόνο στην επιφάνεια συγκρατείται το νερό.

ε) Ερωτήσεις

1. Αν αντί άμμου εξετάζουμε ζάχαρη, ποιες αλλαγές θα κάνουμε;
2. Μπορούμε να κοσκινίζουμε την άμμο με ένα – ένα κόσκινο;
3. Μπορούμε να κοσκινίζουμε με ένα – ένα κόσκινο αρχίζοντας από το κόσκινο 0,2 mm (δηλαδή με αντίστροφη πορεία);
4. Πού οφείλονται οι απώλειες στο κοσκίνισμα και πώς μπορούμε να τις αποφύγουμε;
5. Σε τι μας εξυπηρετεί η χάραξη γραμμών με την κοκκομετρική σύνθεση των υλικών;
6. Έχει παρατηρηθεί πειραματικά ότι τα λιγότερα κενά αφήνουν τα κοκκώδη υλικά που η καμπύλη κοκκομετρικής σύνθεσής τους πλησιάζει την ευθεία. Έχει αυτό κάποια εφαρμογή;
7. Αν το υλικό είναι σκληρό και θα κατέστρεφε τα κόσκινα, υπάρχει τρόπος να του κάνουμε κοκκομετρική ανάλυση;
8. Γιατί πριν εισάγουμε την άμμο στο δοχείο, τη δεύτερη φορά, προσθέτουμε πρώτα το νερό;
9. Αν το υλικό είναι πορώδες και δεν θέλουμε να μετρηθούν οι πόροι σαν κενά, πώς θα εργασθούμε;
10. Με ποιο τρόπο θα συγκρίνουμε δύο δείγματα ενεργού άνθρακα ως προς τη δραστικότητά τους;