



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ
ΜΙΚΤΟΥ ΘΕΙΟΥΧΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπέκας Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Τσακαλάκης Κωνσταντίνος
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή στις/...../.....

Τσακαλάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής, (Υπογραφή)

Αναστασάκης Γεώργιος, Καθηγητής, (Υπογραφή)

Ξενίδης Ανθιμος, Επικ. Καθηγητής, (Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ, 2011

Copyright © Μπέκας Κωνσταντίνος, 2011

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

*Στη Μητέρα μου
και στον Πατέρα μου...*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011 στον Τομέα Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αναφέρεται στην προκαταρκτική μελέτη εργοστασίου εμπλουτισμού με διαφορεική επίπλευση μικτού θειούχου μεταλλεύματος Γαληνίτη(PbS) – Σφαλερίτη(ZnS).

Θεωρώ χρέος μου να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του Τομέα Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών και Διευθυντή του Εργαστηρίου Εμπλουτισμού των Μεταλλευμάτων κ. Κ.Τσακαλάκη, κατ'αρχήν για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου τη μελέτη αυτή, και επιπλέον για την αμέριστη βοήθειά του κατά την εκπόνησή της.

Ευχαριστώ επίσης, τους κ.κ. Γ.Αναστασάκη, Καθηγητή και Άν.Ξενίδη, Επικ. Καθηγητή καθώς και τον κ. Α.Ζ.Φραγκίσκο, Ομότιμο Καθηγητή για τη βοήθεια που μου προσέφεραν.

Επιθυμώ, τέλος να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον κ. Αχ.Γάτσιο, Μηχ.Μετ.-Μετ. και Υπεύθυνο Παραγωγής του Εργοστασίου Εμπλουτισμού της εταιρείας «Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.» στο Στρατώνι Χαλκιδικής, για την πολύτιμη βοήθεια του.

Αθήνα, 2011

Μπέκας Κωνσταντίνος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στον υπολογισμό, τον σχεδιασμό και την τεχνικο-οικονομική ανάλυση ενός εργοστασίου εμπλουτισμού μικτού θειούχου μεταλλεύματος Γαληνίτη – Σφαλερίτη (PbS – ZnS) με την μέθοδο της διαφορικής επίπλευσης. Το προς επεξεργασία μετάλλευμα έχει περιεκτικότητες 6,0% σε Pb και 2,78% σε Zn. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς και με βάση τα δεδομένα της μελέτης, προκύπτει ότι για κάθε 100 t μεταλλεύματος που επεξεργάζονται, παράγονται 10,625 t συμπυκνώματος PbS, 3,268 t συμπυκνώματος ZnS και 86,09 t απορρίμματος. Η τροφοδοσία του εργοστασίου ανέρχεται σε 50 t/h. Ο σχεδιασμός του εργοστασίου έγινε με βάση τη γενική περίπτωση επικλινούς εδάφους και όχι βάση συγκεκριμένου τοπογραφικού χάρτη. Έπειτα από οικονομική ανάλυση του όλου έργου, υπολογίσθηκε πως η επιχείρηση θα έχει ετήσια κέρδη πάνω από 6,5 εκατομμύρια € και το οικονομικό περιθώριο της εκμετάλλευσης θα είναι περίπου 35%. Συνεπώς, όλο το έργο θα λειτουργεί αποτελεσματικά και θα αποφέρει οικονομικά οφέλη.

SUMMARY

The present diploma thesis deals with the calculation, design and technical-economic analysis of a Galena - Sphalerite (PbS – ZnS) ore processing plant by the method of the differential flotation. The mean concentrations of the processed ore are 6.0% Pb and 2.78% Zn. According to the calculations and the data of the study, for every 100 t of ore processed 10,625 t PbS concentrate and 3,268 t ZnS concentrate are produced, while 86,09t of tailings are co-produced. The plant capacity is 50t/h of mixed sulfide ore. The designing process of the plant was made on the basis of the general case of sloping ground and not on a specific topography map. After the economic analysis of the whole project, it was estimated that the company would have annual earnings of over 6.5 million € and the financial margin of the holding will be about 35%. Therefore, the entire project is expected to be efficient and will bring economic benefits to the investment group.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
1.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ	11
1.3	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ Pb ΚΑΙ Zn	13
2.1	ΜΟΛΥΒΔΟΣ	14
2.2	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	17
2.3	ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Pb ΚΑΙ Zn	21
2.3.1	ΓΕΝΙΚΑ	21
2.3.2	ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ Pb-Zn ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	22
2.4	ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ	25
2.4.1	ΓΕΝΙΚΑ	25
2.4.2	ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΜΙΚΤΟΥ ΘΕΟΙΟΥΧΟΥ ΜΕΤ/ΤΟΣ PbS - ZnS	28
3	ΑΡΧΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	30
3.1	ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΩΝ	31
3.2	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	33
4	ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ	35
4.1	ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ	36
5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	46
5.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΗΚΩΝ	48
5.1.1	ΠΡΩΤΗ ΑΠΟΘΗΚΗ	48
5.1.2	ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΟΘΗΚΗ	48
5.1.3	ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ	48
5.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΝΟΥΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΩΝ	49

5.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΡΑΥΣΤΗΡΑ ΣΙΑΓΟΝΩΝ	51
	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ	
5.4	ΘΡΑΥΣΗΣ	53
5.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΥ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	54
5.6	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΩΝΙΚΟΥ ΘΡΑΥΣΤΗΡΑ	58
5.7	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ	60
5.8	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΛΕΙΟΤΡΙΒΙΣΗΣ	66
5.9	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΑΒΔΟΜΥΛΟΥ	68
5.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΙΡΟΜΥΛΟΥ	69
5.11	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗ	71
5.12	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΛΦΟΥ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ	74
5.13	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΩΝ	75
5.13.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΗ PbS	75
5.13.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΗ ZnS	75
5.14	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΨΕΛΩΝ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ	77
5.15	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ	79
5.15.1	ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ PbS	79
5.15.2	ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ ZnS	80
5.15.3	ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΤΕΛΜΑΤΟΣ	80
5.16	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΗΘΗΤΗΡΩΝ	82
5.16.1	ΔΙΗΘΗΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ PbS	82
5.16.2	ΔΙΗΘΗΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ ZnS	82
5.17	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΩΝ	84
5.18	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	88
6	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	89
6.1	ΓΕΝΙΚΑ	90
6.2	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	91
6.3	ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ	92
7	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	94
7.1	ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΑΠΑΝΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	95
7.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	96

7.3	ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	96
7.4	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ	97
7.5	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	100
8	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
8.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	103
8.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	104
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	105
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	109

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο υπολογισμός, ο σχεδιασμός και η τεχνικο-οικονομική ανάλυση εργοστασίου εμπλουτισμού μικτού θείουχου μεταλλεύματος γαληνίτη-σφαλερίτη (PbS-ZnS) με τη μέθοδο της διαφορικής επίπλευσης.

1.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Οι περιεκτικότητες της τροφοδοσίας είναι 6,0% σε Pb και 2,78% σε Zn. Το συμπύκνωμα του γαληνίτη που προκύπτει έχει περιεκτικότητες 48% σε Pb και 1,09% σε Zn, ενώ το συμπύκνωμα του σφαλερίτη που ακολουθεί περιέχει 55,06% Zn και 1,36% Pb. Η ανάκτηση σε Pb είναι 85% και οι περιεκτικότητες σε Pb και Zn στο απόρριμμα είναι ίδιες.

Επίσης, υπάρχουν τα παρακάτω δεδομένα:

- 1.Αποδέσμευση μεταλλεύματος: 70 mesh
- 2.Χρόνος προοδοποίησης 6 min και χρόνος επίπλευσης 10 min για γαληνίτη και 8 min για σφαλερίτη
- 3.Πυκνότητα πολφού 25% κ.β. στερεά και στις δύο επιπλεύσεις
- 4.Μέθοδος διαχωρισμού: Χονδροειδής και καθαρός διαχωρισμός
- 5.Πυκνότητα υπερχείλισης υδροταξινομητή 30%
- 6.Πυκνότητα εξαγωγής σφαιρόμυλου 50%
- 7.Πυκνότητα αποκένωσης υδροταξινομητή 83%
- 8.Ταχύτητες καταβύθισης συμπυκνώματος (με αραίωση) 4:1=4,93 mm/min , 3:1=3,57 mm/min , 2:1=1,62 mm/min
- 9.Τελική αραίωση πυκνωτών 1:1
- 10.Δυναμικότητα επιφάνειας διήθησης 0,237 t/m²*h για γαληνίτη και 0,257 t/m²*h για σφαλερίτη
- 11.Παροχή τροφοδοσίας μεταλλεύματος στο εργοστάσιο: 50 t/h
- 12.Ο απορριμματικός πολφός(τέλμα) αποτίθεται σε παρακείμενο φράγμα.
- 13.Το μέταλλευμα προέρχεται από υπαίθρια εκμετάλλευση και έχει κατανομή Rosin-Rammler. Το 80% του υλικού έχει μέγεθος -50 cm και συντελεστή ομοιομορφίας $n=1,2$.
- 14.Το 60% του νερού επιστρέφει στο εργοστάσιο.

1.3 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην παρούσα εργασία περιλαμβάνονται:

1. Το διάγραμμα ροής του εργοστασίου
2. Ο υπολογισμός και η επιλογή των μηχανημάτων
3. Ο σχεδιασμός της γενικής διάταξης του εργοστασίου
4. Η οικονομική ανάλυση του όλου έργου

Η μορφολογία του εδάφους στη θέση του εργοστασίου διαμορφώθηκε με βάση τις ιδανικές συνθήκες κατασκευής ενός τέτοιου εργοστασίου και δεν αντιπροσωπεύει συγκεκριμένο τοπογραφικό ανάγλυφο. Στην περίπτωση υλοποίησης του συγκεκριμένου σχεδίου θα πρέπει να επιλεγεί έδαφος που να προσαρμόζεται εύκολα σε αυτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΠΕΡΙ ΜΟΛΥΒΔΟΥ, ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ
ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

2. ΠΕΡΙ ΜΟΛΥΒΔΟΥ, ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

2.1 ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Το χημικό στοιχείο Μόλυβδος είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 82 και ατομικό βάρος 207,2. Έχει θερμοκρασία τήξης 327,5 °C και θερμοκρασία βρασμού 1740 °C. Το χημικό του σύμβολο είναι Pb.

Ο μόλυβδος εφόσον εκτεθεί στην φύση και έρθει σε επαφή με τον άνθρωπο, μπορεί να προκαλέσει βλάβες σε νεφρά, συκώτι, αίμα, δερματίτιδες - αλλεργίες, βλάβη σε πνεύμονες - μόνιμα αναπνευστικά προβλήματα και καρκινογενέσεις. Γι' αυτό τα υλικά τα οποία περιέχουν μόλυβδο, όπως οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές, επιβάλλεται να ανακυκλώνονται.

Όταν κόβεται έχει κυανόλευκο χρώμα, αλλά εξασθενεί σε γκρι όταν βρίσκεται στον αέρα και σε γυαλιστερό ασημί όταν βρίσκεται σε υγρό.

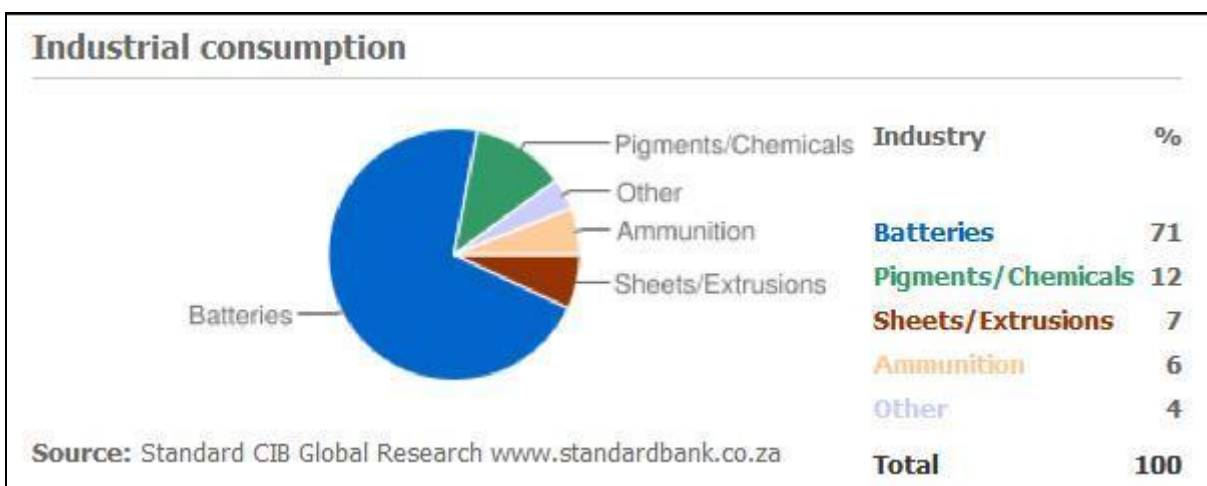
Ο μόλυβδος ήταν γνωστός από την αρχαιότητα.

Πιν. 2.1 Φυσικές ιδιότητες και σταθερές του Pb

Φυσική κατάσταση	στερεό κλπ.
Σχετική ατομική μάζα (A_r)	207,2 (g/mol)
Σημείο τήξης	327 °C (°F) (K)
Σημείο βρασμού	1.740 °C (°F) (K)
Πυκνότητα	11,34 g/mL
Ηλεκτραρνητικότητα (Pauling)	2,33
Ενέργειες ιονισμού	1η: 715,6 kJ/mol
	2η: 1.450,5 kJ/mol
	3η: 3.081,5 kJ/mol
Ατομική ακτίνα	1,81
Ομοιοπολική ακτίνα	1,47

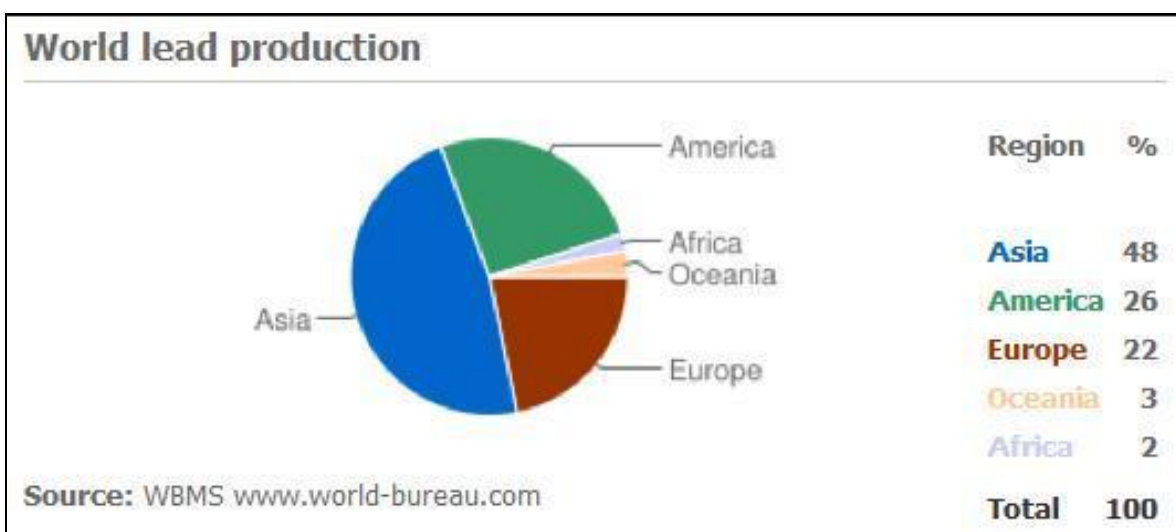
Ο μόλυβδος εξάγεται από το γαληνίτη. Χρησιμοποιείται σε μονώσεις, στις μπαταρίες αυτοκινήτων στον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό και σε διάφορα κράματα. Θεωρείται αξιόλογο προστατευτικό απέναντι στη ραδιενέργεια. Λόγω της ανθεκτικότητάς του στη διάβρωση χρησιμοποιείται εκτενώς στην οικοδόμηση κτιρίων. Η κατανάλωση του μολύβδου στις διάφορες βιομηχανικές του χρήσεις παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα.

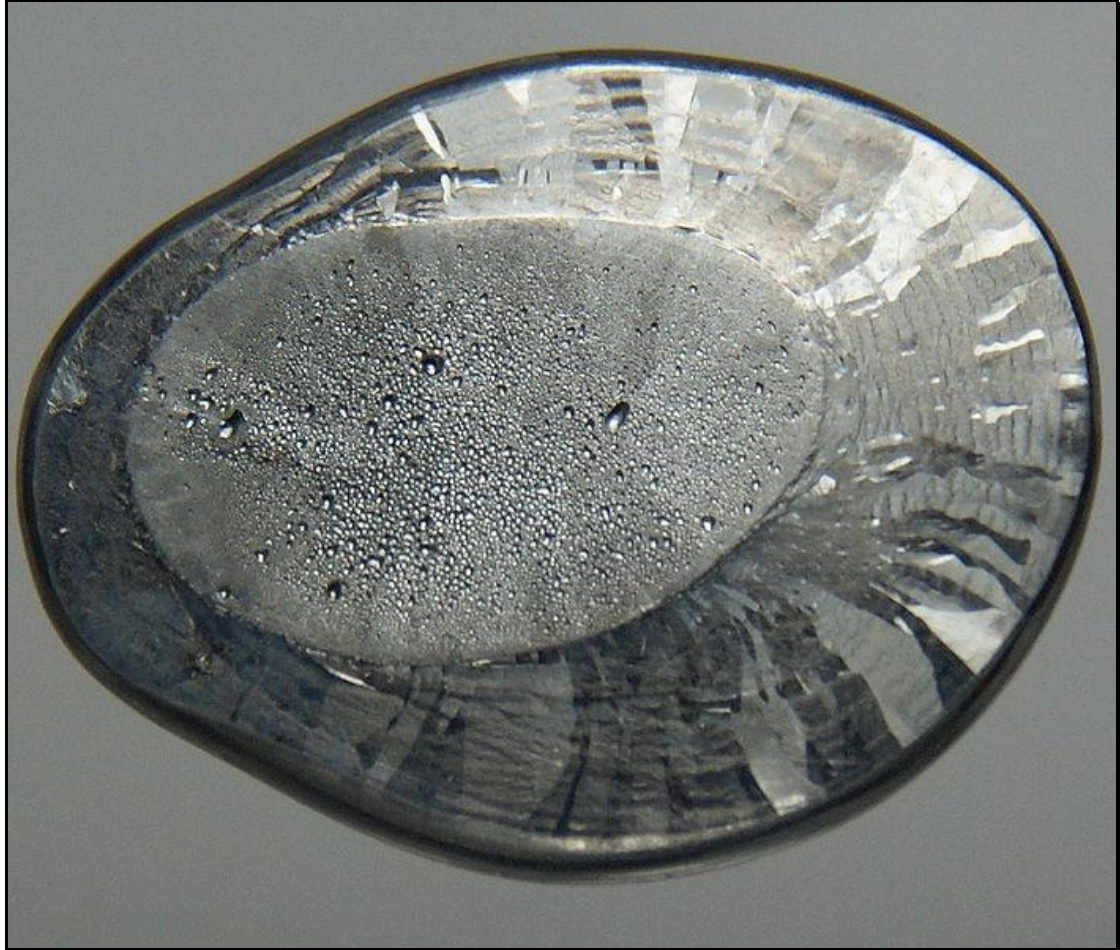
Πιν. 2.2 Βιομηχανική κατανάλωση Pb



Ο μόλυβδος παράγεται κυρίως σε χώρες της Ασίας, και , σε μικρότερα ποσοστά, στην Αμερική και στην Ευρώπη. Η παραγωγή του το 2007 έφτασε τους 8.084.900 t. Η παραγωγή του μολύβδου ανά ήπειρο παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα.

Πιν. 2.3 Παγκόσμια παραγωγή Pb





Εικ.2.1 Τηγμένος Μόλυβδος

2.2 ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Το χημικό στοιχείο Ψευδάργυρος είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 30 και ατομικό βάρος 65,38 . Έχει θερμοκρασία τήξης 419,58 °C και θερμοκρασία βρασμού 907 °C. Το σύμβολό του είναι Zn. Είναι γνωστός επίσης και ως τσίγκος, από το γερμανικό zink (αγγλικά zinc, ιταλικά zinco).

Ο ψευδάργυρος, είναι ένα γαλαζωπό-άσπρο, λαμπερό, διαμαγνητικό μέταλλο, αν και οι περισσότεροι κοινοί εμπορικοί βαθμοί του μετάλλου έχουν ένα θαμπό αποτέλεσμα. Είναι κάπως λιγότερο πυκνό από το σίδηρο και έχει εξαγωνική δομή κρυστάλλου.

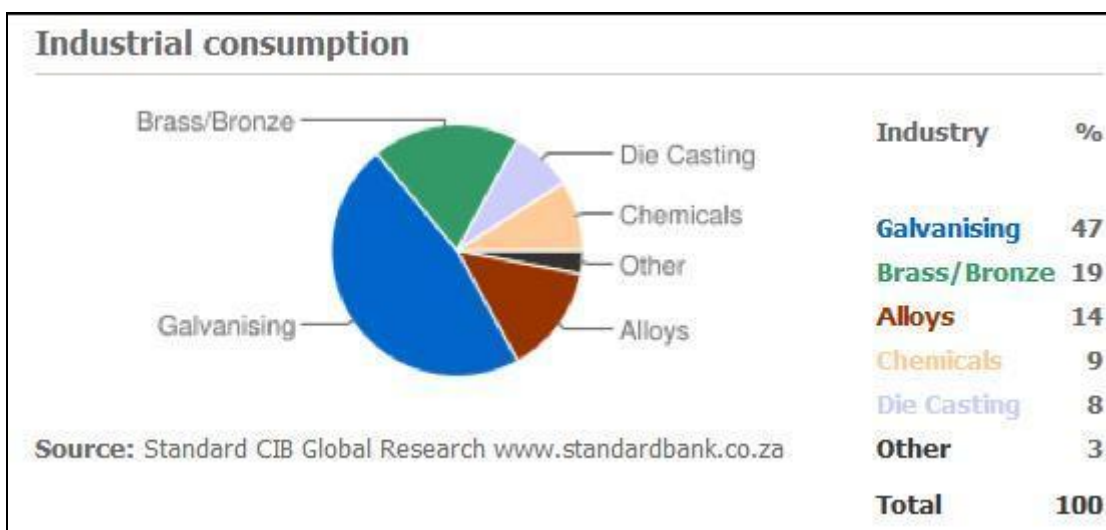
Ο μεταλλικός ψευδάργυρος είναι σκληρός και εύθραυστος στις περισσότερες θερμοκρασίες αλλά γίνεται ελατός μεταξύ 100 και 150 °C. Άνω των 210 °C, το μέταλλο γίνεται εύθραυστο πάλι και μπορεί να καταστραφεί με ένα χτύπημα. Ο ψευδάργυρος είναι ένας καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Για μέταλλο, ο ψευδάργυρος έχει σχετικά χαμηλό σημείο τήξης (~420 °C) και βρασμού (~900 °C). Το σημείο τήξης του είναι το χαμηλότερο όλων των στοιχείων μετάπτωσης εκτός από τον υδράργυρο και το κάδμιο.

Πολλά κράματα περιέχουν ψευδάργυρο, συμπεριλαμβανομένου του ορείχαλκου, ένα κράμα ψευδάργυρου και χαλκού. Άλλα μέταλλα που είναι γνωστό ότι σχηματίζουν κράματα με τον ψευδάργυρο είναι το αργίλιο, το αντιμόνιο, το βισμούθιο, ο χρυσός, ο σίδηρος, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, ο άργυρος, ο κασσίτερος, το μαγνήσιο, το κοβάλτιο, το νικέλιο, το τελλούριο και το νάτριο. Ενώ ούτε ο ψευδάργυρος ούτε το ζιρκόνιο δεν είναι σιδηρομαγνητικά μέταλλα, το κράμα τους $ZrZn_2$ παρουσιάζει σιδηρομαγνητισμό κάτω από 35 Kelvin (°K).

Ο ψευδάργυρος συνήθως χρησιμοποιείται ως αντιδιαβρωτικός παράγοντας. Η επικάλυψη με ψευδάργυρο, που χρησιμοποιείται στο σίδηρο ή το χάλυβα για να προστατεύσει τα μέταλλα από τη διάβρωση, είναι η πιο γνωστή μορφή που χρησιμοποιείται ο ψευδάργυρος κατά αυτόν τον τρόπο. Το 2006 στις Ηνωμένες Πολιτείες, το 56% (773 kt) του μεταλλικού ψευδάργυρου χρησιμοποιήθηκε για αυτού του είδους την επικάλυψη, ενώ παγκοσμίως το 47% χρησιμοποιήθηκε για αυτόν το λόγο. Ο ψευδάργυρος, έχοντας σταθερό ηλεκτροδιακό δυναμικό (-0,76 V), χρησιμοποιείται ως υλικό ανόδων για τις μπαταρίες. (το λίθιο που είναι περισσότερο δραστικό χρησιμοποιείται για τις ανόδους στις μπαταρίες λιθίου). Ο κωνιοποιημένος ψευδάργυρος χρησιμοποιείται κατά αυτόν τον τρόπο στις αλκαλικές μπαταρίες και τα φύλλα του μεταλλικού ψευδαργύρου διαμορφώνουν τις περιπτώσεις για

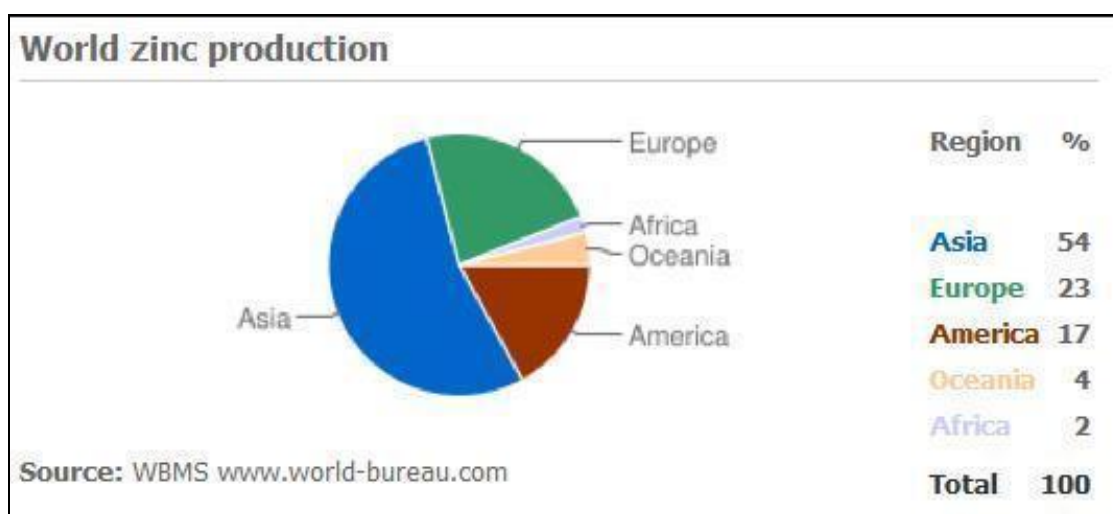
την άνοδο και λειτουργούν ως άνοδοι στις μπαταρίες ψευδαργύρου-άνθρακα. Ένα κράμα που χρησιμοποιείται ευρέως και περιέχει ψευδάργυρο είναι ο ορείχαλκος, στον οποίο ο χαλκός αναμιγνύεται με ένα ποσοστό μεταξύ 3% και 45% ψευδαργύρου, ανάλογα με τον τύπο του ορείχαλκου. Ο ορείχαλκος είναι γενικά πιο όλκιμος και ισχυρότερος από το χαλκό και έχει ανώτερη αντίσταση στη διάβρωση. Αυτές οι ιδιότητες τον καθιστούν χρήσιμο στον εξοπλισμό επικοινωνίας, το υλικό μέρος του υπολογιστή (hardware) , τα μουσικά όργανα, και τις βαλβίδες νερού. Η κατανάλωση του ψευδαργύρου στις διάφορες βιομηχανικές του χρήσεις παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα.

Πιν. 2.4 Βιομηχανική κατανάλωση Zn



Ο ψευδάργυρος παράγεται κυρίως σε χώρες της Ασίας, και , σε μικρότερα ποσοστά, στην Αμερική και στην Ευρώπη. Η παραγωγή του το 2007 έφτασε τους 11.336.500 t. Η παραγωγή του μολύβδου ανά ήπειρο παρουσιάζεται στο παρακάτω γράφημα.

Πιν. 2.5 Παγκόσμια παραγωγή Zn





Εικ.2.2 Ψευδάργυρος

2.3 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΚΑΙ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα μέταλλα Pb και Zn έχουν μεγάλη χημικά συγγένεια με το S και ως εκ τούτου απαντούν ως θειούχες ενώσεις μαζί με άλλες θειούχες ενώσεις του Fe και του Cu. Το κατώτερο όριο εκμετάλλευσης είναι 3% Pb, 6% Zn ή $Pb+Zn>6\%$. Ιδιαίτερα βλαβερά στοιχεία για το μετάλλευμα Pb είναι το Sb(<1%), As(<0,1%) και το Bi(<0,05%). Το μετάλλευμα Zn πρέπει να περιέχει Bi<0,01%, As,Sb<0,2% και F<0,1%.

Εκτός από τις θειούχες ενώσεις του Fe και του Cu, μαζί με τα μεταλλεύματα Pb-Zn απαντούν και θειούχες ενώσεις Ag, Sb, As, Cd, Ga, Ge, Au, Se όπως όλα και τα σύνδρομα ορυκτά, γύψος, σιδιρίτης, φθορίτης, βαρύτης και χαλαζίας.

Κατά τη χημική αποσάρθρωση, ο Pb μένει στη ζώνη οξείδωσης, διότι τα ανθρακικά και θειικά του ορυκτά ($PbSO_4$ και $PbCO_3$) είναι δυσδιάλυτα, οπότε δημιουργούν ένα προστατευτικό κάλυμμα, έναντι της διάβρωσης, για το μετάλλευμα. Ο Zn, εν μέρει μετατρέπεται σε $ZnCO_3$ και ημιμορφίτη και παραμένει μαζί με τον γκαϊτίτη στη ζώνη οξείδωσης, ως «καλαμίνα» και εν μέρει μετατρέπεται σε ευδιάλυτο $ZnSO_4$ και μεταναστεύει βαθύτερα.

Τα κοιτάσματα $Pb-Zn\pm Ag\pm Au$ διακρίνονται στους παρακάτω τύπους:

1. Τύπος Kuroko
2. Φιλοξενούμενα σε ιζήματα, μεταλλεύματα (Sediment hosted deposits)
3. Skarns
4. Πολυμεταλλικής αντικατάστασης (Polymetallic replacement deposits)
5. Πολυμεταλλικές φλέβες (Polymetallic vein type)

2.3.2 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ Pb-Zn ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Τα κοιτάσματα Pb-Zn της Ελλάδας είναι Α: «υδροθερμικά πολυμεταλλικά» (φλεβικά και αντικατάστασης), Β: «επιθερμικά» και Γ: «τύπου Kuroko». Τα πρώτα απαντούν είτε υπό μορφή χαλαζιακών-απλιτικών φλεβών, οι οποίες ευρίσκονται στην επαφή των γνευσίων με τα μάρμαρα, είτε ως αντικαταστάσεις μέσα στα μάρμαρα. Ως ρυθμιστικοί παράγοντες για τη δημιουργία αυτών των κοιτασμάτων έδρασαν αφ' ενός μεν ο τεκτονικός(δημιουργία ρηγμάτων) και αφ' ετέρου ο πετρολογικός (ύπαρξη κατάλληλων για αντικατάσταση πετρωμάτων, όπως τα ανθρακικά).

Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα του τύπου «πολυμεταλλικά φλεβικά-αντικατάστασης» ευρίσκονται στη χερσόνησο της Κασσάνδρας στη Χαλκιδική. Πρόκειται για τα κοιτάσματα «Μάντεμ-Λάκκος», «Μαύρες Πέτρες» και «Ολυμπιάδα». Ιδίου τύπου είναι και τα κοιτάσματα PBG του Λαυρίου και της Θάσου.

A1: Κοίτασμα «Μάντεμ Λάκκος»: Μεσοθερμικό κοίτασμα με κύρια ορυκτά PBG ± βουρνοτίτης, γεωχρονίτης, βουλανζερνίτης. Συνοδά ορυκτά: χαλαζίας, ασβεστίτης, ροδοχρωσίτης. Το κοίτασμα περιέχει επίσης Au και Ag.

A2: Κοίτασμα «Μαύρες Πέτρες»: Μεταλλοφορία PBG. Στους ανώτερους ορίζοντες ανευρίσκεται Mn-ούχος μεταλλοφορία.

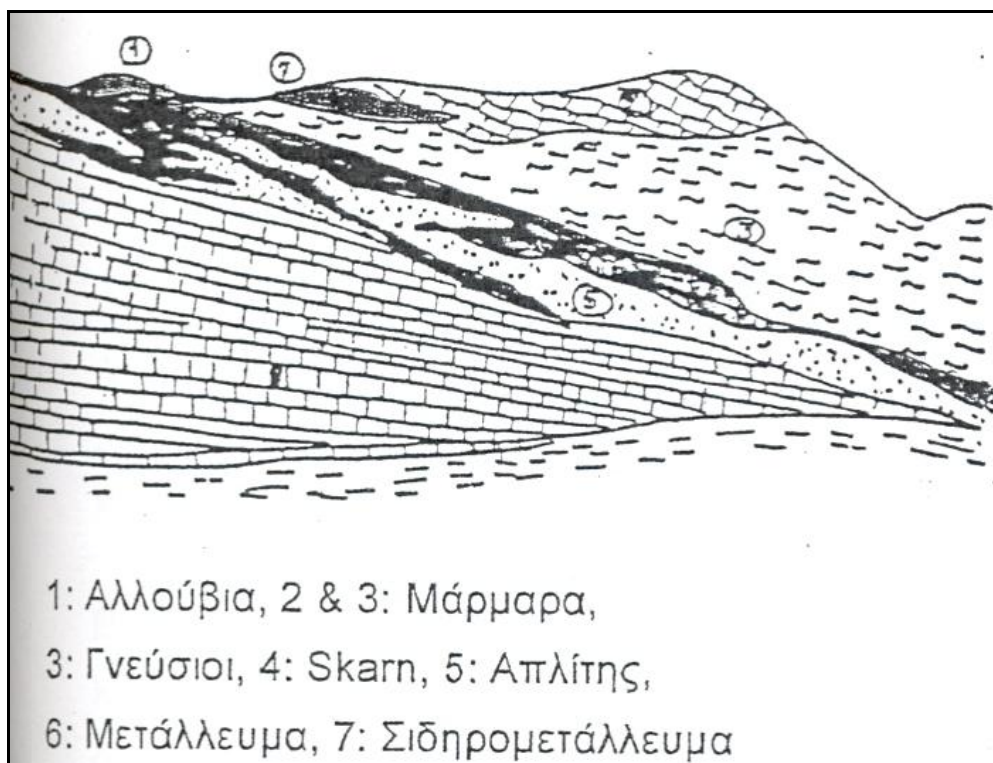
A3: Κοίτασμα «Ολυμπιάδας»: Όμοιο με το κοίτασμα «Μάντεμ Λάκκος».

A4: Κοίτασμα Θάσου: Φλέβες και θύλακες αντικατάστασης, υδροθερμικής προέλευσης. Κύρια ορυκτά: Σμιθσονίτης, ημιμορφίτης, υδροζιγκίτης, σφαλερίτης-βουρτσίτης, γαληνίτης, κερουσίτης, βαρύτης και αγγλεσίτης.

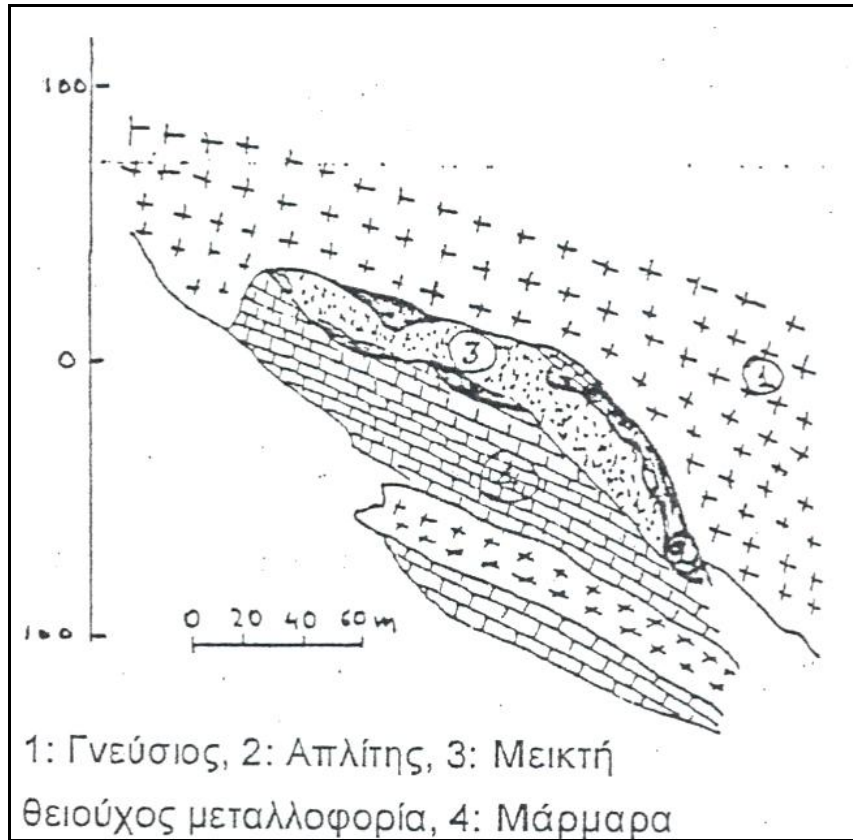
A5: Στο Λαύριο η μεταλλοφορία Pb-Zn ακολουθεί κυρίως την επαφή της κατώτερης ενότητας(κατώτερο μάρμαρο-σχιστόλιθος Καισαριανής-ανώτερο μάρμαρο). Το κοίτασμα είναι υδροθερμικό πολυμεταλλικό (φλεβικό-αντικατάστασης) και ευρίσκεται σε γενετική σύνδεση με το γρανοδιορίτη της Πλάκας Λαυρεωτικής. Ο γαληνίτης είναι πλούσιος σε Ag.

B: Στην Κίρκη Αλεξανδρούπολης απαντούν τα επιθερμικά κοιτάσματα Pb-Zn «Αμπερτίν», «Κινγκ Άρθουρ» και «Άγιος Φίλιππος». Το μέταλλευμα απαντά ως stockworks σε ηφαιστίτες και περιβάλλοντα ιζήματα.

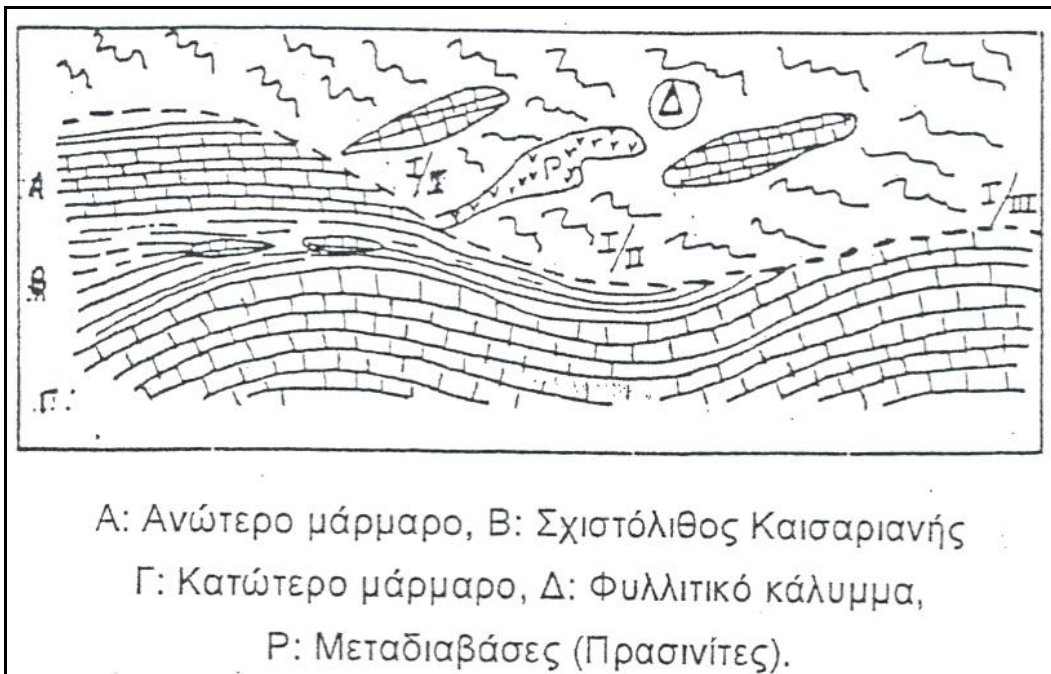
Γ: Στους Μολάους Λακωνίας εντοπίστηκε πολυμεταλλικό κοίτασμα τύπου Κυροκο με Pb-Zn-Ag. Τα αποθέματα υπολογίζονται σε $2,5 \cdot 10^6$ τόνους, με δυνατή ετήσια παραγωγή 300.000 τόνους μετάλλευμα, ικανά να τροφοδοτήσουν μονάδα Zn κατά 50%. Το κοίτασμα ευρίσκεται στα στρώματα «Τυρού», που αποτελούν τη βάση της ενότητας «Τριπόλεως».



Εικ.2.3 Κοίτασμα «Μάντεμ Λάκκος»



Εικ.2.4 Κοίτασμα «Ολυμπιάδα»



Εικ.2.5 Κοίτασμα Λαυρίου

2.4 ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η επίπλευση αφρού είναι μια διαδικασία για τον εκλεκτικό διαχωρισμό υδρόφοβου υλικού από υδρόφιλο. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας μεταλλευμάτων. Ιστορικά χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην εξορυκτική βιομηχανία. Ο William Haynes το 1869 πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μία διαδικασία διαχωρισμού σουλφιδίων από στείρα πετρώματα που χρησιμοποιεί έλαια και την ονόμασε μεικτή επίπλευση (bulk-oil flotation).

Η πρώτη επιτυχημένη εμπορική εφαρμογή της διαδικασίας επίπλευσης θειούχων ορυκτών καθιερώθηκε από τον Frank Elmore, ο οποίος εργάστηκε για την ανάπτυξή της με τον αδελφό του, Stanley και την εφάρμοσαν στο ιδιόκτητο ορυχείο χαλκού στο Glasdir Llanellyd της Βόρειας Ουαλίας, όπου το 1897 κατασκεύασαν την πρώτη βιομηχανική εγκατάσταση που χρησιμοποιούσε τη διεργασία της επίπλευσης για τον εμπλουτισμό του μεταλλεύματος. Η διαδικασία δεν ήταν επίπλευση αφρού, αλλά χρησιμοποιούσε έλαια για τη συσσωμάτωση των λεπτομερών σουλφιδίων και την παραλαβή τους στην επιφάνεια. Η μέθοδος κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1898, η δε περιγραφή της διαδικασίας δημοσιεύθηκε το 1903 στο περιοδικό «Engineering and Mining Journal». Μέχρι εκείνη τη στιγμή είχε διαπιστωθεί η σημασία των φυσαλίδων αέρα στην υποβοήθηση του ελαίου για να παρασύρονται τα τεμαχίδια των υδρόφοβων ορυκτών στην επιφάνεια. Οι Elmore είχαν συστήσει μια εταιρεία γνωστή ως Ore Concentration Syndicate Ltd. για την προώθηση της εμπορικής εκμετάλλευσης της διεργασίας σε όλο τον κόσμο.

Η σύγχρονη διαδικασία επίπλευσης αφρού εφευρέθηκε στις αρχές του 1900 στην Αυστραλία από τον C.V. Potter και περίπου την ίδια περίοδο, ανεξάρτητα, από τον G.D. Delprat. Δηλαδή, η εξέλιξη της μεθόδου είχε γίνει σχεδόν ταυτόχρονα και αλλού, κυρίως στην Αυστραλία από την Minerals Separation Ltd., η οποία εφάρμοσε στο μεταλλείο Broken Hill, όπου ο Delprat ήταν γενικός διευθυντής, τη μέθοδο Delprat process.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν φυσικής προέλευσης χημικές ουσίες, όπως τα λιπαρά οξέα και τα έλαια ως αντιδραστήρια επίπλευσης σε μεγάλη ποσότητα για να την αύξηση της υδροφοβίας των χρήσιμων ορυκτών. Από τότε, η διαδικασία έχει προσαρμοστεί και

εφαρμόζεται σε μια μεγάλη ποικιλία ορυκτών προς διαχωρισμό, και πλέον νέοι συλλέκτες, συμπεριλαμβανομένων και επιφανειοδραστικών συνθετικών ενώσεων, χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Στη δεκαετία του 1960 η τεχνική επίπλευσης αφρού προσαρμόστηκε και εφαρμόστηκε και στην ανακύκλωση χαρτιού.

Στη μεταλλευτική βιομηχανία χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό χρήσιμων ορυκτών από στείρα πετρώματα, εκμεταλλεύόμενοι τις διαφορές υδροφοβίας που παρουσία κατάλληλων αντιδραστηρίων επιδεικνύουν τα διάφορα ορυκτά. Οι διαφορές υδροφοβίας μεταξύ χρήσιμων ορυκτών και στείρων επαυξάνονται με τη χρήση των επιφανειοδραστικών ουσιών και άλλων αντιδραστηρίων. Η εκλεκτική διαλογή των μετάλλων καθιστά την επεξεργασία μικτών μεταλλευμάτων εφικτή και οικονομικά συμφέρουσα. Η διαδικασία της επίπλευσης χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό μεγάλου φάσματος από σουλφιδίων, ανθρακικών αλάτων των μετάλλων και οξειδίων. Επίσης, φωσφορικά άλατα και άνθρακες επεξεργάζονται με τη μέθοδο της επίπλευσης. Η επίπλευση αρχίζει με ελάττωση μεγέθους (δηλαδή θραύση και λειοτρίβηση) του υλικού, για να επιτευχθεί αποδέσμευση και να αυξηθεί η ειδική επιφάνεια του μεταλλεύματος που εξασφαλίζει φορτισμένες επιφάνειες ορυκτών για την περαιτέρω επεξεργασία. Το λεπτομερές μέταλλευμα αναμειγνύεται με νερό για να σχηματίσει πολφό. Συνήθως, το επιθυμητό χρήσιμο ορυκτό καθίσταται υδρόφοβο με την προσθήκη μιας επιφανειοδραστικής ουσίας ή ενός χημικού συλλέκτη, ενώ το στείρο εμφανίζει χαρακτηριστικά υδροφιλίας. Η συγκεκριμένη χημική ουσία (συλλέκτης) εξαρτάται από το προς επεξεργασία ορυκτό. Για παράδειγμα, το Pine Oil χρησιμοποιείται στον εμπλουτισμό χαλκούχων ορυκτών. Ο πολφός τροφοδοτείται, έπειτα, σε υδατικό περιβάλλον με ταυτόχρονη παραγωγή μέσω αναδευτήρα φυσαλίδων αέρα. Οι υδρόφοβοι κόκκοι των ορυκτών προσκολλώνται στις φυσαλίδες αέρα, που επιπλέουν και συγκεντρώνονται στην επιφάνεια, σχηματίζοντας ένα στρώμα αφρού. Ο αφρός απομακρύνεται και το συμπύκνωμα εν συνεχεία καθαρίζεται.

Η επίπλευση μπορεί να γίνει σε ορθογώνιες ή κυλινδρικές κυψέλες, σε στήλες επίπλευσης, σε σύγχρονες κυψέλες τύπου Jameson ή σε κυψέλες απομελάνωσης (deinking flotation cells) όταν πρόκειται για επεξεργασία χαρτιού.

Τα παρακάτω στάδια λαμβάνουν χώρα, μετά τη θραυση και την λειοτριβίση:

1. Προσθήκη αντιδραστηρίου για την επίτευξη υδρόφοβης επιφάνειας στα επιθυμητά μόρια
2. Συγκέντρωση και μεταφορά των τεμαχιδίων προς τα πάνω από τις φυσαλίδες σε επαφή με τον αέρα ή άζωτο
3. Συγκρότηση ενός σταθερού αφρού στην επιφάνεια της κυψέλης επίπλευσης
4. Συλογή του φορτισμένου αφρού

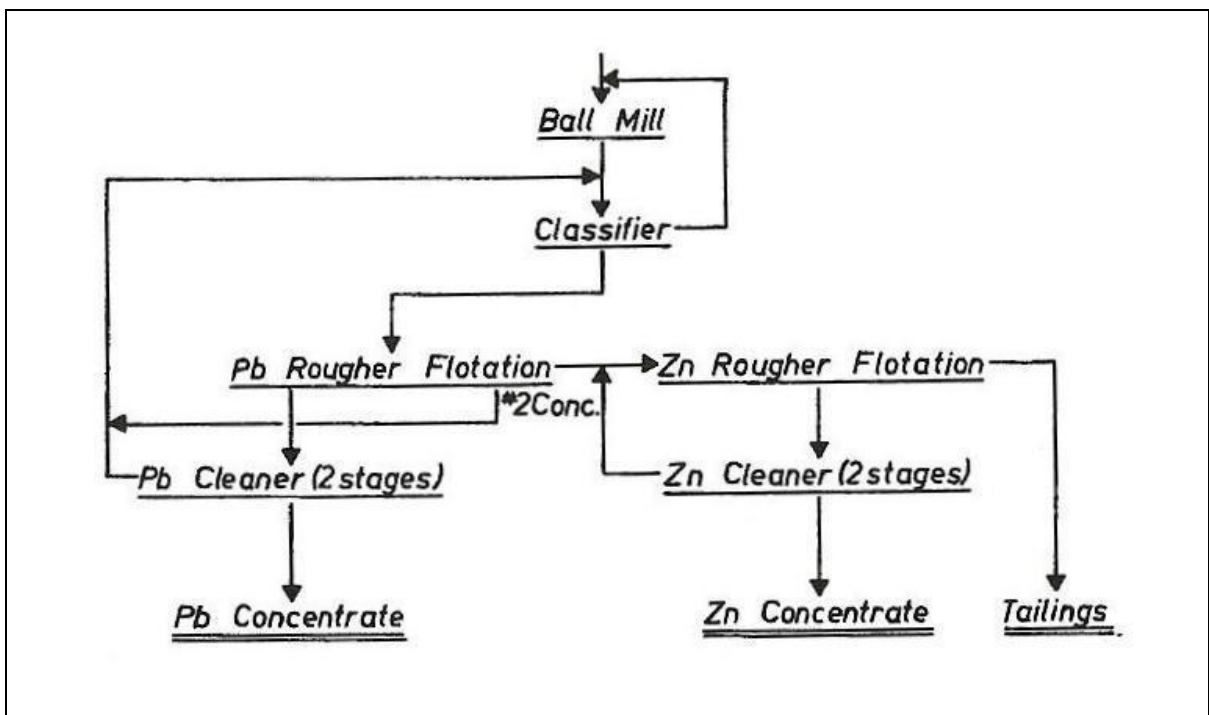
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται, ανά κατηγορία δράσης, τα διάφορα χημικά αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται στην επίπλευση αφρού.

Πιν. 2.6 Αντιδραστήρια επίπλευσης

Συλλέκτες	Αφριστικά	Ρυθμιστές pH
Potassium amyl xanthate (PAX)	Pine Oil	Lime (CaO)
Potassium isobutyl xanthate (PIBX)	Αλκοόλες	Na ₂ CO ₃
Potassium ethyl xanthate (KEX)	Πολυγλυκόλες	NaOH
Sodium isobutyl xanthate (SIBX)	Polyoxyparafins	H ₂ SO ₄
Sodium isopropyl xanthate (SIPX)	Κρεσόλη (ξυλενόλη)	HCl
Sodium ethyl xanthate (SEX)		
Thiocarbamates		
Xanthogen Formates		
Thionocarbamates		
Thiocarbanilide		

2.4.2 ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ΜΙΚΤΟΥ ΘΕΙΟΥΧΟΥ ΜΕΤ/ΤΟΣ PbS – ZnS

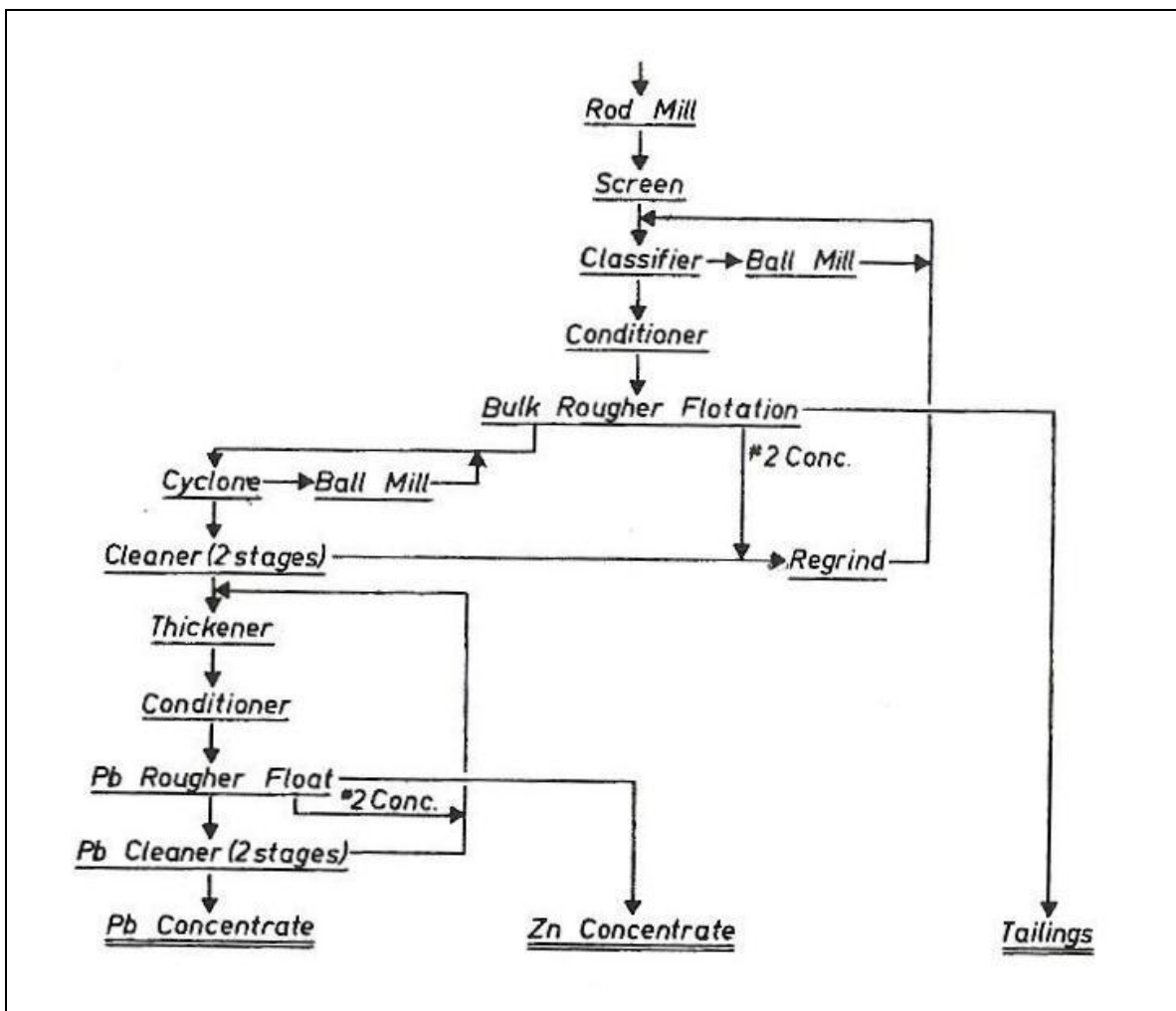
Η βιομηχανική πρακτική έχει δείξει ότι η επίπλευση ενός μικτού θειούχου μεταλλεύματος Γαληνίτη – Σφαλερίτη (PbS – ZnS) δύναται να πραγματοποιηθεί, βασικά, με δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος, η διαφορική επίπλευση, προβλέπει δύο στάδια επίπλευσης. Αρχικά, στο πρώτο στάδιο, επιπλέει ο Γαληνίτης ενώ κατακάθεται ο Σφαλερίτης και το απόρριμα. Εν συνεχεία, στο δεύτερο στάδιο, επιπλέει ο Σφαλερίτης και , επίσης, λαμβάνεται και το ολικό τέλμα του εργοστασίου. Η επίπλευση τόσο του Γαληνίτη, όσο και του σφαλερίτη γίνεται σε δύο τουλάχιστον στάδια. Λαμβάνει, δηλαδή, χώρα χονδροειδής, καθαρός και, εάν κριθεί αναγκαίο, καθαριστικός διαχωρισμός. Παρακάτω απεικονίζεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής της μεθόδου αυτής.



Εικ. 2.6 Διαφορική επίπλευση μικτού θειούχου μετ/τος PbS –ZnS

Εναλλακτικά, η επίπλευση ενός τέτοιου είδους μεταλλεύματος μπορεί να γίνει με χρήση της λεγόμενης *bulk* επίπλευσης. Κατά τη μέθοδο αυτή, αρχικά επιπλέουν τόσο ο Γαληνίτης, όσο και ο Σφαλερίτης και κατακάθονται τα μη χρήσιμα ορυκτά του μεταλλεύματος, και λαμβάνεται, δηλαδή, εξ' αρχής το ολικό τέλμα του εργοστασίου. Στη συνέχεια, σε δεύτερο κύκλωμα επίπλευσης, διαχωρίζονται Γαληνίτης και Σφαλερίτης και

λαμβάνονται τα δύο συμπυκνώματα. Παρακάτω απεικονίζεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής της μεθόδου αυτής.



Εικ. 2.7 Bulk επίπλευση μικτού θειούχου μετ/τος PbS –ZnS

Στο υπό μελέτη εργοστάσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας προτιμήθηκε η μέθοδος της διαφορικής επίπλευσης διότι στην bulk επίπλευση, αν και αρκετά αποδοτική, παρατηρείται το φαινόμενο της σχετικά υψηλής περιεκτικότητας PbS στο συμπύκνωμα ZnS και αντίστροφα, γεγονός που δεν είναι θεμιτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΑΡΧΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

3. ΑΡΧΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

3.1 ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΒΑΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΩΝ

Η τροφοδοσία του εργοστασίου είναι 50 t/h μικτό θειούχο μετάλλευμα Γαληνίτη(PbS)-Σφαλερίτη(ZnS) με περιεκτικότητα 6,0% σε Pb και 2,78% σε Zn. Είναι, επίσης, γνωστό ότι το συμπύκνωμα του PbS που προκύπτει έχει περιεκτικότητες 48% σε Pb και 1,09% σε Zn, ενώ, το συμπύκνωμα του ZnS έχει περιεκτικότητες 55,06% σε Zn και 1,36% σε Pb. Εφ'όσον η ανάκτηση σε Pb είναι 85% (κύκλωμα PbS) και οι περιεκτικότητες του απορρίμματος σε Pb και Zn είναι ίδιες υπολογίζουμε:

$$R_{Pb} = 85\% , \text{ άρα, } (C_{Pb} * 48) / (50 * 6) = 0,85$$

$$\Rightarrow C_{Pb} = 5,312 \text{ t/h}$$

Για το κύκλωμα PbS ισχύει:

$$F = C_{Pb} + T + C_{Zn}$$

$$F * f_{Pb} = C_{Pb} * c_{Pb} + T * t_{Pb} + C_{Zn} * c_{Pb \rightarrow Zn}$$

$$\Rightarrow 50 * 6 = 5,312 * 48 + T * t_{Pb} + C_{Zn} * 1,36$$

$$\Rightarrow 45 = T * t_{Pb} + C_{Zn} * 1,36 \quad (1)$$

Για το κύκλωμα ZnS ισχύει:

$$F * f_{Zn} = C_{Pb} * c_{Zn \rightarrow Pb} + T * t_{Zn} + C_{Zn} * c_{Zn}$$

$$\Rightarrow 50 * 2,78 = 5,312 * 1,09 + T * t_{Zn} + C_{Zn} * 55,06$$

$$\Rightarrow 133,2 = T * t_{Zn} + C_{Zn} * 55,06 \quad (2)$$

Αφαιρώντας την σχέση (1) από την σχέση (2), και εφ'όσον $t_{Zn} = t_{Pb}$, προκύπτει:

$$C_{Zn} = 1,634 \text{ t/h}$$

Επίσης, υπολογίζουμε:

$$t_{Zn} = t_{Pb} = 0,99\%$$

Η ανάκτηση σε Zn υπολογίζεται:

$$\begin{aligned}R_{Zn} &= (C_{Zn} * 55,06) / (50 * 2,78) = \\ &= (1,634 * 55,06) / (50 * 2,78) = \\ &= 0,6473 \text{ ή } \approx 65\%\end{aligned}$$

Συνεπώς, από τους παραπάνω υπολογισμούς και με βάση τα δεδομένα της μελέτης, προκύπτει ότι για κάθε 100 t μεταλλεύματος που επεξεργάζονται, παράγονται 10,625 t συμπυκνώματος PbS, 3,268 t συμπυκνώματος ZnS και 86,09 t απορρίμματος.

3.2 ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Είναι γνωστό πως το εργοστάσιο τροφοδοτείται με υλικό που περιέχει κατά 80% τεμάχια - 500 mm.

Μετά την πρωτογενή θραύση στο σιαγονωτό θραυστήρα με λόγο κατάτμησης 4:1, το υλικό θα έχει κατανομή Rosin-Rammler με $n=1,2$ και μέγεθος -125 mm κατά 80%.

Εν συνεχεία, το υλικό υπόκειται δευτερογενή θραύση σε κωνικό θραυστήρα με λόγο κατάτμησης 5:1. Το υλικό που προκύπτει έχει κατανομή Rosin-Rammler με $n=1,2$ και μέγεθος -25 mm κατά 80%.

Τέλος, το υλικό λειοτριβείται σε κύκλωμα ραβδόμυλου-σφαιρόμυλου μέχρι να αποκτήσει μέγεθος -12,5 mm.

Παρακάτω, παρατίθεται το διάγραμμα Rosin-Rammler.

Αναλυτικά:

Η ευθεία 1 αναφέρεται στο υλικό όπως αυτό τροφοδοτεί το εργοστάσιο.

Η ευθεία 2 αναφέρεται στο υλικό που προήλθε από την πρωτογενή θραύση.

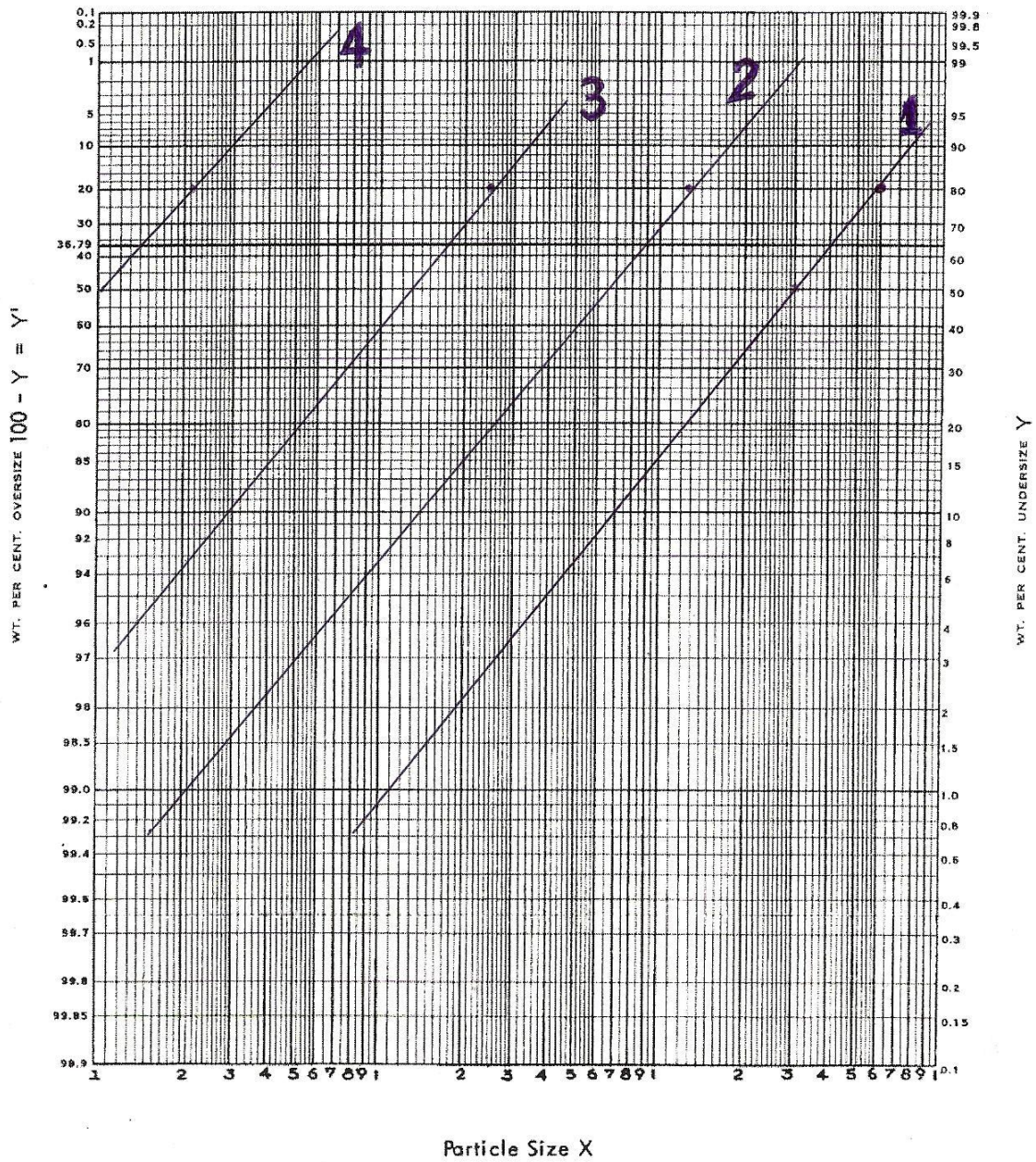
Η ευθεία 3 αναφέρεται στο υλικό που προήλθε από την δευτερογενή θραύση.

Η ευθεία 4 αναφέρεται στο υλικό που προήλθε από την λειοτρίβιση.

Πιν. 3.1 Διάγραμμα Rosin-Rammler

$$Y = 100 \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{x}{k} \right)^n \right\} \right]$$

where n is slope of line and k is intercept with $Y' = 36.79$



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ

4. ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ

4.1 ΤΕΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ

Με βάση τα χαρακτηριστικά του προς επεξεργασία μεταλλεύματος και την εμπειρία που αποκτήθηκε στο στάδιο της ερευνητικής εργασίας (Πρακτική Άσκηση ΙΙ, 2009) εκπονήθηκε το διάγραμμα ροής του εργοστασίου που παρατίθεται (Εικ. 4.2).

Αναλυτικά η περιγραφή του διαγράμματος ροής στην τελική και προτεινόμενη μορφή του έχει ως εξής:

Το μεικτό θειούχο μέταλλευμα, όπως έρχεται από το μεταλλείο (-500 mm) με βάρος 50 t/h, εκφορτώνεται στην πρώτη αποθήκη μεταλλεύματος. Από εκεί παραλαμβάνεται με το δονούμενο τροφοδότη. Οι τροφοδότες αυτοί αποτελούνται από μία σκάφη η οποία είναι αναρτημένη κάτω από τη χοάνη ροής του μεταλλεύματος. Η σκάφη δονείται με ηλεκτρομαγνητικά πηνία που βρίσκονται στο κάτω μέρος της. Με τη δόνηση το υλικό ρέει απρόσκοπτα και συνεχώς προς το θραυστήρα σιαγόνων. Η παροχή ρυθμίζεται με ρεοστάτη.

Το υλικό τροφοδοτεί θραυστήρα σιαγόνων, για τον οποίο ο λόγος κατάτμησης είναι 4:1. Ο θραυστήρας αυτός θεωρείται ο καταλληλότερος για πρωτογενή θραύση διότι ρυθμίζεται εύκολα και είναι απλός στη λειτουργία. Επίσης, επιβλέπεται καλύτερα γιατί απαιτεί μικρό ύψος εγκατάστασης και συντηρείται ευκολότερα.

Ο θραυστήρας σιαγόνων απλής ενέργειας αποτελείται από ένα ισχυρό πλαίσιο από χάλυβα ή χυτοσίδηρο, μέσα στο οποίο βρίσκεται μία ακίνητη και μία περιοδικά κινούμενη σιαγόνα μέσω εκκέντρου. Το κάτω μέρος της σιαγόνας στηρίζεται σε βραχίονα ασφαλείας και σε υπομόχλιο. Στους σιαγονωτούς θραυστήρες διπλής ενέργειας μία κινητή σιαγόνα κινείται γύρω από άξονα, ενώ η περιοδική κίνηση δίνεται από ανεξάρτητο περιστρεφόμενο έκκεντρο.

Η κατάτμηση διενεργείται με δυνάμεις θλίψης ή τριβής, ενώ ένας μεγάλος σφόνδυλος εξασφαλίζει σταθερή ροπή στρέψης και ομαλή λειτουργία όταν εμφανίζεται η αντίσταση κατάτμησης του τεμαχίου.

Τα προς θραύση τεμάχια εμπλέκονται μεταξύ σταθερής και κινούμενης σιαγόνας και θραύονται πολλές φορές μέχρι να εξέλθουν από το άνοιγμα εξόδου του προϊόντος. Το μέγεθος των τεμαχιδίων που εξέρχονται από το θραυστήρα είναι κατά 80% -125 mm.

Στη συνέχεια, το υλικό οδηγείται στον κωνικό θραυστήρα με λόγο κατάτμησης 5:1, όπου υφίσταται δευτερογενή θραύση. Ο κωνικός θραυστήρας είναι το κατεξοχήν μηχάνημα που χρησιμοποιείται σε κυκλώματα δευτερογενούς θραύσης.

Το προϊόν του θραυστήρα τροφοδοτεί, με τη βοήθεια μεταφορικής ταινίας, δονούμενο κόσκινο, μεγέθους οπών 30 mm. Τα κόσκινα αυτά είναι μακρόστενα και προτιμώνται από τα φαρδιά γιατί τροφοδοτούνται καλύτερα (το κατάστρωμα καλύπτεται γρήγορα) και πετυχαίνουν υψηλότερη απόδοση (λιγότερο υπομέγεθος στο υπόστρωμα). Επίσης, τα δονούμενα κόσκινα προτιμώνται λόγω της μηχανολογικής τους απλότητας και της μεγάλης τους απόδοσης.

Το υπερμέγεθος του κοσκίνου επιστρέφει στο θραυστήρα, με τη βοήθεια μεταφορικής ταινίας, όπου υφίσταται θραύση μαζί με την αρχική τροφοδοσία. Λειτουργεί, δηλαδή, ένα κλειστό κύκλωμα δευτερογενούς θραύσης.

Το υλικό που περνά από το κόσκινο (-30 mm) οδηγείται μέσω μεταφορικής ταινίας στη δεύτερη αποθήκη μεταλλεύματος. Η μεταφορική ταινία αποτελείται από μία επιμήκη μεταλλική κατασκευή η οποία φέρει δύο ακραία τύμπανα και ράουλα κατά κανονικά διαστήματα στο πάνω και στο κάτω μέρος της. Γύρω από το σύστημα των τυμπάνων και των ραούλων τοποθετείται συνεχής ελαστική ταινία η οποία κινείται από το κινητήριο τύμπανο και αποτελεί το μέσο μεταφοράς. Η μεταφορική ταινία αποτελεί το κύριο μέσο μεταφοράς σε ένα εργοστάσιο εμπλουτισμού, είναι όμως ακατάλληλη για διακίνηση ξηρών λεπτομερών υλικών ή πολφών.

Από την αποθήκη το υλικό τροφοδοτείται στο κύκλωμα λειοτρίβησης. Το κύκλωμα λειοτρίβησης αποτελείται από ένα ραβδόμυλο, δύο σφαιρόμυλους και δύο κοχλιοφόρους υδροταξινομητές και έχει σαν σκοπό την εξ'ολοκλήρου κατάτμηση του υλικού στο επιθυμητό μέγεθος. Στην περίπτωση που εξετάζεται το μέγεθος αυτό είναι -0,212 mm.

Χρησιμοποιείται, λοιπόν, δονούμενος τροφοδότης που διοχετεύει το υλικό στο ραβδόμυλο. Ο ραβδόμυλος αποτελείται από έναν επιμήκη κύλινδρο που περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του. Μέσα στον κύλινδρο τοποθετούνται μεταλλικές ράβδοι οι οποίες αποτελούν τα μέσα κατάτμησης. Ο κύλινδρος έχει ενσωματωμένους στις βάσεις του δύο ομόκεντρους αγωγούς οι οποίοι εδράζονται πάνω σε ισχυρούς τριβείς κυλίσεως. Από τον ένα αγωγό διενεργείται η τροφοδοσία, ενώ από τον άλλο εξέρχεται το λειοτριβημένο υλικό.

Η λειοτριβήση διενεργείται από την κρούση, συμπίεση και τριβή των ράβδων με το υλικό και μπορεί να γίνει σε υγρό(με προσθήκη νερού) ή ξηρό περιβάλλον. Ο ραβδόμυλος είναι επιδεκτικός σε μεταβολές της τροφοδοσίας.

Στο ραβδόμυλο το υλικό υφίσταται λειοτριβήση, με πυκνότητα σε στερά κατά βάρος 52%. Το λειοτριβημένο υλικό οδηγείται σε δύο σφαιρόμυλους που λειτουργούν παράλληλα.

Το σχήμα του σφαιρόμυλου είναι κυλινδρικό, αλλά συνήθως μικρότερου μήκους από εκείνο του ραβδόμυλου. Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά είναι παρόμοια με του ραβδόμυλου. Η εξαγωγή του λειοτριβημένου υλικού από το σφαιρόμυλο γίνεται μέσω υπερχείλισης. Επειδή οι σφαίρες έχουν μεγαλύτερη ελεύθερη επιφάνεια από τις ράβδους και τα προς λειοτριβήση τεμάχια παρεμποδίζονται λιγότερο κατά την κατάτμηση από τα μεγαλύτερα τεμάχια, οι σφαιρόμυλοι επιτυγχάνουν μεγαλύτερο λόγο κατάτμησης και μεγαλύτερη παραγωγή λεπτομερών τεμαχιδίων.

Η κατάτμηση επιτυγχάνεται από την καταρρακτώδη πτώση των σφαιρών πάνω στα τεμάχια(κρούση) και από την τριβή μεταξύ σφαιρών-τεμαχιδίων και της θωράκισης του μύλου. Το μέγεθος των σφαιρών είναι ανάλογο του μεγέθους των τεμαχίων της τροφοδοσίας.

Οι σφαιρόμυλοι, όπως και οι ραβδόμυλοι, λειτουργούν είτε σε υγρό, είτε σε ξηρό περιβάλλον. Το φορτίο των σφαιρών καταλαμβάνει συνήθως το 40-50% του όγκου του μύλου (το ίδιο ισχύει και για τους ραβδόμυλους). Το λειοτριβημένο υλικό οδηγείται σε δύο κοχλιοφόρους υδροταξινομητές που λειτουργούν παράλληλα.

Ο κοχλιοφόρος υδροταξινομητής αποτελείται από μία επιμήκη σκάφη περίπου ημικυκλικής διατομής, η οποία φέρει μέσα της έναν κοχλία. Η σκάφη τοποθετείται υπό κλίση, η οποία ρυθμίζει και την επιφάνεια υπερχειλίσης και τροφοδοτείται περίπου στο πίσω μέρος της επιφάνειας υπερχειλίσης.

Ο πολφός εισέρχεται στη σκάφη και ταξινομείται κατά μεγέθη. Τα μεγαλύτερα τεμάχια καταβυθίζονται, ενώ τα μικρότερα παρασύρονται από το ρεύμα υπερχειλίσης και εκρέουν από τον υδροταξινομητή. Τα καταβυθισμένα τεμάχια παραλαμβάνονται από τα περιστρεφόμενα πτερύγια, τα οποία σχηματίζουν διάταξη μορφής κοχλία. Μετά, ωθούνται συνεχώς προς τα πάνω, εξέρχονται από το νερό, υφίστανται μερική αφυδάτωση και στην αποκένωση παραλαμβάνονται υπό τη μορφή αμμώδους υλικού.

Το μέγεθος του κοχλιοφόρου υδροταξινομητή χαρακτηρίζεται από τη διάμετρο του πτερυγίου της σπείρας και ο τύπος του από το ύψος της λεκάνης υπερχειλίσης και τη διαπλάτυνση. Το επιθυμητό μέγεθος ταξινόμησης της τροφοδοσίας καθορίζεται από την ποσότητα του εισερχόμενου πολφού, το ποσοστό στερεών τεμαχίων και την κλίση του υδροταξινομητή.

Η αποκένωση των υδροταξινομητών ανακυκλώνεται στους σφαιρόμυλους για επαναλειτουργία. Δημιουργείται, δηλαδή, ένα κλειστό κύκλωμα λειτουργίας.

Οι παραπάνω διεργασίες μείωσης του μεγέθους του υλικού είναι απαραίτητες αφού η μέθοδος εμπλουτισμού που εφαρμόζεται στην περίπτωση του μικτού θειούχου μεταλλεύματος είναι η διαφορική επίπλευση, η οποία απαιτεί μικρό μέγεθος τεμαχιδίων.

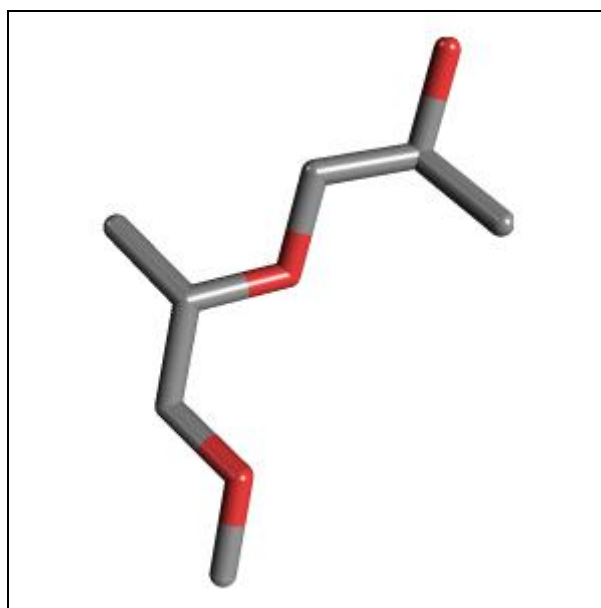
Η υπερχειλίση του υδροταξινομητή με υλικό μεγέθους $-0,212$ mm και πυκνότητα 30% σε στερεά καταλήγει σε δεξαμενή όπου και αραιώνεται μέχρι η πυκνότητα να γίνει 25% σε στερεά. Εν συνεχεία, ο πολφός οδηγείται στον προοδοποιητή του γαληνίτη.

Ο προοδοποιητής αποτελεί ένα μηχάνημα ανάδευσης μέσα στο οποίο το υλικό προετοιμάζεται για την επίπλευση που θα ακολουθήσει. Στον προοδοποιητή προστίθενται τα απαραίτητα αντιδραστήρια για την επίπλευση

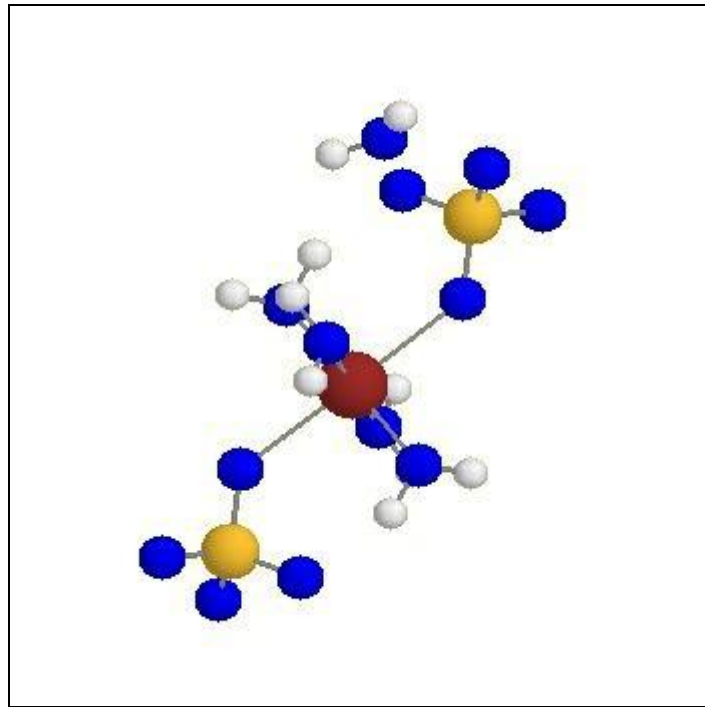
Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται, ο δράση του καθενός και το σημείο στο οποίο προστίθενται παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πιν. 4.1 Χημικά αντιδραστήρια

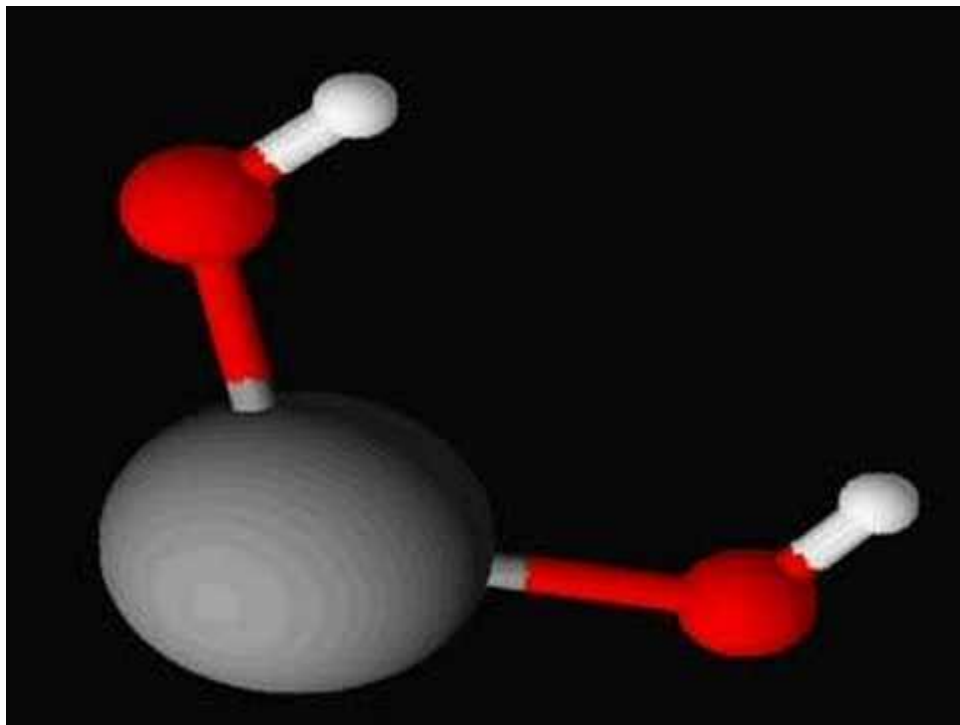
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΟ	ΔΡΑΣΗ	ΣΗΜΕΙΟ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ
Dow-Froth 250	Αφρισμός εντός των κυψελών	Σε όλες τις κυψέλες, όταν κρίνεται απαραίτητο
Θειϊκός Χαλκός (CuSO ₄ ·5H ₂ O)	Ενεργοποίηση της αντίδρασης ZnS με τα ξανθογονικά (Ξανθάτη)	Κύκλωμα επίπλευσης ZnS
Υδράσβεστος (Ca(OH) ₂)	Αύξηση pH	Κυρίως στο κύκλωμα ZnS
Κυανιούχο Νάτριο (NaCN)	Καταβύθιση ZnS	Στο κύκλωμα PbS
Ξανθάτη (ισοπροπυλικό ξανθογονικό άλας του Na) [(CH ₃) ₂ CHOCSNa]	Συλλέκτης (SIPX)	Και στα δύο κυκλώματα



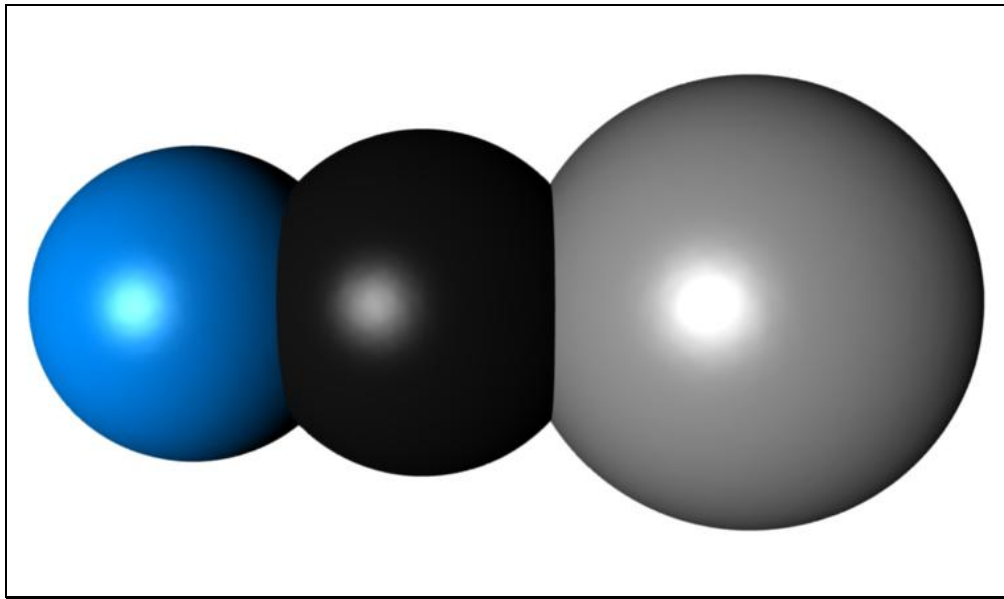
Εικ. 4.1 Μόριο Dow-Froth 250



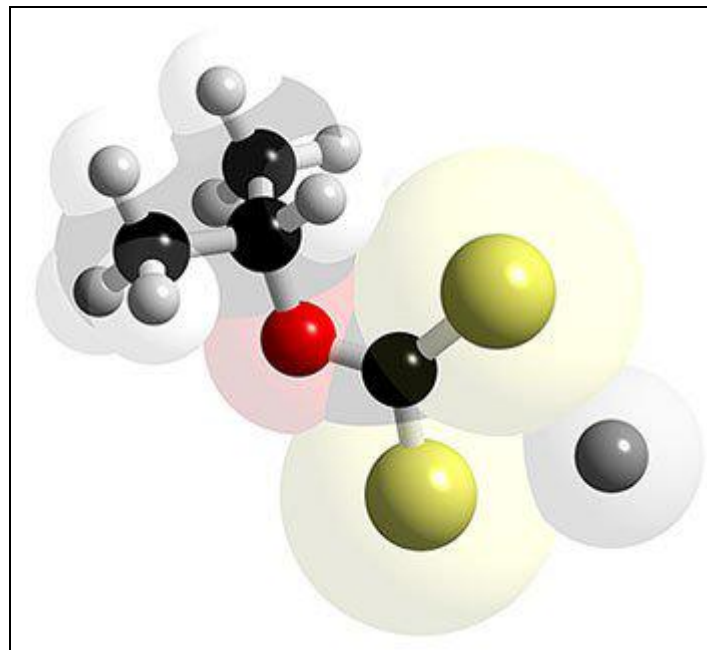
Εικ. 4.2 Μόριο $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



Εικ. 4.3 Μόριο $\text{Ca}(\text{OH})_2$



Εικ. 4.4 Μόριο NaCN



Εικ. 4.5 Μόριο συλλέκτη $(\text{CH}_3)_2\text{CHOCSSNa}$ ή SIPX

Ο προοδοποιημένος πολφός οδηγείται στις κυψέλες επίπλευσης, αρχικά στο κύκλωμα χονδροειδούς διαχωρισμού του γαληνίτη. Εκεί, δημιουργείται αφρός με μηχανική ανάδευση του πολφού και με την προσθήκη αφριστικών.

Γενικά, κατά την επίπλευση τα τεμαχίδια του μεταλλεύματος που απέκτησαν υδρόφοβη επιφάνεια ή επιπλευσιμότητα, όταν έρθουν σε επαφή με τις ανερχόμενες φυσαλίδες προσκολλώνται σε αυτές και, μεταφερόμενα στην επιφάνεια του νερού, διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα. Στην επιφάνεια του νερού σχηματίζουν ένα στρώμα αφρού φορτισμένο με τεμαχίδια, το οποίο απομακρύνεται με τεχνικά μέσα (περιστρεφόμενη πτερωτή). Ο αφρός με τα τεμαχίδια (συμπύκνωμα) υπερχειλίζει από τις κυψέλες και συλλέγεται μέσα σε λούκια. Από εκεί μεταφέρεται με σωλήνες ή αντλίες.

Στις κυψέλες χονδροειδούς διαχωρισμού του γαληνίτη απομακρύνεται με τον αφρό ένα ποσοστό του γαληνίτη. Κρίθηκε σκόπιμο να ακολουθήσει και περαιτέρω διαχωρισμός (καθαρός) σε ξεχωριστό κύκλωμα επίπλευσης ώστε το τελικό προϊόν να είναι υψηλότερης καθαρότητας. Επομένως, ο αφρός που προκύπτει από το χονδροειδή διαχωρισμό οδηγείται στις κυψέλες του καθαρού διαχωρισμού.

Το απόρριμμα του χονδροειδούς διαχωρισμού του γαληνίτη οδηγείται στον προοδοποιητή του σφαλερίτη. Εκεί, προστίθενται τα απαραίτητα αντιδραστήρια και το υλικό προετοιμάζεται για την επίπλευση του σφαλερίτη που ακολουθεί. Επιπλέον, το απόρριμμα του καθαρού διαχωρισμού επανακυκλοφορεί και τροφοδοτείται στις κυψέλες χονδροειδούς διαχωρισμού.

Η επίπλευση του σφαλερίτη γίνεται, όπως και του γαληνίτη, σε δύο στάδια (χονδροειδής και καθαρός διαχωρισμός) για να επιτευχθεί καλύτερο τελικό προϊόν.

Το συμπύκνωμα από τον καθαρό διαχωρισμό του γαληνίτη και το συμπύκνωμα από τον καθαρό διαχωρισμό του σφαλερίτη οδηγούνται σε πυκνωτές. Ο πυκνωτής αποτελείται από μία κυλινδρική δεξαμενή μεγάλης διαμέτρου κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο πυθμένας της δεξαμενής σχηματίζει αβαθή κώνο, ενώ το χείλος φέρει περιφερειακό οχετό λήψης της υπερχειλίσης. Η τροφοδοσία του πολφού γίνεται στο κέντρο της δεξαμενής. Τα στερεά τεμαχίδια καταβυθίζονται και σχηματίζουν στον πυθμένα πυκνό πολφό, ενώ από την υπερχείλιση εκρέει νερό που επιστρέφει στο εργοστάσιο.

Μετά την πυκνωση ο πολφός έχει πυκνότητα σε στερεά περίπου 50%. Ακολουθεί περαιτέρω αφυδάτωση σε δισκοφόρο διηθητήρα, όπου το υλικό μεταφέρεται από τον πυκνωτή με αντλία διαφράγματος.

Για τη διήθηση, όπως αναφέρθηκε, χρησιμοποιείται δισκοφόρος διηθητήρας. Αποτελείται από δίσκους οι οποίοι περιστρέφονται μέσα σε μία σκάφη. Η εξωτερική επιφάνεια του κάθε δίσκου είναι διάτρητη και καλύπτεται από ύφασμα διηθήσεως. Κατά την περιστροφή του δίσκου, στο βυθισμένο μέσα στον πολφό τμήμα διενεργείται αναρρόφηση, επικόλληση των τεμαχιδίων στο ύφασμα και σχηματισμός ενός στρώματος από αυτά. Το στρώμα τεμαχιδίων απομακρύνεται με απόξεση από το ύφασμα όταν το τμήμα αυτό του δίσκου βρίσκεται εκτός πολφού. Το νερό επιστρέφει στο εργοστάσιο.

Από τους δισκοφόρους διηθητήρες τα συμπυκνώματα γαληνίτη και σφαλερίτη οδηγούνται στις αντίστοιχες πλατείες αποθήκευσης μέχρι την τελική τους διάθεση.

Το τελικό απόρριμμα(τέλμα) της επίπλευσης οδηγείται σε δύο πυκνωτές που λειτουργούν παράλληλα. Μετά την πύκνωσή του το τελικό απόρριμμα οδηγείται με φορητά αυτοκίνητα σε φράγμα απόθεσης. Στην παρούσα μελέτη ο υπολογισμός του φράγματος δεν ήταν δυνατός εφ'όσον δεν είναι γνωστή η μορφολογία του εδάφους της περιοχής. Γενικά, στην κατασκευή ενός φράγματος πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε η χωρητικότητα του να καλύπτει το εργοστάσιο για αρκετό χρονικό διάστημα.

Παρακάτω απεικονίζεται το διάγραμμα ροής του υπό μελέτη εργοστασίου, το οποίο κατασκευάστηκε με χρήση του προγράμματος MODSIM® v.3.6.14 .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Από το διάγραμμα ροής, την απαίτηση της δυναμικότητας του εργοστασίου για εμπλουτισμό 1.200 τόνων μεταλλεύματος την ημέρα και την προϋπόθεση ότι το εργοστάσιο θα λειτουργεί σε τρεις βάρδιες, υπολογίστηκαν τα διάφορα κυκλώματα θραύσης, κοσκίνισης, λειοτρίβησης και εμπλουτισμού.

Από το διάγραμμα ροής και τα αναφερόμενα στοιχεία υπολογίστηκαν τα μηχανήματα εμπλουτισμού. Ο υπολογισμός έγινε από αντίστοιχους πίνακες των κατασκευαστών ή από απ'ευθείας υπολογισμό.

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

5.1.1 ΠΡΩΤΗ ΑΠΟΘΗΚΗ

Στην αποθήκη αυτή αποθηκεύεται το μέταλλευμα που τροφοδοτεί το κύκλωμα πρωτογενούς θραύσης. Η αποθήκη αυτή θα πρέπει να καλύπτει τις ανάγκες παραγωγής για τουλάχιστον 4 h λειτουργίας του εργοστασίου. Εφ'όσον η τροφοδοσία του εργοστασίου είναι 50 t/h και το φαινόμενο ειδικό βάρος του μεταλλεύματος είναι περίπου 2 t/m^3 , ο όγκος της αποθήκης θα πρέπει να είναι $4 \cdot 50 / 2 = 100 \text{ m}^3$. Ο όγκος της αποθήκης αποτελείται από τον όγκο του παραλληλεπίπεδου και τον όγκο της πυραμίδας. Το ύψος του παραλληλεπίπεδου είναι 5m, το πλάτος του 4 m και το μήκος του επίσης 4m. Άρα, ο όγκος του είναι $V_1 = 4 \cdot 4 \cdot 5 = 80 \text{ m}^3$. Ο όγκος της πυραμίδας είναι $V_2 = 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot (1/3) = 21,3 \text{ m}^3$, όπου το ύψος της είναι 4m. Συνεπώς, συνολικά ο όγκος της αποθήκης είναι $V = V_1 + V_2 = 101,3 \text{ m}^3$. Το άνοιγμα της τροφοδοσίας είναι 750*750 mm αφού το μεγαλύτερο κομμάτι μεταλλεύματος είναι 500 mm.

5.1.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΟΘΗΚΗ

Η αποθήκη αυτή δέχεται το ταξινομημένο μέταλλευμα από το κόσκινο και το αποθηκεύει για τις ανάγκες του κυκλώματος λειοτρίβησης. Η δεύτερη αποθήκη θα είναι πανομοιότυπη με την πρώτη, δηλαδή θα αποτελείται από ένα παραλληλεπίπεδο $4 \cdot 4 \cdot 5$ και μία πυραμίδα $4 \cdot 4$ με ύψος 4 m και ο όγκος της θα είναι $101,3 \text{ m}^3$.

5.1.3 ΑΠΟΘΗΚΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

Τα συμπυκνώματα θα αποθηκεύονται μέχρι την τελική τους διάθεση σε στεγασμένες πλατείες πλησίον του εργοστασίου. Οι πλατείες αυτές θα πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμες από φορτηγά αυτοκίνητα.

5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΝΟΥΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΩΝ

Στο εργοστάσιο χρησιμοποιούνται δύο δονούμενοι τροφοδότες, ο ένας στην πρώτη και ο άλλος στην δεύτερη αποθήκη μεταλλεύματος.

Η παροχή της τροφοδοσίας τους είναι $50\text{t/h} : 2\text{t/m}^3 = 25\text{ m}^3/\text{h}$. Το άνοιγμα της χοάνης πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσιο από το μεγαλύτερο μέγεθος κομματιού για λόγους ασφαλείας. Για τον πρώτο το άνοιγμα της χοάνης είναι $3 \cdot 500 = 1.500\text{ mm}$.

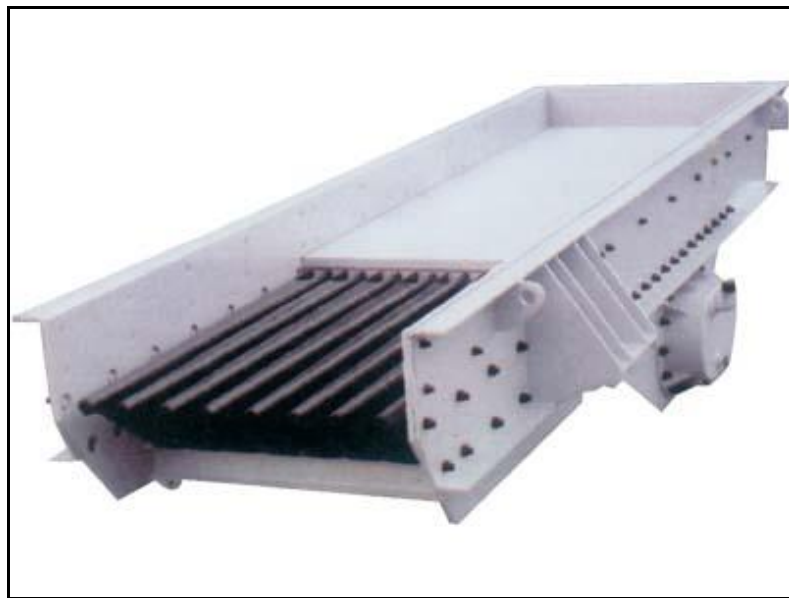
Επιλέγεται (από Πιν. 5.1) δονούμενος τροφοδότης με τα εξής χαρακτηριστικά:

Τύπος μαγνητικού πεδίου: TS50/24U

Παροχή: $37\text{ m}^3/\text{h}$

Πλάτος πηνίου: 320 mm

Επιφάνεια πηνίου: 4 dm^2



Εικ. 5.1 Δονούμενος τροφοδότης

Πιν. 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά δονούμενων τροφοδοτών

Τύπος Μαγνητικού πηνίου	Πλάτος mm	επιφά- νεια dm ²	m ³ /h σε αντιστοιχεία μήκους σκάφης σε mm											
			500	600	800	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
T10/6	230	2.4	8	7	6									
TS50/12U				29	28	27	26	24	20	17				
TS50/12U	320	4		40	36	32	25	20						
TS50/24U				48	45	42	40	37						
TS50/12U	400	5.6		45	38	30	25							
TS100/24U				60	56	52	48	44	40	36	32	30		
TS200/35U										62	60	56	52	48
TS100/24U	500	8			65	60	50	40	32					
TS200/35U						85	80	75	70	65	60	56	52	50
TS100/24U	650	11.7			70	65	55	45						
TS200/35U						110	100	90	80	70	65	60	55	50
TS400/60U						145	140	130	125	115	100	95	90	85
TS400/80U										120	115	110	105	100
TS400/80U	800	16						150	140	130	120	110	100	
TS800/175U								180	170	160	155	150	140	
TS400/80U	1000	20					175	160	150	145	135	125	110	100
TS800/175U								200	195	195	180	175	165	160
TS800/80U	1250	29					270	245	230	210	185	160	150	130
TS1400/2x175U							310	300	290	280	270	260	255	250
TS800/175U	1500	39					315	295	245	210	195	175	160	
TS1400/2x175U							385	365	350	340	330	320	310	
TS1400/2x175U	1800	66						575	525	485	465	450	440	

5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΡΑΥΣΤΗΡΑ ΣΙΑΓΟΝΩΝ

Ο θραυστήρας σιαγόνων τροφοδοτείται με 50 t/h υλικό μεγέθους -500 mm. Κατά την έξοδο από τον θραυστήρα το υλικό πρέπει να έχει μέγεθος -125 mm.

Επιλέγεται (από Πιν. 5.2) θραυστήρας με τα εξής χαρακτηριστικά:

Τύπος: 8050

Βάρος: 12,3 t

Ισχύς: 100HP=73,6 kW

RPM: 280

Παλμική κίνηση: 25,4 mm

Άνοιγμα τροφοδοσίας: 800*500 mm

Δυναμικότητα (t/h) στην κλειστή θέση αποκένωσης: 50-65 t/h



Εικ. 5.2 Θραυστήρας σιαγόνων

Πιν 5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά θραυστήρων σιαγόνων

Τύπος	Βάρος t	Ισχύς HP	στρο./ min	Παλιική κίνηση in mm	Άνοιγμα τροφοδο- σίας mm	t/h στην κλειστή θέση αποκέντρωσης των σιαγόνων															
						1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10	12 in
C						6,3	12,5	19,0	25,4	37,9	50,8	76,2	101,6	114,1	127,0	152,4	177,8	203,2	228,6	254,0	304 mm
2015	0,6	10	380	1/2 12,5	200×150	1,5-2	2-3	3-4	4-5	5-6,5											
3020	1,85	15	350	2/3 19,0	300×200		5-6,5	6-8	8-10	10-13											
4230	3,4	25	350	2/3 19	420×300		7-8	8-10	10-13	12-15	15-20										
4535	4,3	25	300	2/3 19	450×350				10-13	12-16	15-20	20-25	25-32								
6240	7,1	40	280	2/3 19	620×400				15-20	20-26	25-32	35-45	40-50								
8050	12,3	75	280	1 25,4	800×500						50-65	60-80	65-85	70-90	80-105						
10060	25,0	100	250	1 25,4	1000×600						65-85	80-105	87-119	95-125	110-145	125-165	140-180				
11080	35,3	125	240	1 25,4	1100×800							90-140	100-155	110-170	140-200	160-230	175-260	200-290			
12090	54,0	150	230	1 25,4	1200×900							110-150	120-170	130-190	155-230	175-260	200-300	220-340	235-375		
150120	115,0	200	230	1 1/2 37,9	1500×1200												270-400	300-430	310-480	360-580	

5.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ ΘΡΑΥΣΗΣ

Θα υπολογιστεί το κυκλοφορούν φορτίο του κυκλώματος.

Νέα τροφοδοσία $T = 50$ t/h

T (τελικό προϊόν) = 50 t/h

Τροφοδοσία θραυστήρα = Προϊόν θραυστήρα = $(T+W_g)$ με ποσοστό υπομεγέθους $u = 80\%$ (-25 mm)

$E = 90\%$ (απόδοση κοσκίνισης)

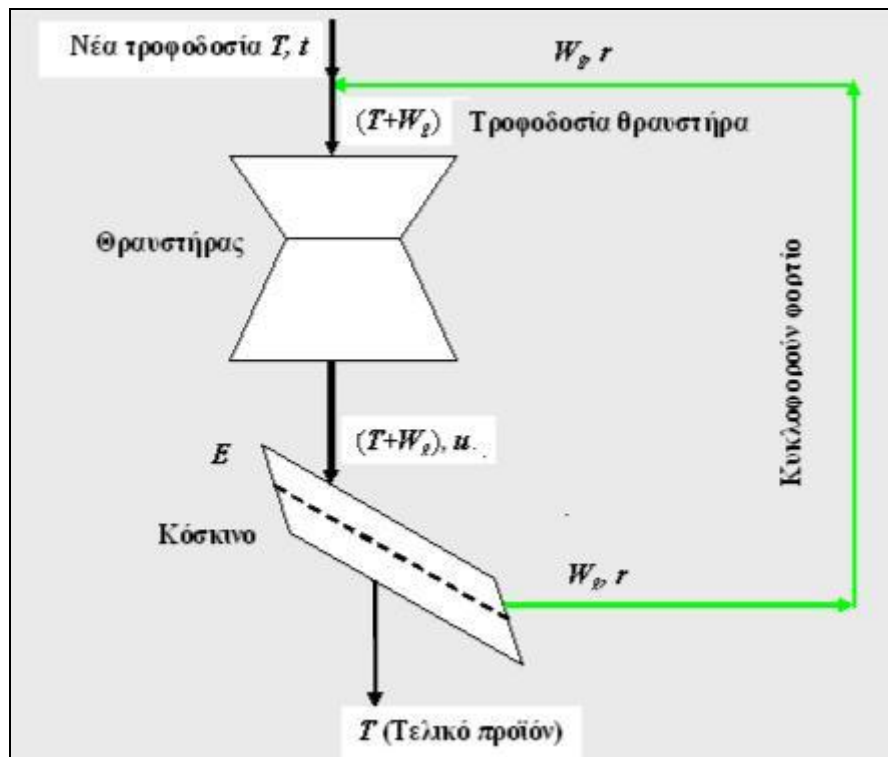
Όμως $E = T / [(T+W_g)*u] = 0,9$ (επειδή $E = 90\%$)

Άρα, λύνοντας ως προς W_g προκύπτει:

$W_g = 19,45$ t/h (κυκλοφορούν φορτίο)

Από αυτό συμπεραίνεται ότι ο θραυστήρας (όπως και το κόσκινο) δέχονται $50+19,45 = 69,45$ t/h

Παρακάτω απεικονίζεται το κλειστό κύκλωμα θραύσης-κοσκίνισης.



Εικ. 5.3 Κλειστό κύκλωμα θραύσης-κοσκίνισης

5.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΥ ΚΟΣΚΙΝΟΥ

Για τον προσδιορισμό της επιφάνειας κοσκίνισης, όταν η τροφοδοσία του κοσκίνου είναι T (t/h) και περιέχει O (t/h) υπερμεγέθος, χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση, που περιλαμβάνει στον παρονομαστή διορθωτικούς συντελεστές στην περίπτωση «εκτροπής» από δεδομένες συνθήκες κοσκίνισης.

$$S = (T - O) / (A * B * C * D * F * H * J * M * W)$$

Όπου, S η επιφάνεια κοσκίνισης

A παράγοντας που αναφέρεται στην βασική δυναμικότητα του δεδομένου ανοίγματος κοσκίνου

B παράγοντας που σχετίζεται με το % ποσοστό υπερμεγέθους στην τροφοδοσία

C παράγοντας που σχετίζεται με το % ποσοστό υπομεγέθους μισού ανοίγματος στην τροφοδοσία

D παράγοντας που λαμβάνεται υπ' όψιν σε κόσκινα πολλαπλών καταστρώματων

F παράγοντας που σχετίζεται με το φαινόμενο ειδ.βάρους

H παράγοντας που λαμβάνεται υπ' όψιν όταν η βροχίδα του πλέγματος δεν είναι τετραγωνικού σχήματος

J παράγοντας που σχετίζεται με την απόδοση κοσκίνισης

M παράγοντας που σχετίζεται με το ποσοστό υγρασίας στην τροφοδοσία

W παράγοντας που λαμβάνεται υπ' όψιν όταν γίνεται υγρή κοσκίνιση

Επιλέγοντας τιμές για τους παραπάνω συντελεστές (από Πιν. 5.4) , υπολογίζουμε:

$$S = 0,6 \text{ m}^2$$

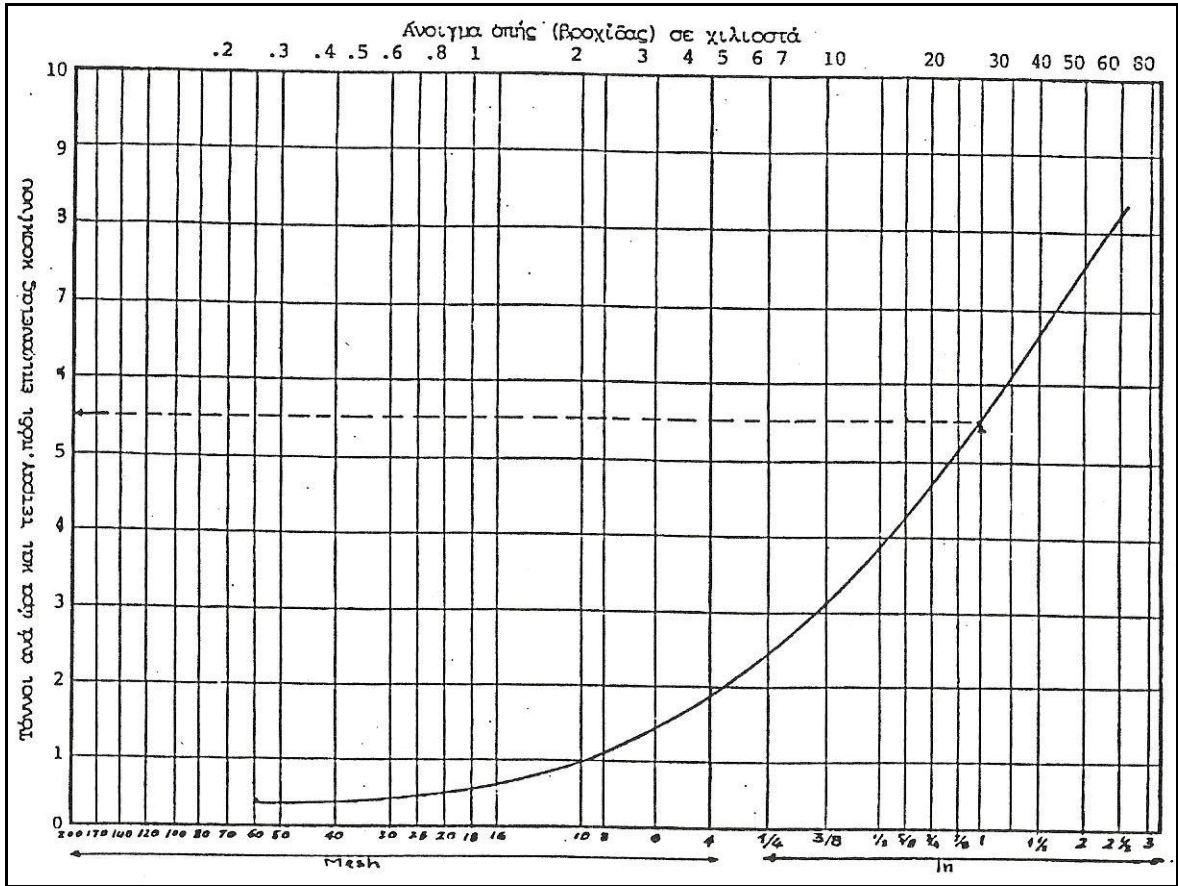
Για λόγους ασφαλείας, η παραπάνω υπολογισθείσα επιφάνεια προσαυξάνεται στα $0,75 \text{ m}^2$.

Συνεπώς, επιλέγεται (από Πιν. 5.5) δονούμενο κόσκινο $50 * 150$, 1 καταστρώματος και ισχύος $1,5 \text{ kW}$.



Εικ. 5.4 Δονούμενο κόσκινο

Πιν. 5.3 Σχεδιάγραμμα εύρεσης θεωρητικής δυναμικότητας κοσκίνου σε t/sq.ft και σε συνάρτηση με την οπή του πλέγματος



Πιν. 5.4 Συντελεστές δυναμικότητας δονούμενων κοσκίνων

ποσοστό % για τον αντίστοιχο συντελεστή	Τιμές Συντελεστών					
	γ	Η	Μ	η	Κ	ω
0	0,91	-0,2	1,00			
1 - 4			0,95			
5	0,92	0,3	0,90		1. Κατάστρωμα 1,0	Βάρος εξορυγμένου ύλικου σε 1 m ³
6			0,88			
7			0,85			
8			0,80			
9			0,78		2. Καταστρώ- ματα 0,9	
10	0,94	0,4	0,75			Λιθάνρακας 1 t/m ³ ω = 0,63
15	0,95	0,5	0,5			
20	0,97	0,6				
25	1,00	0,7				
30	1,03	0,8			3. Καταστρώ- ματα 0,75	Μετάλλευμα μέ 1,2t/m ³ ω = 0,75
35	1,06	0,9				Μετάλλευμα μέ 1,4t/m ³ ω = 0,88
40	1,09	1,0				
45	1,13	1,1				
50	1,18	1,2		2,0		Μετάλλευμα μέ 1,6t/m ³ ω = 1,00
55	1,25	1,3		1,9		
60	1,32	1,4		1,8		Μετάλλευμα μέ 1,8t/m ³ ω = 1,13
65	1,42	1,5		1,7		
70	1,55	1,6		1,6		Μετάλλευμα μέ 2 t/m ³ ω = 1,25
75	1,75	1,7		1,5		
80	2,00	1,8		1,4		Μετάλλευμα μέ 2,2t/m ³ ω = 1,3
85	2,65	1,9		1,3		
90	3,36	2,0		1,2		Μετάλλευμα μέ 2,4t/m ³ ω = 1,50
92				1,1		
94				1,0		
96				0,9		
98				0,8		

Πιν. 5.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά δονούμενων κοσκίνων

Σειρά	VD	Σειρά	VD	Επιφάνεια κοσκίνων m ²	Αριθμός καταστρω- μάτων	Ισχύς Kw
		VP 50x150		0,75	1 - 4	1,5
		VP 75x250		1,875	1 - 4	5,5
VD	75x250			1,875	1 - 2	4
		VP 100x300		3	1 - 4	7,5
VD	100x300			3	1 - 2	5,5
		VP 125x350		4,375	1 - 4	11
VD	125x350			4,375	1 - 2	7,5
		VP 150x400		6	1 - 4	15
VD	150x400			6	1 - 2	11
		VP 175x450		7,875	1 - 3	18,5
VD	175x450			7,875	1 - 2	15
		VP 200x500		10	1 - 3	22
VD	200x500			10	1 - 2	18,5
		VP 225x550		12,375	1 - 3	30
VD	225x550			12,375	1 - 2	22
		VP 250x600		15	1 - 3	37
VD	250x600			15	1 - 2	30
VD	250x700			17,5	1 - 2	37

5.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΩΝΙΚΟΥ ΘΡΑΥΣΤΗΡΑ

Ο κωνικός θραυστήρας τροφοδοτείται με το κυκλοφορούν φορτίο του κυκλώματος, δηλαδή 69,45 t/h. Το υλικό τροφοδοσίας έχει μέγεθος -125 mm και πρέπει κατά την έξοδο του να έχει -25 mm.

Επιλέγεται (από Πιν. 5.6) θραυστήρας με τα εξής χαρακτηριστικά:

Μέγεθος θραυστήρα: 4 ¼ ft (1295 mm)

Τύπος κοιλότητας: Χονδρός

Ελάχιστη θέση αποκένωσης C: 8 mm

Άνοιγμα τροφοδοσίας ελάχιστο C: Κλειστή πλευρά: 70 mm, Ανοικτή πλευρά: 102 mm

Δυναμικότητα (t/h) στη θέση αποκένωσης: 72,5(καθαρό διερχόμενο), 108,7(τροφοδοσία)

Ισχύς: 170 HP=119 kW



Εικ. 5.5 Κωνικός θραυστήρας

Πιν. 5.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά κωνικών θραυστήρων

Μένεθος θραυστήρα	Τύπος κοιλότητας	Ελάχιστη θέση Αποκένωσης C	Άνοιγμα τροφοδοσίας για ελάχιστο C		t/h στη θέση αποκένωσης C																Ισχύς στρ./ min	Βάρος t		
			Κλειστή πλευρά	Ανοικτή πλευρά	1: καθαρό διερχόμενο προϊόν 2: περίπου t/h που τροφοδοτεί το θραυστήρα (καθάρ προϊόν και ανακύκλιση)																			
					1/8	3/16	5/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	19/32	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/8	1 1/2	1 5/8			1 3/4	1 7/8
2 610	ψιλλός χονδρός	1/8 in 3/16	3/4 1 1/2	19 38	35 51	9,0 18,1	14,5 28,1	18,1 36,2	23,5 46,9	16,3 32,6	24,5 48,9	18,1 36,2	27,2 54,4	36,2 72,4	23,5 46,9	36,2 72,4	27,2 54,4	40,8 81,6	27,2 54,4	40,8 81,6	27,2 54,4	40,8 81,6	30-50	4.581
3	ψιλλός μέτριος χονδρός	1/8 3/8 1/4	1/2 1 2	13 25 51	41 76	27,2 54,4 81,6	36,2 72,4 108,7	54,4 108,7 163,1	72,4 144,8 217,1	36,2 72,4 108,7	54,4 108,7 163,1	72,4 144,8 217,1	108,7 217,1 325,6	144,8 289,6 434,4	72,4 144,8 217,1	108,7 217,1 325,6	144,8 289,6 434,4	217,1 434,4 651,6	144,8 289,6 434,4	217,1 434,4 651,6	217,1 434,4 651,6	75-100	10.523	
4 1295	ψιλλός μέτριος χονδρός πολύ χονδρός	1/8 1/4 3/8 5/8	1 2 4 8	29 41 70 121	64 76 102 140	45,3 72,4 108,7 144,8	63,4 95,1 144,8 193,1	90,6 135,9 203,8 271,8	135,9 203,8 305,7 407,6	63,4 95,1 144,8 193,1	90,6 135,9 203,8 271,8	135,9 203,8 305,7 407,6	203,8 305,7 458,6 611,5	271,8 407,6 611,5 815,3	135,9 203,8 305,7 407,6	203,8 305,7 458,6 611,5	271,8 407,6 611,5 815,3	407,6 611,5 917,2 1222,9	271,8 407,6 611,5 815,3	407,6 611,5 917,2 1222,9	150-200	21.500		
5	ψιλλός μέτριος μέτρ.-χονδρός χονδρός πολύ χονδρός	3/16 1/4 3/8 1/2	1 2 4 8	25 44 65 83	64 83 98 117	67,9 101,8 152,7 203,6	101,8 152,7 229,0 305,1	152,7 229,0 343,5 458,0	229,0 343,5 515,2 687,0	101,8 152,7 229,0 305,1	152,7 229,0 343,5 458,0	229,0 343,5 515,2 687,0	343,5 515,2 772,8 1029,9	458,0 687,0 1029,9 1373,2	152,7 229,0 343,5 458,0	229,0 343,5 515,2 687,0	343,5 515,2 772,8 1029,9	458,0 687,0 1029,9 1373,2	458,0 687,0 1029,9 1373,2	458,0 687,0 1029,9 1373,2	200-250	42.139		
5 1524	ψιλλός μέτριος χονδρός πολύ χονδρός	3/16 1/4 3/8 1/2	1 2 4 8	35 54 95 133	70 89 133 184	81,5 122,2 183,3 244,4	122,2 183,3 274,9 366,5	183,3 274,9 412,4 549,9	274,9 412,4 619,1 825,8	122,2 183,3 274,9 366,5	183,3 274,9 412,4 549,9	274,9 412,4 619,1 825,8	412,4 619,1 928,7 1237,6	549,9 825,8 1237,6 1650,5	183,3 274,9 412,4 549,9	274,9 412,4 619,1 825,8	412,4 619,1 928,7 1237,6	549,9 825,8 1237,6 1650,5	549,9 825,8 1237,6 1650,5	549,9 825,8 1237,6 1650,5	200-250	42.593		
5 1676	ψιλλός μέτριος χονδρός πολύ χονδρός	3/16 1/4 3/8 1/2	1 2 4 8	152 217 325 434	184 210	117,8 176,7 265,0 353,3	176,7 265,0 397,5 530,0	265,0 397,5 596,3 795,0	397,5 596,3 894,8 1193,7	117,8 176,7 265,0 353,3	176,7 265,0 397,5 530,0	265,0 397,5 596,3 795,0	397,5 596,3 894,8 1193,7	530,0 795,0 1193,7 1592,6	265,0 397,5 596,3 795,0	397,5 596,3 894,8 1193,7	596,3 894,8 1393,7 1892,6	795,0 1193,7 1792,6 2391,5	795,0 1193,7 1792,6 2391,5	795,0 1193,7 1792,6 2391,5	200-250	42.593		
7	ψιλλός μέτριος χονδρός πολύ χονδρός	3/16 3/8 1/2 5/7	2 3 5 8	51 98 127 160	95 146 178 210	217,4 325,1 492,7 656,3	325,1 492,7 729,0 972,0	492,7 729,0 1093,5 1458,0	729,0 1093,5 1640,2 2187,0	217,4 325,1 492,7 656,3	325,1 492,7 729,0 972,0	492,7 729,0 1093,5 1458,0	729,0 1093,5 1640,2 2187,0	972,0 1458,0 2187,0 2916,0	492,7 729,0 1093,5 1458,0	729,0 1093,5 1640,2 2187,0	1093,5 1640,2 2458,5 3277,0	1458,0 2187,0 3277,0 4369,0	1458,0 2187,0 3277,0 4369,0	1458,0 2187,0 3277,0 4369,0	300-350	70.128		

5.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ

Στο υπό μελέτη εργοστάσιο χρησιμοποιούνται τρεις μεταφορικές ταινίες:

1. Η ταινία που μεταφέρει το μέταλλευμα από τον θραυστήρα στο κύκλωμα δευτερογενούς θραύσης, δηλαδή στο κόσκινο και στον κωνικό θραυστήρα. Για τροφοδοσία 50 t/h και φαινόμενο ειδικό βάρος 2 t/m^3 προκύπτει ότι η ταινία θα έχει πλάτος 45 cm και γωνία περίπου 15° . Επίσης, προκύπτει ότι το μήκος του ράουλου θα είναι 600 mm, ενώ το πλάτος της κατασκευής θα είναι 750 mm.

Για τον υπολογισμό της ισχύος της ταινίας χρησιμοποιείται ο τύπος που δίνει την ισχύ για ανοδική κίνηση, δηλαδή $P=P_k+P_o+P_h$. Όπου:

$$P_k=(9,8*f*M*V*L)/1.000 \quad (\text{Ισχύς για την μετακίνηση της ταινίας όταν είναι κενή})$$

$$P_o=(2,73*C*f*Q*L)/1.000 \quad (\text{Ισχύς για οριζόντια μετακίνηση με πλήρες φορτίο})$$

$$P_h=(2,73*Q*h) \quad (\text{Ισχύς για κατακόρυφη μετακίνηση του φορτίου})$$

Όπου:

M: μάζα κινούμενων μερών (χωρίς φορτίο) σε kg

Q: η μεταφερόμενη ποσότητα (πραγματική παροχή) σε kg

C: συντελεστής μήκους ο οποίος λαμβάνεται από πίνακα σε συνάρτηση με το L

f: συντελεστής τριβής

L: η οριζόντια απόσταση μεταφοράς σε m

h: το ολικό κατακόρυφο ύψος σε m

V: η ταχύτητα του ιμάντα σε m/s

Συνεπώς, για μήκος ταινίας 10 m και πλάτος 45 cm υπολογίζεται από το διάγραμμα P_k ότι $P_k=1 \text{ kW}$. Εν συνεχεία, για παροχή 50 t/h και ανύψωση 8m, από το διάγραμμα P_h υπολογίζεται ότι $P_h=0,9 \text{ kW}$. Τέλος, από τον πίνακα P_o βρίσκεται ότι $P_o=0,2 \text{ kW}$.

Αυξάνοντας την υπολογιζόμενη ισχύ κατά 20% για να καλυφθεί η επιπρόσθετη ισχύς που απαιτείται για την εκκίνηση και κατά 50% για λόγους ασφαλείας υπολογίζουμε:

$$P_1=1,2*1,5(1+0,9+0,2)=3,7 \text{ kW}$$

2. Η ταινία που μεταφέρει το υπερμέγεθος του κοσκίνου στην μεταφορική ταινία 1 ώστε να ενωθεί με την τροφοδοσία του κωνικού θραυστήρα. Έχει υπολογιστεί ότι το κυκλοφορούν φορτίο του κλειστού κυκλώματος δευτερογενούς θραύσης είναι 46,4 t/h. Το φορτίο αυτό αποτελεί την τροφοδοσία της ταινίας 2. Για φαινόμενο ειδικό βάρος 2 t/m^3 και τροφοδοσία 46,4 t/h προκύπτει ότι το πλάτος της ταινίας είναι 40 cm. Για μήκος ταινίας 5,5 m και πλάτος 40 cm από το διάγραμμα P_k βρίσκεται ότι $P_k=0,9 \text{ kW}$. Για ανύψωση 3 m, από το διάγραμμα P_h υπολογίζεται ότι $P_h=0,35 \text{ kW}$. Επίσης, από τον πίνακα P_o βρίσκουμε ότι $P_o=0,2 \text{ kW}$.

Συνεπώς, $P_2=1,2*1,5*(0,9+0,35+0,2)=2,61 \text{ kW}$.

3. Η ταινία που μεταφέρει το ταξινομημένο υλικό από το κόσκινο στην αποθήκη του κυκλώματος λειοτρίβισης. Τα χαρακτηριστικά της είναι ίδια με αυτά της ταινίας 1. Άρα, $P_3=3,78 \text{ kW}$.

Οι τρεις ταινίες έχουν συνολική ισχύ $P=P_1+P_2+P_3=10,17 \text{ kW}$.



Εικ. 5.6 Μεταφορικές Ταινίες

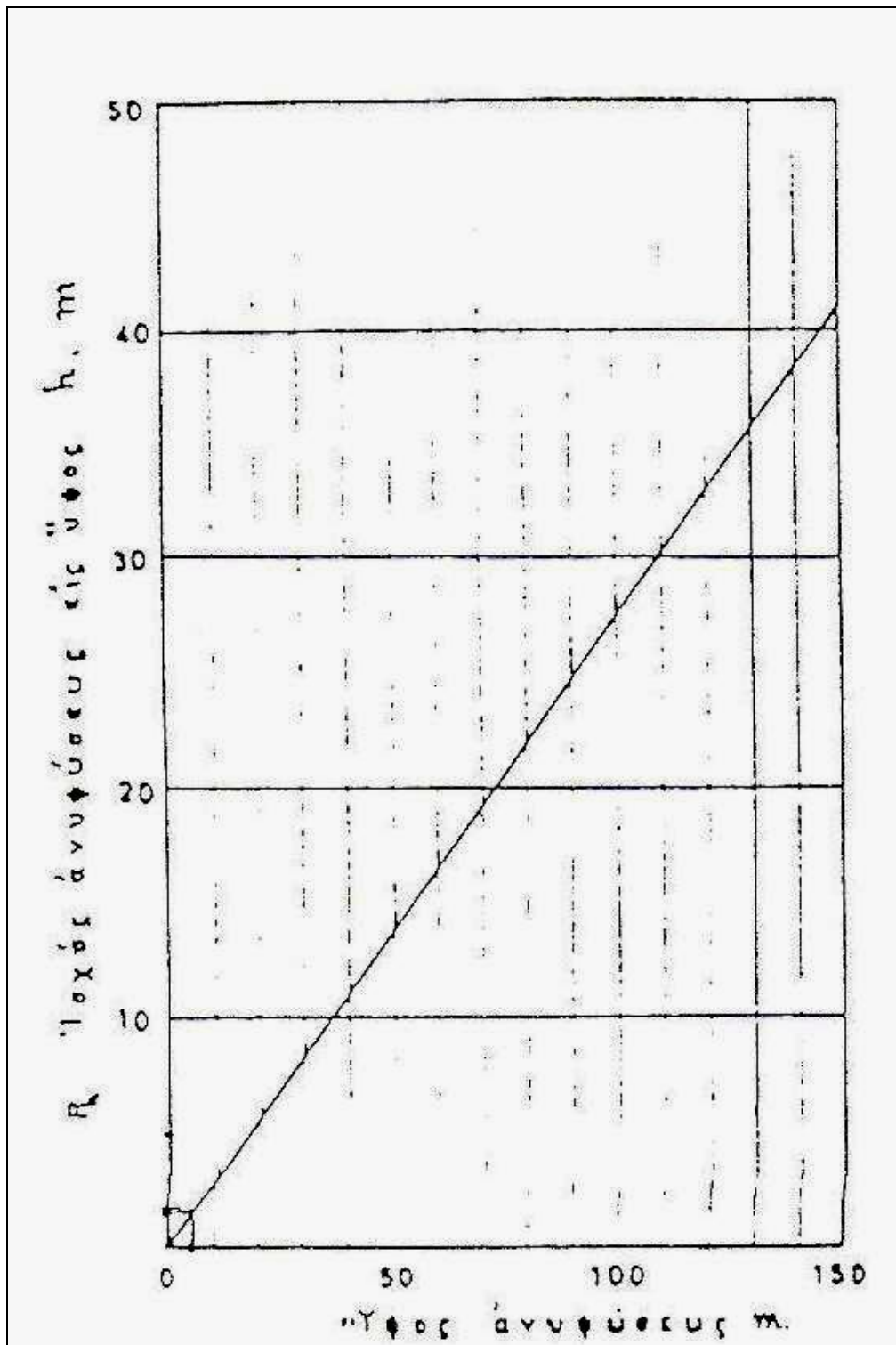
Πιν 5.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεταφορικών ταινιών

Παροχή t/h, σε διάφορα φαινόμενα ειδ. βάρη και κλίση ταινίας		Φαινόμενο ειδικό βάρος t/m ³	Πλάτος ταινίας cm					
			40	45	50	60	75	90
Παροχή ταινίας	t/h	1,6	39	49	61	87	136	195
		2,0	48	62	75	108	170	245
		4	58	73	90	130	204	293
Απαιτούμενη ισχύς σε HP ανά 10 m ταινίας (από άξονα σε άξονα) με ταχύτητα 2 m/sec	0°	1,6	0,16	0,20	0,23	0,33	0,46	0,66
		2,0	0,18	0,23	0,26	0,38	0,53	0,76
		2,4	0,20	0,26	0,30	0,43	0,60	0,86
	5°	1,6	0,30	0,33	0,43	0,63	0,93	1,30
		2,0	0,35	0,41	0,51	0,73	1,10	1,55
		2,4	0,40	0,50	0,60	0,83	1,26	1,80
	10°	1,6	0,43	0,53	0,63	0,90	1,35	1,91
		2,0	0,50	0,63	0,76	1,08	1,63	2,33
		2,4	0,56	0,73	0,90	1,26	1,91	2,73
	15°	1,6	0,53	0,66	0,83	1,16	1,76	2,53
		2,0	0,65	0,81	1,00	1,41	2,16	3,10
		2,4	0,76	0,96	1,16	1,66	2,56	3,66
	20°	1,6	0,66	0,83	1,01	1,40	2,20	3,13
		2,0	0,80	1,01	1,23	1,73	2,68	3,85
		2,4	0,93	1,20	1,45	2,06	3,16	4,56

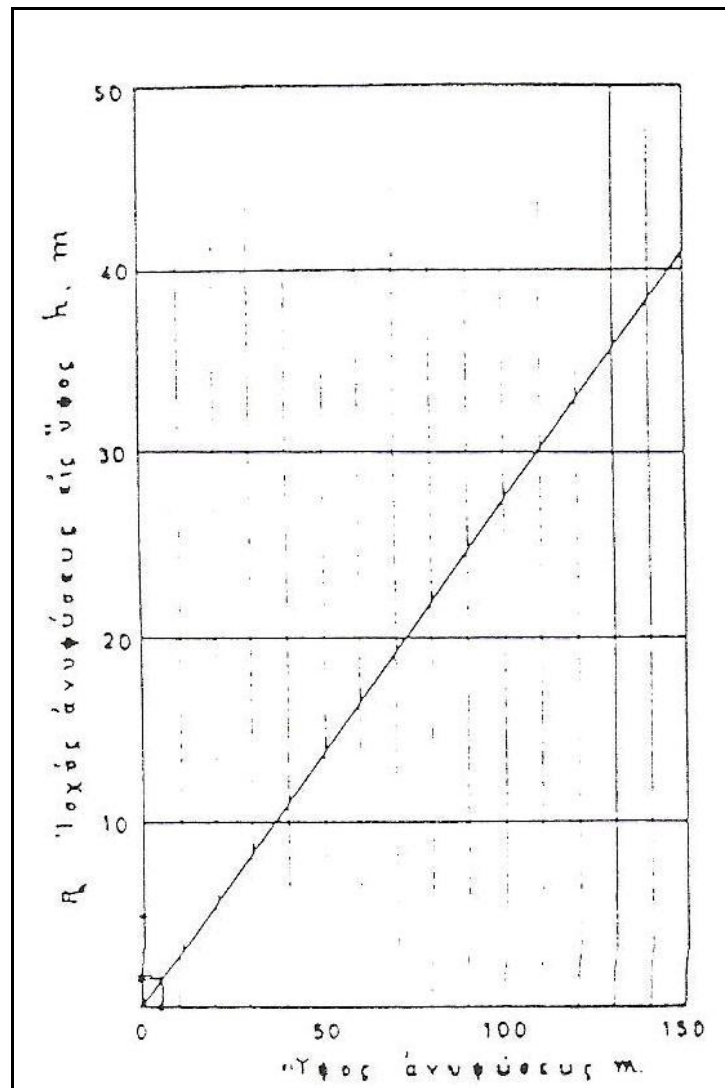
Πιν 5.8 Διαστάσεις για ράουλα επίπεδων ταινιών

Πλάτος ταινίας mm	Μήκος ράουλου mm	Πλάτος κατασκευής mm
400	560	700
500	660	800
650	810	950
800	1010	1150
1000	1210	1350
1200	1460	1600
1400	1660	1800

Πιν. 5.9 Διάγραμμα για την εύρεση της ισχύος κινητήρα μετ. ταινίας P_k χωρίς φορτίο συναρτήσει του μήκους και του πλάτους της ταινίας



Πιν 5.10 Διάγραμμα για την εύρεση της ισχύος κινητήρα μετ. ταινίας P_h για την ανύψωση σε ύψος h



Πιν. 5.11 Ισχύς οριζόντιας μεταφοράς P_0 φορτίου με συν/τη τριβής 0,022

Παροχή l/s	Οριζόντια απόσταση μεταφοράς m																			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
	Ισχύς εκ KW																			
10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
50	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
100	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4
200	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7
500	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.6	4.1	4.5	4.9	5.3	6.0	6.7	7.4	8.2	8.9	9.5	10.1	10.7	11.3	11.8
1000	3.5	4.3	5.0	5.8	6.6	7.2	8.2	8.9	9.7	10.5	12.0	13.5	14.9	16.3	17.7	19.0	20.3	21.5	22.6	23.6
2000	7.0	8.6	10.0	11.6	13.2	14.4	16.4	17.8	19.4	21.0	24.0	27.0	29.8	32.6	35.4	38.0	40.6	43.0	45.2	47.2
3000	10.5	12.9	15.0	17.8	19.8	21.6	24.6	26.7	29.1	31.5	36.0	40.5	44.7	48.9	53.1	57.0	60.9	64.5	67.8	70.6

5.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΛΕΙΟΤΡΙΒΙΣΗΣ

Γνωρίζοντας την πυκνότητα υπερχείλισης του υδροταξινομητή (30%), την πυκνότητα εξαγωγής του σφαιρόμυλου (50%) και την πυκνότητα αποκένωσης του υδροταξινομητή (83%) μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής κυκλοφορούντος φορτίου φ του κλειστού κυκλώματος λειοτριβίσης:

$$\varphi = (D_o - D_m) / (D_m - D_s) \quad \text{όπου:}$$

$$D_o = (100 - 30) / 30 = 2,33$$

$$D_m = (100 - 50) / 50 = 1$$

$$D_s = (100 - 83) / 83 = 0,205$$

Συνεπώς, $\varphi = 1,67$.

5.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΑΒΔΟΜΥΛΟΥ

Δεδομένης της τροφοδοσίας (50 t/h) και του επιθυμητού μεγέθους του υλικού μετά τη λειοτρίβηση (12,5 mm) επιλέγεται (από Πιν. 5.12) ραβδόμυλος με τα εξής χαρακτηριστικά:

Μέγεθος μύλου: 8*12

RPM: 17,5

Ισχύς: 400 HP ή 294,2 kW

Δυναμικότητα: 62,3 t/h



Εικ. 5.7 Ραβδόμυλος

Πιν. 5.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά ραβδόμυλων

Μέγεθος μύλου ft x ft	Στροφές ανά min	Περιφ. ταχύτης m/min	HP	Βάρος ράβδων 45% όγκ. kg	Βάρος Μύλου kg	Δυναμικότητα t/h		
						4mesh	14mesh	35mesh
3x5	32	92	20	3180	4950	4,5	2,8	2,0
3x6	32	92	25	3860	5400	5,4	3,3	2,4
3x8	32	92	30	5220	6720	7,2	3,8	3,1
4x6	27	103	40	5900	12660	10,8	6,4	4,8
4x8	27	103	50	8170	14160	14,5	8,3	6,2
4x10	27	103	60	10440	15300	18,1	10,0	7,5
5x8	24	114	75	12260	20060	22,9	14,0	10,5
5x10	24	114	100	15430	23240	30,6	17,0	12,0
5x12	24	114	125	19070	25780	36,8	20,4	15,4
6x10	22	126	200	22240	34500	44,6	26,4	19,6
6x12	22	126	200	26780	37270	54,4	30,4	22,7
7x10	20	134	250	30870	47260	68,0	39,3	28,5
7x12	20	134	300	37230	57200	81,6	44,6	33,9
8x12	17,5	134	400	47670	66960	108,8	62,3	47,8
8x14	17,5	134	450	55380	72640	122,8	72,7	55,7
9x12	15	129	500	60840	80360	148,5	84,6	62,2
9x14	15	129	600	70820	88980	169,3	98,6	75,9
10x12	14,1	135	700	75360	103970	196,5	112,6	86,1
10x14	14,1	135	800	88530	113960	229,0	131,1	101,3

5.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΙΡΟΜΥΛΟΥ

Ο συντελεστής κυκλοφορούντος φορτίου, όπως υπολογίσθηκε παραπάνω είναι $\phi=2,248$. Συνεπώς, το κυκλοφορούν φορτίο του σφαιρόμυλου θα είναι $K.\Phi.=1,67*50=83,5$ t/h. Το φορτίο του μύλου υπολογίζεται: $83,5+50=133,5$ t/h.

Επιλέγεται (από Πιν. 5.13) να χρησιμοποιηθούν παράλληλα δύο σφαιρόμυλοι 10ft*10ft συνολικής δυναμικότητας 3.100 t/24h για τροφοδοσία -12,5 mm και προϊόν 65 mesh που μπορεί να συγκριθεί με την τροφοδοσία 3.204 t/24h από -10mm σε 70 mesh. Η συνολική ισχύς των δύο σφαιρόμυλων είναι 1.450 HP ή 1.067 kW.



Εικ. 5.8 Σφαιρόμυλος

Πιν. 5.13 Τεχνικά χαρακτηριστικά σφαιρόμυλων

Μέγεθος Σφαιρο-μύλου	Φορτίον σφαιρών Kg	Ίσχύς H.P.	Ταχύτης Μύλου r/min	Δυναμικότης (περίπου) tons/24h					Βάρος μύλου tons
				* Από 12,5 mm εις 48 Mesh	* Από 12,5 mm εις 65 Mesh	* Από 9,5 mm εις 100 Mesh	* Από 6,3 mm εις 150 Mesh	* Από 6,3 mm εις 200 Mesh	
42' 'x60' '	2.530	19-22	34	33	27	16	13	10	6,8
4ftx3ft	2.460	20-24	30	40	32	19	16	12	8,1
4x5	4.120	35-40	30	68	54	32	27	19	9,9
5x4	4.750	44-55	27	92	74	46	37	29	13,6
5x6	7.110	66-75	27	138	111	68	55	43	15,4
6x4,5	8.040	85-95	24	190	154	95	77	59	24,9
6x6	10.730	115-127	24	253	204	126	102	78	27,2
7x5	11.860	135-150	22,5	326	263	163	131	102	37,2
7x7	16.300	190-210	22,5	453	362	226	183	142	40,8
8x6	18.300	220-245	21	566	453	281	226	176	49,8
8x8	24.370	290-325	21	748	598	371	299	231	54,4
9x7	27.000	345-380	20	925	739	458	371	285	68,0
9x9	34.600	450-490	20	1179	947	580	471	362	74,8
10x9	46.000	630-675	18	1723	1387	857	693	535	102,4
10x10	51.100	700-750	18	1900	1540	952	770	594	105,2

Παρατηρήσεις: Ή δυναμικότης καί ή ισχύς υπελογίσθησαν επί μεταλλεύματος μετρίας σκληρότητας. Ο σφαιρό-μυλος περιστρέφεται μέ 75-80% τής κρισίμου ταχύτητας καί ό όγκος τών σφαιρών καταλαμβάνει τό 45% του όγκου του μύλου. Κλεισιόν κύκλωμα λειτουργίας

5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗ

Ο υδροταξινομητής δίνει στην υπερχειλίση 50 t ξηρό μετάλλευμα 0,212 mm, οπότε από τον πίνακα δυναμικότητας επιφάνειας σκάφης υδροταξινομητή λαμβάνεται η τιμή 0,237 περίπου ενώ η μέση πυκνότητα σε στερεά είναι 28%.

Με τις συνθήκες αυτές η επιφάνεια του υδροταξινομητή θα είναι:

$$E=50/0,237=210,9 \text{ sq.ft}$$

Το ειδικό βάρος του μεταλλεύματος είναι 3,2 , το οποίο επιδρά στην επιφάνεια του υδροταξινομητή. Από το διάγραμμα επίδρασης του ειδ.βάρους στον υπολογισμό της επιφάνειας σκάφης του υδροταξινομητή βρίσκεται ότι η τιμή 112% περίπου, άρα, η τελική απαιτούμενη επιφάνεια είναι:

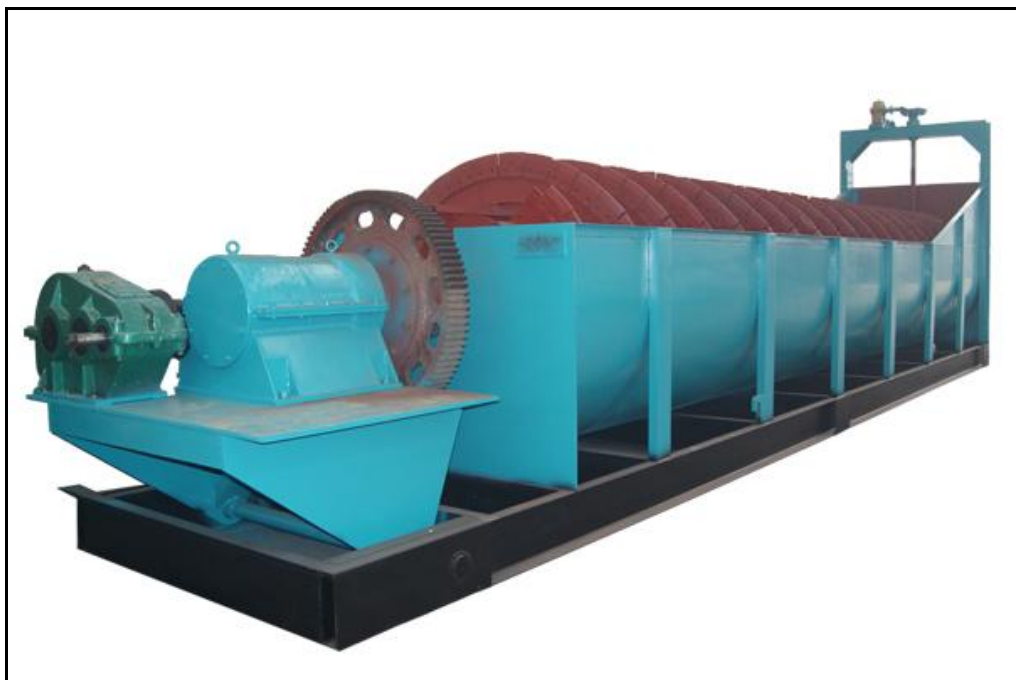
$$E=210,9/1,12=188,36 \text{ sq.ft}=17,5 \text{ m}^2$$

Επιλέγονται (από Πιν. 5.16), συνεπώς, δύο υδροταξινομητές με τα εξής χαρακτηριστικά:

Διάμετρος σπείρας: 48"

Τύπος σκάφης: 150ST

Συνολική ισχύς: 2*5 HP=10 HP=7,3 kW

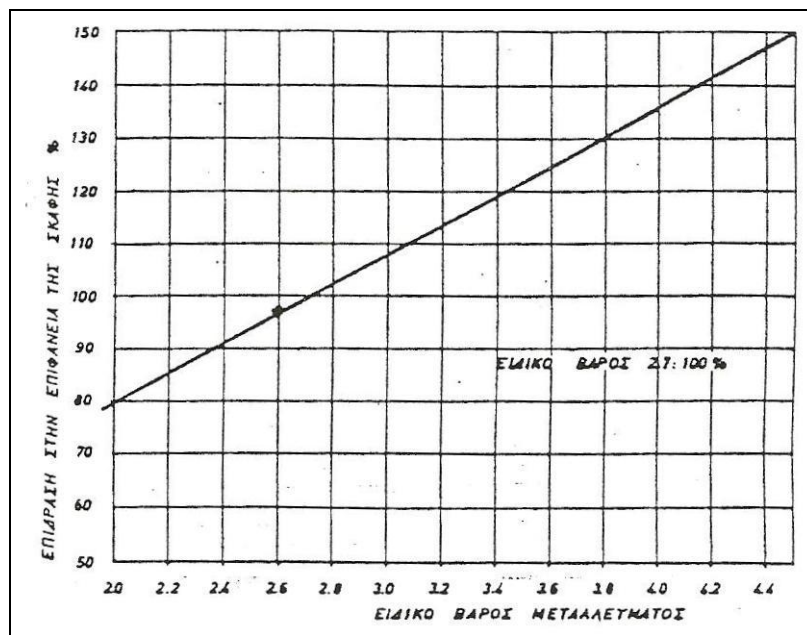


Εικ. 5.9 Κοχλιοφόρος υδροταξινομητής

Πιν. 5.14 Δυναμικότητα επιφάνειας σκάφης υδροταξινομητή

Βροχίδα υπερχειλίσσης Mesh	Δυναμικότητα επιφάνειας σκάφης	Μέση πυκνότητα % στερεά
20	0,408	45
28	0,358	40
35	0,327	35
48	0,279	32
65	0,237	30
100	0,175	20
150	0,115	18
200	0,075	15

Πιν. 5.15 Επίδραση του ειδ.βάρους στον υπολογισμό της επιφάνειας σκάφης υδροταξινομητή



Πιν. 5.16 Τεχνικά χαρακτηριστικά κοχλιοφόρων υδροταξινομητών

Διάμε- τρος σει- ρας	Τύπος σκάφης	Υπερχείλιση-Επιφάνεια σκάφης-sq.ft			Αποκένωση κοχλίας			
		Τύπος 100 20-65 Mesh	Τύπος 125 35-100 Mesh	Τύπος 150 65-325 Mesh	Κοχλίας	Δυναμικότητα: t/h		
		Κλίση 0,31 m/1m	Κλίση 0,29 m/1m	Κλίση 0,27 m/1m		1 περιστρο- φή σειράς	στροφές κοχλίας r/min	Ισχύς HP
24"	ST	14,1	19,3	25,0	SP	1,0	6	2
	MF	15,7	22,4	30,0	DP	2,0	to	2
	FF	17,4	25,9	35,9	TP	3,0	16	3
30"	ST	21,4	29,1	38,0	SP	1,7	5	2
	MF	23,9	34,5	45,4	DP	3,4	to	2
	FF	26,8	40,0	55,4	TP	5,1	13	3
36"	ST	30,4	41,6	54,4	SP	3,5	4	3
	MF	34,0	48,8	66,2	DP	7,0	to	3
	FF	38,1	57,1	79,7	TP	10,5	11	5
42"	ST	41,6	56,5	73,7	SP	4,8	3,5	3
	MF	46,6	66,4	89,8	DP	9,6	to	3
	FF	52,3	78,0	108,4	TP	14,4	9	5
48"	ST	53,5	72,9	95,0	SP	8,7	3,2	5
	MF	60,1	86,0	116,2	DP	17,4	to	5
	FF	67,7	101,2	140,8	TP	26,1	8	7 1/2
54"	ST	67,0	91,2	119,7	SP	10,5	2,9	5
	MF	75,4	107,9	146,7	DP	21,0	to	5
	FF	85,1	126,9	177,9	TP	31,5	7	7 1/2
60"	ST	83,4	113,3	147,7	SP	17,3	2,6	7 1/2
	MF	93,6	133,8	180,8	DP	34,6	to	7 1/2
	FF	105,6	157,8	218,8	TP	51,9	6,5	10
66"	ST	100,3	136,5	177,7	SP	20,3	2,3	7 1/2
	MF	112,9	161,5	218,4	DP	40,6	to	7 1/2
	FF	127,4	190,4	265,6	TP	60,9	6	10
72"	ST	118,4	161,5	209,8	SP	27,8	2,1	10
	MF	133,4	191,4	257,9	DP	55,6	to	10
	FF	151,0	225,2	313,2	TP	83,4	5,3	15
78"	ST	138,5	188,4	245,2	SP	31,5	2	10
	MF	156,3	224,3	302,2	DP	63,0	to	10
	FF	176,9	264,6	367,8	TP	94,5	5	15
84"	ST	160,3	217,6	283,4	SP	37,5	1,8	10
	MF	181,4	259,0	350,1	DP	75,0	to	15
	FF	205,5	306,7	426,6	TP	112,5	4,5	15

ST: Τύπος σκάφης με κατακόρυφες πλευρές
MF: Τύπος σκάφης με ημιανοικτές πλευρές
FF: Τύπος σκάφης με ανοικτές πλευρές
SP: Τύπος κοχλίας με απλό βήμα
DP: Τύπος κοχλίας με διπλό βήμα
TP: Τύπος κοχλίας με τριπλό βήμα

5.12 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΟΛΦΟΥ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

Η πυκνότητα του πολφού στην επίπλευση είναι 25%.

Η πυκνότητα στην υπερχειλίση του υδροταξινομητή είναι 28%.

Άρα, η αραίωση υπολογίζεται:

$$D=(100-30)/30=2,33$$

Συνεπώς, το βάρος του υγρού θα είναι: $2,33*50=116,5 \text{ t ή m}^3$.

Ο πολφός με πυκνότητα 25% πρέπει να έχει αραίωση:

$$D=(100-25)/25=3$$

Και βάρος υγρού: $3*50=150 \text{ t ή m}^3$.

Συνεπώς, θα προστίθενται: $150-116,5=33,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Το βάρος του πολφού 25% θα είναι:

$$50+150=200 \text{ t/h}$$

Ο όγκος του θα είναι:

$$(50/3,2)+150=165,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

Το βάρος λίτρου πολφού υπολογίζεται:

$$B.Λ.Π.=100/(100-P*K) \text{ όπου: } P=25\% \text{ και } K=(3,2-1)/3,2=0,687$$

Άρα, $B.Λ.Π.=1,207 \text{ kg}$.

5.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΩΝ

5.13.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΗ PbS

Η προοδοποίηση του μεταλλεύματος πριν το κύκλωμα κυψελών του γαληνίτη διαρκεί περίπου 6min. Η τροφοδοσία του προοδοποιητή είναι 50 t/h ή 1.200 t/24h. Η πυκνότητα σε στερεά είναι 25%, άρα βρίσκεται ο συντελεστής $c=0,075$. Ο όγκος του προοδοποιητή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V=T*t*c=1.200*6*0,075=540 \text{ cu.ft ή } 15,3\text{m}^3.$$

Επιλέγεται (από Πιν. 5.18), συνεπώς, προοδοποιητής 9*9 ft*ft και ισχύος 6 HP = 4,41 kW.

5.13.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΟΟΔΟΠΟΙΗΤΗ ZnS

Η προοδοποίηση του μεταλλεύματος πριν το κύκλωμα κυψελών του σφαλερίτη διαρκεί περίπου 6min. Η τροφοδοσία του προοδοποιητή είναι 44,6875 t/h ή 1.072,5 t/24h. Η πυκνότητα σε στερεά είναι 25%, άρα βρίσκεται ο συντελεστής $c=0,075$. Ο όγκος του προοδοποιητή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V=T*t*c=1.072,5*6*0,075=482,625 \text{ cu.ft ή } 13,67 \text{ m}^3.$$

Επιλέγεται (από Πιν. 5.18), συνεπώς, προοδοποιητής 9*9 ft*ft και ισχύος 6 HP = 4,41 kW.



Εικ. 5.10 Προοδοποιητής

Πιν. 5.17 Συντελεστής c σε συνάρτηση με την πυκνότητα του πολφού

1 Πυκνότητα πολφού %	2 Αραίωση D	3 Συντελεστής C	4 C ₁
50	1:1	0,03	0,0203
45	1,2:1	0,035	0,0237
40	1,5:1	0,04	0,0271
35	1,8:1	0,05	0,0339
33	2:1	0,055	0,0373
30	2,3:1	0,06	0,0407
25	3:1	0,075	0,0508
22	3,5:1	0,09	0,0610
20	4:1	0,10	0,0678
17	5:1	0,12	0,0813
14	6:1	0,14	0,0949
12,5	7:1	0,16	0,108
11	8:1	0,19	0,129
10	9:1	0,21	0,142
9	10:1	0,23	0,156

Πιν. 5.18 Τεχνικά χαρακτηριστικά προοδοποιητών

Μέγεθος προοδοποιητή ft x ft	Χωρητικότητα δεξαμενής cu.ft	Ταχύτητα έλικας rev/min	Ισχύς HP
4 x 4	50	210-250	2
5 x 5	100	"	3
6 x 6	170	175-200	3
7 x 7	270	"	5
8 x 8	400	170-190	5
10 x 10	785	130-150	7,5
12 x 12	1360	"	10
14 x 14	2160	"	15

5.14 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΨΕΛΩΝ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ

Για τον υπολογισμό των κυψελών επίπλευσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Klassen:

$$n=(V_m*t)/(V_k*K)$$

Όπου, V_m = η ποσότητα πολφού σε m^3/min

t = ο χρόνος επίπλευσης σε min

V_k = η χωρητικότητα της κυψέλης σε m^3

K = συντελεστής με τιμές 0,65-0,75

n = ο αριθμός των κυψελών

Προτιμήθηκε ο τύπος του Klassen έναντι του Rabone διότι με τον συντελεστή K στον παρονομαστή και με τιμές 0,65-0,75 αυξάνει τον αριθμό των κυψελών προσδίδοντας στο κύκλωμα αυξημένη ασφάλεια και ισορροπία.

Επίσης, επιλέχθηκαν κυψέλες όγκου 100 cu.ft ή 2,82 m^3 . Η ποσότητα του πολφού είναι $(165,62 m^3/h)/(60 min)=2,76 m^3/min$. Ο χρόνος επίπλευσης είναι 10 min για τον γαληνίτη και 8min για τον σφαλερίτη. Για τον συντελεστή K επιλέχθηκε η τιμή 0,7.

Συνεπώς, για το κύκλωμα του γαληνίτη υπολογίστηκε:

Χονδροειδής διαχωρισμός: $n_1=(2,76*10)/(2,82*0,7)=13,98$ δηλαδή 14 κυψέλες

Καθαρός διαχωρισμός: $n_2=n_1/4=3,5$ δηλαδή 4 κυψέλες.

Παρομοίως, για το κύκλωμα του σφαλερίτη υπολογίσθηκαν 12 κυψέλες χονδροειδούς διαχωρισμού και 3 κυψέλες καθαρού διαχωρισμού.

Συνολικά, στο εργοστάσιο θα υπάρχουν 33 κυψέλες επίπλευσης των 100 cu.ft η κάθε μία.



Εικ. 5.11 Κυψέλες επίπλευσης

Πιν. 5.19 Τεχνικά χαρακτηριστικά κυβελών επίπλευσης

Μέγεθος κυβέλης	Διατομή κυβέλης	Όγκος	Ισχύς
Διάμετρος έλικας	in x in	Cu.ft	HP
12 in	22 x 22	10	1,0
15	24 x 24	12	1,2
18	28 x 28	18	1,4
18 ειδική	32 x 32	24	2,2
21	38 x 38	40	3,2
24	43 x 43	50	4,2
30	56 x 56	100	9,0

Χρόνος Επιπλεύσης	8 min				12 min				16 min			
υγρό	1,5/1	2/1	3/1	4/1	1,5/1	2/1	3/1	4/1	1,5/1	2/1	3/1	4/1
στερεά												
πυκνότητα πολφού %	40	33	25	20	40	33	25	20	40	33	25	20
Μέγεθος κυβέλης	Δυναμικότητα κυβέλης σε ξηρούς τόννους ανά 24 ώρες											
12	27	22	15	12	18	14	10	8	14	11	8	6
15	33	25	18	14	22	17	12	9	16	13	9	7
18	49	38	27	21	33	25	18	14	24	19	14	11
18 sp	65	51	36	28	43	33	24	19	32	25	18	14
21	109	85	62	47	72	57	41	31	54	43	31	23
24	136	106	76	58	91	71	51	39	68	53	38	29
30	272	212	152	116	181	141	101	78	136	107	76	58

5.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ

5.15.1 ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ PbS

Ο πολφός που εισέρχεται στον πυκνωτή αποτελεί το συμπύκνωμα της επίπλευσης του PbS που προηγήθηκε. Η πυκνότητα του σε στερεά είναι $P_1=25\%$, άρα η αρχική αραιώση του πολφού είναι $D_1=(100-25)/25=3$. Ο πολφός εξέρχεται από τον πυκνωτή με $P_2=50\%$ σε στερεά, άρα, η τελική του αραιώση είναι $D_2=(100-50)/50=1$.

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του πυκνωτή που θα χρησιμοποιηθεί για την πύκνωση του συμπυκνώματος χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$A=(D_1-D_2)/V$$

Όπου: A= η επιφάνεια του πυκνωτή σε m^2 για κάθε τόνο στερεών και ώρα

V= η ταχύτητα καταβύθισης σε m/h (στην περίπτωση που εξετάζεται 3,57 mm/min ή 0,22 m/h)

Από την εφαρμογή του τύπου βρίσκεται: $A=(3-1)/0,22=9,1 m^2/t*h$

Η παραγωγή συμπυκνώματος PbS είναι 5,3125 t/h, η απαιτούμενη ολική επιφάνεια είναι:

$$A_{ολ}= 9,1 m^2/t*h * 5,3125 t/h = 48,3m^2$$

Η επιφάνεια αυτή στρογγυλοποιείται στα 50 m^2 για λόγους ασφαλείας.

Η διάμετρος του πυκνωτή υπολογίζεται:

$$d= [(4*50) /3,14]^{1/2} = 7,98 \text{ δηλαδή περίπου } 8 \text{ m.}$$

$$P=1 \text{ HP ή } 0,74 \text{ kW}$$

5.15.2 ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ ZnS

Ο πολφός που εισέρχεται στον πυκνωτή αποτελεί το συμπύκνωμα της επίπλευσης του ZnS που προηγήθηκε. Η πυκνότητα του σε στερεά είναι $P_1=25\%$, άρα η αρχική αραίωση του πολφού είναι $D_1=(100-25)/25=3$. Ο πολφός εξέρχεται από τον πυκνωτή με $P_2=50\%$ σε στερεά, άρα, η τελική του αραίωση είναι $D_2=(100-50)/50=1$.

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου του πυκνωτή που θα χρησιμοποιηθεί για την πύκνωση του συμπυκνώματος χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$A=(D_1-D_2)/V$$

Όπου: A= η επιφάνεια του πυκνωτή σε m^2 για κάθε τόνο στερεών και ώρα

V= η ταχύτητα καταβύθισης σε m/h (στην περίπτωση που εξετάζεται 3,57 mm/min ή 0,22m/h)

Από την εφαρμογή του τύπου βρίσκεται: $A=(3-1)/0,22=9,1 m^2/t \cdot h$

Η παραγωγή συμπυκνώματος ZnS είναι 1,643 t/h. Συνεπώς, υπολογίζουμε:

$$A_{ολ} = 9,1 m^2/t \cdot h * 1,64 t/h = 14,92 m^2$$

Η επιφάνεια αυτή, για λόγους ασφαλείας, αυξάνεται στα 16 m^2 . Η διάμετρος του πυκνωτή αυτού υπολογίζεται:

$$d = [(4 * 16) / 3,14]^{1/2} = 4,51 m, \text{ περίπου } 5 m.$$

$$P = 0,75 \text{ HP ή } 0,55 \text{ kW}$$

5.15.3 ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΤΕΛΜΑΤΟΣ

Στον πυκνωτή αυτό εισέρχεται το τέλμα από την επίπλευση που προηγήθηκε. Η τροφοδοσία του είναι 43,04 t/h. Η ολική επιφάνεια του υπολογίζεται:

$$A_{ολ} = 9,1 m^2/t \cdot h * 43,04 t/h = 391,7 m^2$$

Για λόγους ασφαλείας αυξάνουμε την επιφάνεια αυτή στο 395 m^2 . Διάμετρος του πυκνωτή υπολογίζεται:

$$d = [(4 * 395) / 3,14]^{1/2} = 22,4 m, \text{ περίπου } 23 m.$$

Καθώς, ένας πυκνωτής με τόσο μεγάλη διάμετρο δεν είναι ούτε εύκολος στην κατασκευή του, αλλά ούτε και ιδιαίτερα πρακτικός για την λειτουργία του εργοστασίου, το τέλμα θα πυκνώνεται σε δύο πυκνωτές της μισής περίπου διαμέτρου από την υπολογιζόμενη, δηλαδή περίπου 12 m.

$$P = 2 * 1,5 = 3 \text{ HP ή } 2,2 \text{ kW}$$



Εικ. 5.12 Πυκνωτής

5.16 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΗΘΗΤΗΡΩΝ

5.16.1 ΔΙΗΘΗΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ PbS

Ο διηθητήρας τροφοδοτείται με περίπου 5 t/h συμπύκνωμα που περιέχει 50% υγρασία. Μετά την διήθηση η υγρασία θα έχει μειωθεί στο 8%. Η δυναμικότητα της επιφάνειας διήθησης είναι $0,237 \text{ t/m}^2 \cdot \text{h}$. Συνεπώς, για τους 120 t το 24 h απαιτείται επιφάνεια:

$$A = (120 \text{ t} / 24 \text{ h}) / 0,53 \text{ t/sq.ft.} \cdot 24 \text{ h} = 226,4 \text{ sq.ft} \text{ ή } 21,03 \text{ m}^2.$$

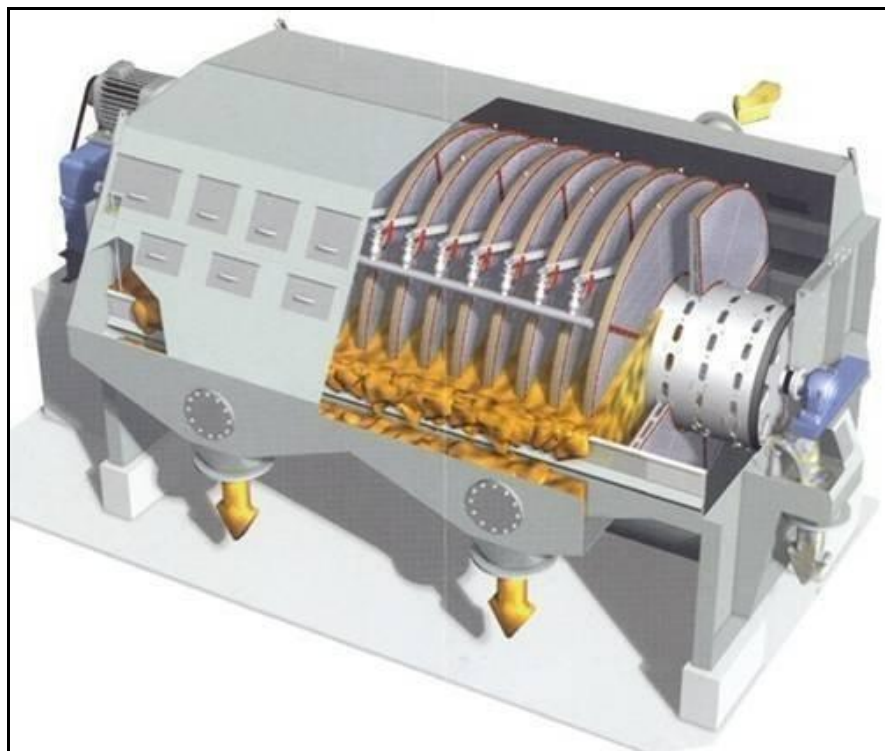
Επιλέγεται (από Πιν. 5.20) διηθητήρας με διάμετρο 6 ft ή 1,82 m, 5 δίσκους και επιφάνεια διήθησης $23,2 \text{ m}^2$. Η απαιτούμενη ισχύς είναι 1,5 HP ή 1,1 kW.

5.16.2 ΔΙΗΘΗΤΗΡΑΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ ZnS

Ο διηθητήρας αυτός τροφοδοτείται με περίπου 1,5 t/h συμπύκνωμα με 50% υγρασία, η οποία θα μειωθεί στο 8% μετά την διήθηση. Η δυναμικότητα της επιφάνειας διήθησης είναι $0,257 \text{ t/m}^2 \cdot \text{h}$. Συνεπώς, για τους 36 t το 24h απαιτείται επιφάνεια:

$$A = (36 \text{ t} / 24 \text{ h}) / 0,57 \text{ t/sq.ft.} \cdot 24 \text{ h} = 63,15 \text{ sq.ft} \text{ ή } 5,87 \text{ m}^2.$$

Επιλέγεται (από Πιν. 5.20) διηθητήρας με διάμετρο 4 ft ή 1,21 m, 3 δίσκους και επιφάνεια διήθησης $6,1 \text{ m}^2$. Η απαιτούμενη ισχύς είναι 0,75 HP ή 0,55 kW.



Εικ. 5.13 Δισκοφόρος διηθητήρας

Πιν. 5.20 Τεχνικά χαρακτηριστικά δισκοφόρων διηθητήρων

Μέγεθος μηχανήματος		Δυναμικότητα t/24h	Επιφάνεια Διήθησης	HP (Χωρίς την απαιτούμενη για το κενό)*
Διαμ. ft	Αριθ. δίσκων			
4	1	3- 4	22	0,75
4	2	6- 8	44	0,75
4	3	9-12	66	0,75
4	4	12-16	88	0,75
4	5	15-20	110	1
6	1	7- 8	50	0,75
6	2	14-18	100	1
6	3	21-28	150	1
6	4	28-38	200	1,5
6	5	35-45	250	1,5
6	6	42-60	300	2
6	7	49-66	350	2
6	8	56-76	400	3
6	9	68-86	450	3
6	10	70-96	500	3

5.17 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Στο υπό μελέτη εργοστάσιο εμπλουτισμού μικτού θειούχου μεταλλεύματος PbS-ZnS χρησιμοποιούνται έξι αντλίες.

1. Η αντλία που τροφοδοτεί τον προοδοποιητή PbS με τον πολφό υπερχειλίσσης του υδροταξινομητή. Η αντλία αυτή είναι κατακόρυφη. Ο πολφός εξέρχεται από τον υδροταξινομητή με μέση πυκνότητα σε στερεά $P_1=30\%$. Ο πολφός αυτός αραιώνεται μέχρι να αποκτήσει μέση περιεκτικότητα σε στερεά $P_2=25\%$, η οποία απαιτείται για την επίπλευση. Η αραιώση του πολφού είναι $D=(100-25)/25=3$. Επίσης, $D=L/W$, άρα, $L=D*W=3*50=150 \text{ m}^3/\text{h}$, όπου L είναι η περιεκτικότητα του πολφού σε νερό. Ο πολφός, επίσης, περιέχει $50/3,2=15,62 \text{ m}^3/\text{h}$ μετάλλευμα, όπου 3,2 το ειδικό βάρος του μεταλλεύματος. Συνεπώς, η συνολική παροχή του πολφού είναι $165,62 \text{ m}^3/\text{h}$. Επιλέγεται αντλία 5''*8''. Το μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι περίπου 6m και η ισχύς της $F=15 \text{ HP}=11,03 \text{ kW}$.

2. Η αντλία που τροφοδοτεί τις κυψέλες του καθαρού διαχωρισμού του PbS με τον αφρό του χονδροειδούς διαχωρισμού του PbS. Η αντλία αυτή είναι κατακόρυφη. Ο αφρός έχει πυκνότητα σε στερεά $P=25\%$. Άρα, η αραιώση του πολφού είναι $D=3$. Ο πολφός περιέχει περίπου 6 τόνους ξηρού μεταλλεύματος ανά ώρα, δηλαδή, $6/3,2=1,875 \text{ m}^3/\text{h}$. Άρα, $L=D*W=3*6=18 \text{ m}^3/\text{h}$. Επομένως, ο πολφός έχει συνολικά παροχή $19,875 \text{ m}^3/\text{h}$. Επιλέγεται αντλία 2''*4''. Το μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι περίπου 6 m και η ισχύς της $F=3 \text{ HP}=2,2 \text{ kW}$.

3. Η αντλία που τροφοδοτεί τον προοδοποιητή ZnS με τον τέλμα της επίπλευσης του PbS. Η αντλία αυτή είναι κατακόρυφη. Ο πολφός έχει πυκνότητα σε στερεά $P=25\%$, άρα, η αραιώση του πολφού είναι $D=3$. Ο πολφός περιέχει περίπου 44 τόνους ξηρού μεταλλεύματος ανά ώρα, δηλαδή, $44/3,2=13,75 \text{ m}^3/\text{h}$. Άρα, $L=D*W=3*44=132 \text{ m}^3/\text{h}$. Επομένως, ο πολφός έχει συνολικά παροχή $145,75 \text{ m}^3/\text{h}$. Επιλέγεται αντλία 5''*8''. Το μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι περίπου 6m και η ισχύς της $F=15 \text{ HP}=11,03 \text{ kW}$.

4. Η αντλία που τροφοδοτεί τις κυψέλες του καθαρού διαχωρισμού του ZnS με τον αφρό του χονδροειδούς διαχωρισμού του ZnS. Η αντλία αυτή είναι κατακόρυφη. Ο αφρός έχει πυκνότητα σε στερεά $P=25\%$. Άρα, η αραιώση του πολφού είναι $D=3$. Ο πολφός περιέχει περίπου 2 τόνους ξηρού μεταλλεύματος ανά ώρα, δηλαδή, $2/3,2=0,325 \text{ m}^3/\text{h}$. Άρα, $L=D*W=3*2=6 \text{ m}^3/\text{h}$. Επομένως, ο πολφός έχει συνολικά παροχή $6,325 \text{ m}^3/\text{h}$. Επιλέγεται αντλία 1”*2”. Το μανομετρικό ύψος της αντλίας είναι περίπου 6 m και η ισχύς της $F=3 \text{ HP}=2,2 \text{ kW}$.

5. Η αντλία που τροφοδοτεί το πυκνωμένο συμπύκνωμα PbS από τον πυκνωτή στον αντίστοιχο δισκοφόρο διηθητήρα. Η αντλία αυτή είναι αντλία διαφράγματος. Ο πολφός περιέχει 5,32 τόνους ξηρού συμπυκνώματος ανά ώρα, δηλαδή $127,5 \text{ t}/24\text{h}$. Η πυκνότητα σε στερεά είναι 50% και το ειδικό βάρος του μεταλλεύματος 3,2. Επιλέγεται αντλία 4” και ισχύος $2 \text{ HP}=1,47 \text{ kW}$.

6. Η αντλία που τροφοδοτεί το πυκνωμένο συμπύκνωμα ZnS από τον πυκνωτή στον αντίστοιχο δισκοφόρο διηθητήρα. Η αντλία αυτή είναι αντλία διαφράγματος. Ο πολφός περιέχει 1,65 τόνους ξηρού συμπυκνώματος ανά ώρα, δηλαδή περίπου $40 \text{ t}/24\text{h}$. Η πυκνότητα σε στερεά είναι 50% και το ειδικό βάρος του μεταλλεύματος 3,2. Επιλέγεται αντλία 2” και ισχύος $1 \text{ HP}=0,735 \text{ kW}$.



Εικ. 5.14 Αντλίες

Πιν. 5.21 Δυναμικότητες αντλιών πολφού

Εξαιγωγή	Εισαγωγή	Πυκνότης Ρ% πολφού	m ³ /h	Ξηροί τόννοι h	Ταχύτης άντλίας, ισχύς για αντίστοιχο μανομετρικό ύψος													
					6 m		12 m		18 m		24 m		30 m					
					r.p.m	HP	r.p.m	HP	r.p.m	HP	r.p.m	HP	r.p.m	HP				
in 1	in 2	10	7,9	0,8	1010	3	1350	3	1650	5	1920	5						
		25	6,8	2,0					1665			7,5						
		50	6,3	4,5					1385			1680			1925			
1 1/2	2 1/2	10	20,4	2,0	1080	3	1480	5	1800	7,5	2060	10						
		25	18,1	5,3	1090		1490		1810		2080							
		50	17,0	12,2	1110		1510		1820		10				2100			
2	4	10	34	3,5	940	3	1250	5	1490	7,5	1700	10	1900	1				
		25	27,2	8,0	930		1240				1720		1920					
		50	22,7	16,3							1750		15		1930	2		
2 1/2	4	10	45,4	4,7	950	3	1260	5	1500	7,5	1700	10	1890	1				
		25	39,7	11,7	930		1250				7,5		1720		1900			
		50	32,9	23,9									10		1730	15	1910	2
3	5	10	63,5	6,6	940	5	990	7,5	1190	15	1350	20	1500	2				
		25	56,7	16,7	930		1000				1360		1510					
		50	49,9	35,9	940		10				1200		15		1370	25	1520	
4	6	10	113,5	11,8	740	7,5	790	15	940	20	1080	25	1200	3				
		25	102,1	29,9	750		10				800		1090		30	1220		
		50	90,8	65,3												1240	4	
5	8	10	192,9	19,9	660	10	710	20	860	30	970	40	1080	5				
		25	181,6	53,5	650	15					700				850	980		
		50	158,9	114	630											990	50	1090
6	10	10	317,8	32,6	650	15	750	30	900	50	1040	75	1130	7				
		25	272,4	79,8	630	20							740		40	890	60	1140
		50	227	163	600													100
8	12	10	522	54,4	640	20	700	40	840	75	960	100	1060	12				
		25	476	139	600	25							690		50	820	125	1070
		50	385	277														

Πιν. 5.22 Δυναμικότητες αντλιών με διάφραγμα

Μέγεθος άπλης άντλιας	Μεγίστη διαδρομή	Ίσχυς	Δυναμικότητα σε Ξηρούς τόννους ανά 24 h σε 50 διαδρομές/min και στη μεγίστη διαδρομή											
			Ειδικό βάρος στερεών						Πυκνότης πολφού %					
			2,7		3,3		4,0		2,7		3,3		4,0	
in	in	HP	50	60	70	50	60	70	50	60	70	50	60	70
2	1 1/2	1,0	48	51	57	49	54	63	54	58	68	54	58	68
3	2	1,5	88	95	104	90	99	113	99	108	126	95	108	126
4	2 1/2	2,0	142	152	167	145	158	181	149	172	204	149	172	204
5	3	2,5	562	607	662	575	639	725	625	707	816	625	707	816
6	4	3,0	725	780	843	743	829	934	807	888	1024	807	888	1024

5.18 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Πιν. 5.23 Εξοπλισμός εργοστασίου

Εξοπλισμός	Τύπος/Χαρακτηριστικά
1η αποθήκη μετ/τος	101,3 m ³
2η αποθήκη μετ/τος	101,3 m ³
Δονούμενος τροφοδότης	TS50/24U
Θραυστήρας Σιαγόνων	8050
Κωνικός θραυστήρας	4 1/4 ft
Μεταφορική ταινία	10 m (45 cm)
Μεταφορική ταινία	5,5 m (40 cm)
Μεταφορική ταινία	10 m (45 cm)
Δονούμενο κόσκινο	50*150
Ραβδόμυλος	8*12
Σφαιρόμυλος	10*10
Σφαιρόμυλος	10*10
Κοχλιοφόρος Υδροταξινομητής *2	48"
Προοδοποιητής	9*9
Προοδοποιητής	9*9
Κυψέλες επίπλευσης *33	100 cu.ft
Πυκνωτής	5 m
Πυκνωτής	8 m
Πυκνωτής *2	12 m
Δισκοφόρος διηθητήρας	6 ft, 5 δίσκοι
Δισκοφόρος διηθητήρας	4 ft, 3 δίσκοι
Αντλία *2	5"*8"
Αντλία	2"*4"
Αντλία	1"*2"
Αντλία διαφράγματος	4"
Αντλία διαφράγματος	2"

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά την κατάρτιση του τελικού διαγράμματος ροής, τον υπολογισμό και την επιλογή των μηχανημάτων ακολουθεί ο σχεδιασμός του εργοστασίου. Σε πρώτη φάση ο σχεδιασμός αυτός αφορά στη γενική διάταξη και διευθέτηση των μηχανημάτων, μέσων μεταφοράς, σωληνώσεων κλπ μέσα στο χώρο. Δεν ενδιαφέρει τόσο η αποτύπωση λεπτομερειών πάνω στο σχέδιο, όσο το να είναι εμφανής και σαφής η διάταξη που αναφέρθηκε. Το διάγραμμα ροής καθώς και η λειτουργικότητα και η οικονομικότητα της όλης εγκατάστασης αποτελούν την βάση του σχεδιασμού.

Ο σχεδιασμός του εργοστασίου συνδέεται τις περισσότερες φορές με τη μορφολογία του εδάφους στο οποίο θα κατασκευαστεί. Εν τούτοις, στην παρούσα μελέτη η σχεδίαση δεν έγινε βάση τοπογραφικού χάρτη και επιλέχθηκε τυχαία θέση που θα ευνοούσε στην πράξη την κατασκευή ενός τέτοιου εργοστασίου. Στηρίχθηκε περισσότερο στα χαρακτηριστικά της τροφοδοσίας, το διάγραμμα ροής και τους γενικούς κανόνες διάταξης ενός εργοστασίου εμπλουτισμού. Είναι δυνατόν να υπάρξουν κάποιες τροποποιήσεις κατά την προσαρμογή του σχεδίου αυτού σε συγκεκριμένη περιοχή που όμως θα διέπονται από τις αρχές στις οποίες βασίστηκε η μελέτη αυτή.

6.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Κατά κανόνα τα μεταλλεία βρίσκονται σε ορεινές περιοχές γι'αυτό και τα εργοστάσια τοποθετούνται συνήθως σε κεκλιμένα εδάφη.

Το υπό μελέτη εργοστάσιο σχεδιάστηκε σε τρία επίπεδα σε έδαφος με κλίση περίπου 25%. Με αυτόν τον τρόπο η διακίνηση υλικού και πολφών μέσα στο εργοστάσιο γίνεται σε μεγάλο ποσοστό με τη βοήθεια της βαρύτητας και περιορίζεται η χρήση αντλιών.

Το εργοστάσιο περιλαμβάνει τα εξής κύρια τμήματα:

1. Τμήμα θρασης – κοσκίνισης
2. Τμήμα λειοτρίβισης – επίπλευσης
3. Τμήμα πύκνωσης – διήθησης – αποθήκευσης συμπυκνώματος

Το πρώτο τμήμα αποτελεί το τμήμα έναρξης του εργοστασίου. Η αποθήκη τροφοδοσίας και ο σιαγονωτός θραυστήρας τοποθετήθηκαν σε οριζόντιο επίπεδο το οποίο μπορεί να αποτελεί μια έξαρση της πλαγιάς του βουνού. Η πρώτη αποθήκη σχεδιάστηκε εφαπτομενικά με την πλαγιά ώστε να γίνεται εύκολα η τροφοδοσία του εργοστασίου. Το κόσκινο και ο κωνικός θραυστήρας τοποθετήθηκαν 2-3 m χαμηλότερα. Η διακίνηση του υλικού μεταξύ των μηχανημάτων του τμήματος αυτού γίνεται με μεταφορικές ταινίες με ελαφρά κλίση ώστε να αποφεύγεται η κύλιση του υλικού προς τα πίσω.

Το δεύτερο τμήμα του εργοστασίου περιλαμβάνει το κύκλωμα λειοτρίβισης, την ταξινόμηση, την προοδοποίηση και την επίπλευση. Σχεδιάστηκε σε δύο μικρότερα επίπεδα και έγινε προσπάθεια να περιοριστεί η χρησιμοποίηση πολλών αντλιών. Γι'αυτό επιδιώχθηκε η διακίνηση των πολφών μέσα στα λούκια με τη βοήθεια της βαρύτητας. Το κύκλωμα λειοτρίβισης τοποθετήθηκε στο επίπεδο του εδάφους, ενώ ο υδροταξινομητής, οι προοδοποιητές και οι κυψέλες επίπλευσης τοποθετήθηκαν σε ένα επίπεδο 2,5 m περίπου χαμηλότερα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες διαφορές στις αποκενώσεις και τις τροφοδοσίες των μηχανημάτων ώστε να επιτευχθεί η συνεχής ροή του πολφού. Επίσης, το τμήμα εμπλουτισμού σχεδιάστηκε ελαφρώς υπερυψωμένο ώστε στο ισόγειο να τοποθετηθούν οι αντλίες και άλλα βοηθητικά εξαρτήματα του εργοστασίου.

Στο επίπεδο των κυψελών τοποθετήθηκαν και οι διηθητήρες. Οι πυκνωτές βρίσκονται σε ένα επίπεδο 3m περίπου χαμηλότερα από το επίπεδο των κυψελών αλλά εκτός του εργοστασίου. Εκτός του εργοστασίου βρίσκονται επίσης οι αποθήκες των συμπυκνωμάτων

σε ένα επίπεδο περίπου 4m χαμηλότερα από το κάτω μέρος των πυκνωτών. Η μεταφορά των συμπυκνωμάτων στις αντίστοιχες αποθήκες γίνεται μηχανικά. Τα παραπάνω μηχανήματα αποτελούν το τρίτο τμήμα του εργοστασίου όπου γίνεται η αφυδάτωση και η αποθήκευση των συμπυκνωμάτων.

Κατά τη σχεδίαση του εργοστασίου λαμβάνονται υπ' όψιν τα εξής:

1. Η κατασκευή των λιγότερων δυνατών δαπέδων ώστε να μειωθεί ο όγκος των εκσκαφών και να αυξηθεί η λειτουργικότητα του εργοστασίου.

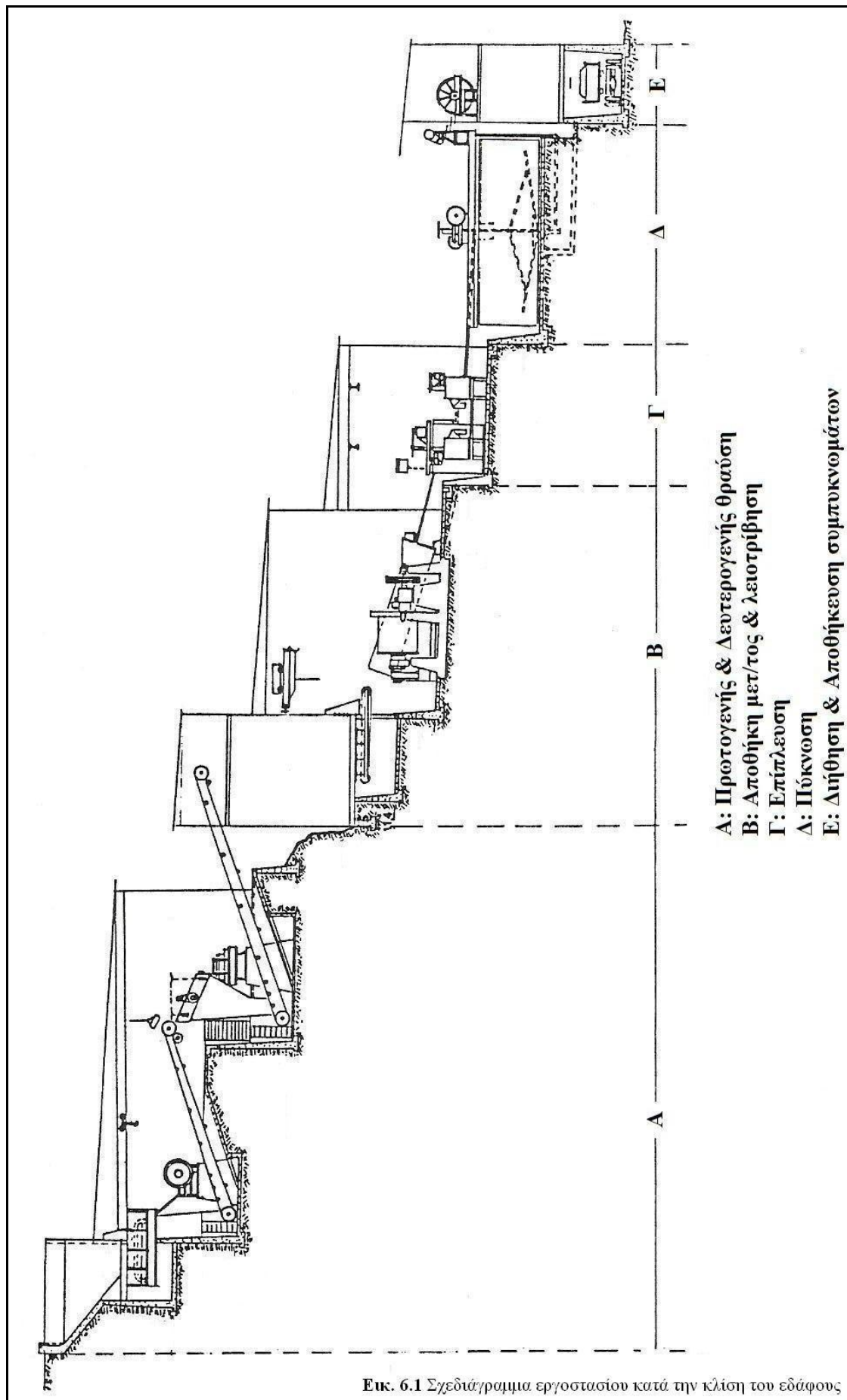
2. Η κατά το δυνατόν καλύτερη και οικονομικότερη συνεργασία των μηχανημάτων.

3. Οι διαστάσεις των μηχανημάτων και των κινητήρων τους ώστε να εξασφαλιστεί αρκετός χώρος για την τοποθέτηση και την έδραση τους. Παράλληλα, πρέπει να εξασφαλίζεται αρκετός χώρος για την άνετη μετακίνηση του προσωπικού.

4. Χώρος για την εξαγωγή αξόνων μηχανημάτων, εξαρτημάτων κλπ ώστε να αποφεύγεται η ανάγκη μετακίνησης της μηχανής ή του εμποδίου. Τέτοια εμπόδια είναι σωλήνες, άλλα μηχανήματα, μεταφορικές ταινίες, καλωδιώσεις κλπ.

6.3 ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει σχεδιάγραμμα του εργοστασίου όπως αυτό διαμορφώθηκε με βάση τα παραπάνω στοιχεία. Στο σχέδιο αυτό δίνεται η όψη του εργοστασίου κατά την κλίση του εδάφους.



Εικ. 6.1 Σχεδιάγραμμα εργοστασίου κατά την κλίση του εδάφους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

7. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

7.1 ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΑΠΑΝΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Ο προϋπολογισμός γίνεται με βάση τη δαπάνη για την αγορά των μηχανημάτων. Το κόστος της εγκατάστασης λαμβάνεται ως ποσοστό επί της δαπάνης αγοράς των μηχανημάτων. Οι τιμές των ποσοστών αυτών έχουν καθοριστεί από την πρακτική. Στη συνέχεια, ακολουθεί πίνακας με τα κόστη αγοράς του εξοπλισμού.

Πιν. 7.1 Δαπάνες μηχανικού εξοπλισμού

Εξοπλισμός	Τεμάχια	Αξία (€)	Ισχύς (kW)
1η αποθήκη μετ/τος	1	4.100	
2η αποθήκη μετ/τος	1	4.100	
Δονούμενος τροφοδότης	1	1.600	1,5
Θραυστήρας Σιαγόνων	1	93.000	73,6
Κωνικός θραυστήρας	1	100.000	119
Μεταφορική ταινία	3	11.000	10,17
Δονούμενο κόσκινο	1	5.000	1,5
Ραβδόμυλος	1	215.000	294,2
Σφαιρόμυλος	2	525.000	1.067
Κοχλιοφόρος Υδροταξινομητής	2	50.000	7,35
Προοδοποιητής	2	2.800	8,82
Κυψέλη επίπλευσης	33	333.000	85
Πυκνωτής	4	400.000	3,49
Δισκοφόρος διηθητήρας	2	155.000	1,65
Αντλία	4	5.000	26,46
Αντλία διαφράγματος	2	5.000	2,2
Φορτωτής	1	60.000	
Κινητήρες		25.000	
Σύνολο		1.995.000	1.702

7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται το απαιτούμενο Κεφάλαιο Επένδυσης, καθώς και το συνολικό Επενδεδυμένο Κεφάλαιο.

Πιν. 7.2 Κεφάλαιο Επένδυσης

1.	Αγορά εξοπλισμού	1.995.000
2.	Κόστος εγκατάστασης 20% (1)	399.000
3.	Σωληνώσεις - Οχετοί 10% (1)	199.500
4.	Αυτοματισμοί - Έλεγχος 2% (1)	39.900
5.	Κτίρια - Διαμόρφωση χώρου 25% (1)	498.750
6.	Ενέργεια 5% (1)	99.750
7.	Φυσικό κόστος (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)	3.231.900
8.	Σχεδίαση και επίβλεψη κατασκευής 10% (7)	323.190
9.	Απρόβλεπτα 10% (7)	323.190
10.	Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης (7)+(8)+(9)	3.878.280
11.	Κεφάλαιο κίνησης 15% (10)	581.742
12.	Επενδεδυμένο Κεφάλαιο (10)+(11)	4.460.022

7.3 ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ

Το Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης είναι 3.878.280 €. Ο χρόνος ζωής του εξοπλισμού, άρα και η περίοδος απόσβεσης, είναι 10 έτη. Οι ετήσιες αποσβέσεις δίνονται από τον τύπο:

$$K = (\Sigma/100)*[(100/n) + P*(n+1)/2n]$$

όπου : Σ = Συνολικό Κεφάλαιο Επένδυσης

P = επιτόκιο

n = έτη απόσβεσης

Με επιτόκιο P = 15% υπολογίζουμε:

$$K = 707.786,1 \text{ €}$$

7.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Το κόστος εμπλουτισμού διακρίνεται σε:

1. Το κόστος του προσωπικού, το οποίο παρατίθεται στον Πίνακα 7.3 όπως και το απαιτούμενο προσωπικό για τη λειτουργία του εργοστασίου.

Πιν. 7.3 Δαπάνες προσωπικού

Ειδικότητα	Άτομα ανά βάρδια	Προσωπικό	Κόστος ανά άτομο και ημέρα (€)	Κόστος ανά ημέρα (€)
Χειριστής φορτωτή	1	3	40	120
Επιβλέπων θραύση	1	3	40	120
Επιβλέπων ταξινόμηση	1	3	40	120
Επιβλέπων λειοτρίβηση	1	3	40	120
Επιβλέπων επίπλευση	1	3	40	120
Επιβλέπων αποθήκευση	1	3	40	120
Ηλεκτρολόγος	1	3	50	150
Συντηρητής	1	3	40	120
Επιστάτης	1	3	80	240
Εργοδηγός	1	3	120	360
Μηχανικός	1	1	160	160

2. Το κόστος ενέργειας. Όλα τα μηχανήματα λειτουργούν σε τρεις βάρδιες. Η συνολική ενέργεια που καταναλώνουν είναι $1.702 \text{ kW} * 0,65 * 24\text{h} = 26.551,2 \text{ kWh}$, όπου 0,65 ο συντελεστής συνεργασίας.

Η τιμή της kWh είναι 0,15 € (βιομηχανική χρήση), άρα, το συνολικό κόστος ενέργειας είναι περίπου 3.982,7 €/24h.

3. Το κόστος των αντιδραστηρίων, το οποίο υπολογίζεται με βάση την κατανάλωση των αντιδραστηρίων και το κόστος τους.

Dow-Froth 250 : $200 \text{ g/t} * 50 \text{ t/h}$, δηλαδή 240 kg/24h

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: $2.500 \text{ g/t} * 50 \text{ t/h}$, δηλαδή 3.000 kg/24h

Υδράσβεστος : $200\text{g/t} * 50 \text{ t/h}$, δηλαδή 240 kg/24h

NaCN : $4.000 \text{ g/t} * 50 \text{ t/h}$, δηλαδή 4.800 kg/24h

Ξανθογονικό άλας του Na : $2.000 \text{ g/t} * 50 \text{ t/h}$, δηλαδή 2.400 kg/24h

Το εργοστάσιο τροφοδοτείται με 50 t/h μέταλλευμα, από τους οποίους περίπου 7 t/h είναι τα συμπυκνώματα, δηλαδή το 14%. Επομένως, 1t μεταλλεύματος θα δώσει 140 kg συμπυκνώματα. Η ημερήσια παραγωγή του εργοστασίου είναι 168 t συμπυκνωμάτων.

Πιν. 7.4 Κόστος εμπλουτισμού

	Δαπάνη	€/24h	€/t μετ/τος	€/t συμπ/τος
1	Προσωπικό	1.750	1,46	10,4
2	Ηλεκτρική ενέργεια	3.982,7	3,32	23,7
3	Αντιδραστήρια	13.641	11,34	81,2
4	Σύνολο	19.446,6	16,2	115,7
5	Συντηρήσεις, επισκευές κλπ 7% (4)	1.361,2	1,13	8,1
6	Αποσβέσεις	1.939,1	1,61	11,54
7	Γενικά έξοδα 12% (4)	2.333,6	1,95	13,9
8	Απρόβλεπτα 10% (4)	1.944,7	1,62	11,6
9	Συνολική δαπάνη επεξεργασίας	46.399	38,63	276,1

Τα ετήσια έξοδα λειτουργίας του εργοστασίου, δηλαδή το κόστος εκμετάλλευσης Δ , είναι:

$$\Delta = (K_{\varepsilon} + K_{\mu}) * T * H$$

όπου : K_{ε} = κόστος εμπλουτισμού ανά t μεταλλεύματος

K_{μ} = κόστος εξόρυξης ανά t μεταλλεύματος (υπολογίζεται περίπου 25 €/t)

T = t μεταλλεύματος που εμπλουτίζονται ανά 24h

H = ημέρες λειτουργίας του εργοστασίου ανά έτος

Υπολογίζουμε :

$$\Delta = (38,63 + 25) * 1.200 * 250 = 19.089.000 \text{ €/y}$$

7.5 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Η τιμή του συμπυκνώματος εξαρτάται από την % περιεκτικότητα σε μέταλλο στο συμπύκνωμα, από το ποσοστό (περίπου 65%) του περιεχόμενου μετάλλου που πληρώνεται λόγω συμβολαίου (λόγω υπολογισμού απωλειών κατά τη μεταλλουργική κατεργασία) και από την τιμή που έχει το μέταλλο στο χρηματιστήριο του Λονδίνου (L.M.E., London Metal Exchange).

Συνεπώς, η τιμή πώλησης του συμπυκνώματος PbS υπολογίζεται $0,65 \cdot 0,48 \cdot 2.525 \text{ \$/t} = 788 \text{ \$/t}$, δηλαδή 606,1 €/t περίπου, ενώ η τιμή του συμπυκνώματος ZnS υπολογίζεται $0,65 \cdot 0,55 \cdot 2.400 \text{ \$/t} = 858 \text{ \$/t}$, δηλαδή 660 €/t. Επομένως, τα έσοδα από την πώληση των συμπυκνωμάτων είναι:

$$E = (127,5 \text{ t/24h}) \cdot (606,1 \text{ €/t}) \cdot (250 \text{ d/y}) + (39,3 \text{ t/24h}) \cdot (660 \text{ €/t}) \cdot (250 \text{ d/y}) = 25.803.937,5 \text{ €/y}$$

Το κέρδος του εργοστασίου είναι:

$$K = E - \Delta = 25.803.397,5 - 19.089.000 = 6.714.397,5 \text{ €/y}$$

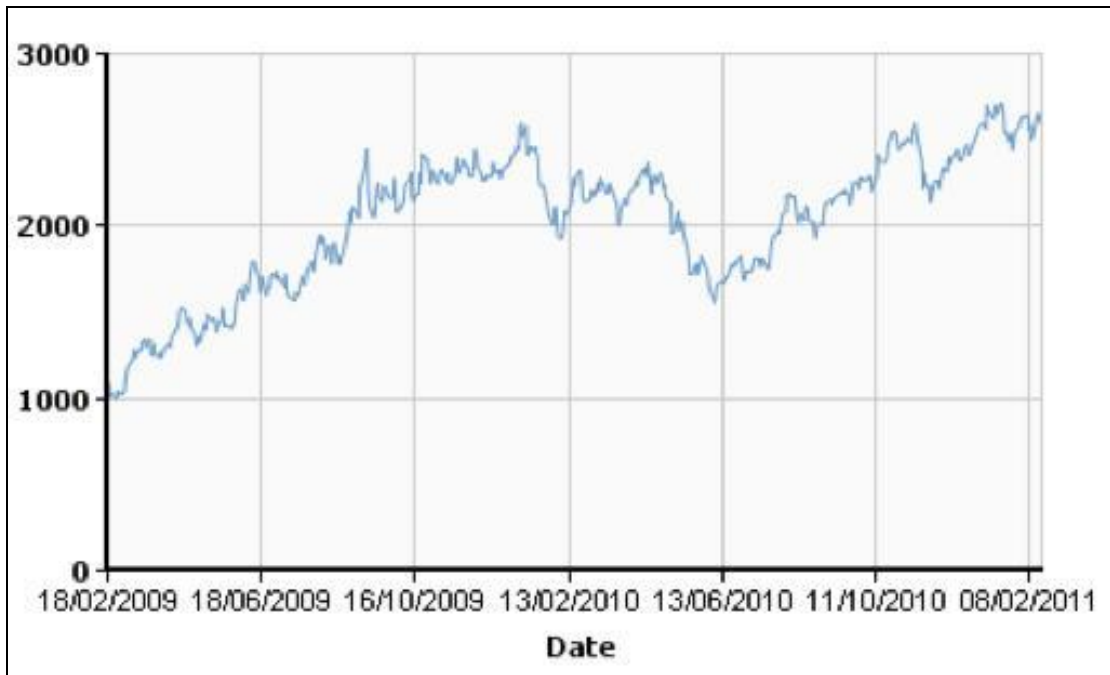
Το περιθώριο εκμετάλλευσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Ο.Π.} = K/\Delta = 0,35 \text{ ή } 35\%$$

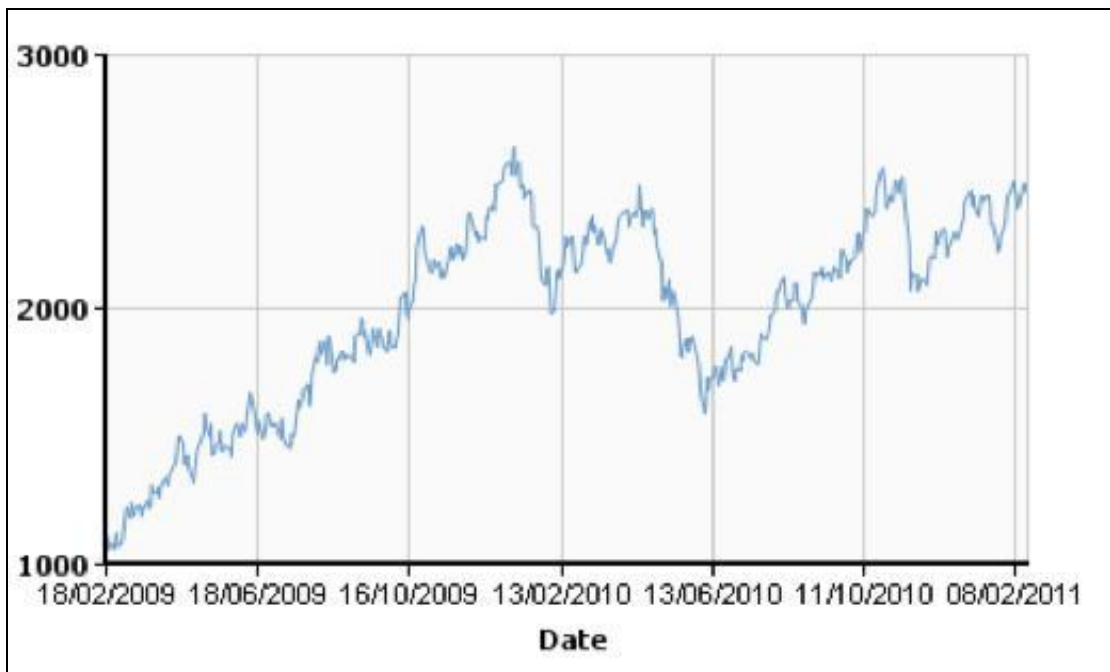
Το αποτέλεσμα του οικονομικού περιθωρίου κρίνεται αποδεκτό σαν αποτέλεσμα προκαταρκτικής μελέτης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα, οι τιμές του Pb και του Zn ακολουθούν σταθερά ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια, κάτι που αναμένεται να συνεχιστεί και στο μέλλον λόγω της στρατηγικής τους σημασίας ως μέταλλα, σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ζήτηση τους. Συνεπώς, το παραπάνω υπολογισθέν οικονομικό περιθώριο αναμένεται στο μέλλον να είναι μεγαλύτερο, καθιστώντας την όλη επιχείρηση επικερδέστερη.

Πιν. 7.5 Η τιμή του Pb σε \$/t τα τελευταία δύο χρόνια



Πιν. 7.6 Η τιμή του Zn σε \$/t τα τελευταία δύο χρόνια



(Πηγή: London Metal Exchange)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη του διαγράμματος ροής, της επιλογής και διάταξης των μηχανημάτων, των αποτελεσμάτων εμπλουτισμού καθώς και της οικονομικής ανάλυσης οδηγούν σε κάποια συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της μεθόδου που ακολουθείται και τη βιωσιμότητα του εργοστασίου.

1. Τα αποτελέσματα της μηχανικής προπαρασκευής και της επίπλευσης του μεταλλεύματος κρίνονται ικανοποιητικά. Το 15% της αρχικής τροφοδοσίας αποτελεί τελικά τα συμπυκνώματα του εργοστασίου. Επίσης, η ανάκτηση του Pb είναι 85%, ενώ του Zn είναι 65%.
2. Η διαφορική επίπλευση είναι η καταλληλότερη μέθοδος για τον εμπλουτισμό μικτού θειούχου μεταλλεύματος PbS - ZnS.
3. Τα συμπυκνώματα έχουν κοκκομετρία κατάλληλη για μεταλλουργική επεξεργασία.
4. Το αποτέλεσμα της οικονομικής ανάλυσης είναι αποδεκτό γιατί το οικονομικό περιθώριο είναι αρκετά μεγάλο. Επομένως, τυχόν διακυμάνσεις στο κόστος εμπλουτισμού ή στην τιμή των μετάλλων (και συνεπώς και των συμπυκνωμάτων) δεν θα επηρεάσουν άμεσα το κέρδος της επιχείρησης.

Με βάση τα παραπάνω, το εργοστάσιο κρίνεται βιώσιμο και η όλη επιχείρηση επικερδής.

8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης είναι ικανοποιητικά. Εν τούτοις, σε περίπτωση εφαρμογής της, και για να ισχύουν τα παραπάνω, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη διάφοροι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία και την απόδοση του εργοστασίου.

1. Ο τόπος εγκατάστασης του εργοστασίου πρέπει να είναι κατάλληλος για οριζόντια διάταξη των μηχανημάτων επίπλευσης, χωρίς να χρειαστούν πολλές εκσκαφές που θα επιβάρυναν το κόστος εγκατάστασης.
2. Θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την τροφοδοσία του εργοστασίου με νερό. Συνιστάται περιοχή πλησίον φυσικής πηγής νερού (ποτάμι, λίμνη κλπ) ώστε να είναι εύκολη και όχι πολύ δαπανηρή η μεταφορά του νερού και η διάθεση του στο εργοστάσιο.
3. Η κατανάλωση των αντιδραστηρίων στην επίπλευση πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής καθώς είναι αρκετά δαπανηρά και η χρήση τους ευρεία.
4. Η απόθεση του τέλματος αποτελεί σπουδαιότατο θέμα που πρέπει να μελετηθεί επισταμένα. Το τέλμα περιέχει χημικά που το καθιστούν επικίνδυνο για το περιβάλλον και ακατάλληλο για ανακύκλωση. Προτείνεται η απόθεση του σε κατάλληλο φράγμα ή λίμνη, ή η χρήση του (μετά από ανάμειξη με τσιμέντο) ως υλικού λιθογόμωσης πιθανών μελλοντικών υπόγειων εκσκαφών. Η θέση του φράγματος ή της λίμνης πρέπει να είναι κοντά στο εργοστάσιο και οι διαστάσεις του να εξασφαλίζουν μεγάλη χωρητικότητα και μακροπρόθεσμη λειτουργία.
5. Η ανακύκλωση μέρους του νερού που χρησιμοποιείται στο εργοστάσιο, εφ' όσον αυτό είναι δυνατό, αποτελεί μία λύση τόσο για οικονομία, όσο και για προστασία του περιβάλλοντος.
6. Είναι αυτονόητο ότι είναι αναγκαία η λειτουργία μιας πρόδρομης εγκατάστασης με πραγματικές συνθήκες τροφοδοσίας και λειτουργίας, ώστε να προσδιοριστούν οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα του εργοστασίου που σχεδιάστηκε ή ακόμη και να επισημανθούν τυχόν λάθη στον σχεδιασμό του.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πιν. 2.1 Φυσικές ιδιότητες και σταθερές του Pb	14
Πιν. 2.2 Βιομηχανική κατανάλωση Pb	15
Πιν. 2.3 Παγκόσμια παραγωγή Pb	15
Πιν. 2.4 Βιομηχανική κατανάλωση Zn	18
Πιν. 2.5 Παγκόσμια παραγωγή Zn	19
Πιν. 2.6 Αντιδραστήρια επίπλευσης	27
Πιν. 3.1 Διάγραμμα Rosin-Rammler	34
Πιν. 4.1 Χημικά αντιδραστήρια	40
Πιν. 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά δονούμενων τροφοδοτών	50
Πιν. 5.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά θραυστήρων σιαγόνων	52
Πιν. 5.3 Σχεδιάγραμμα εύρεσης θεωρητικής δυναμικότητας κόσκινου σε t/sq.ft και σε συνάρτηση με την οπή του πλέγματος	55
Πιν. 5.4 Συντελεστές δυναμικότητας δονούμενων κοσκίνων	56
Πιν. 5.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά δονούμενων κοσκίνων	57
Πιν. 5.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά κωνικών θραυστήρων	59
Πιν. 5.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεταφορικών ταινιών	62
Πιν. 5.8 Διαστάσεις για ράουλα επίπεδων ταινιών	63
Πιν. 5.9 Διάγραμμα για την εύρεση της ισχύος κινητήρα μετ. ταινίας Pk χωρίς φορτίο συναρτήσει του μήκους και του πλάτους της ταινίας	64

Πιν 5.10 Διάγραμμα για την εύρεση της ισχύος κινητήρα μετ. τανίας Ph για την ανύψωση σε ύψος h	65
Πιν. 5.11 Ισχύς οριζόντιας μεταφοράς Po φορτίου με συν/τη τριβής 0,022	65
Πιν. 5.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά ραβδόμυλων	68
Πιν. 5.13 Τεχνικά χαρακτηριστικά σφαιρόμυλων	70
Πιν. 5.14 Δυναμικότητα επιφάνειας σκάφης υδροταξινομητή	72
Πιν. 5.15 Επίδραση του ειδ.βάρους στον υπολογισμό της επιφάνειας σκάφης υδροταξινομητή	72
Πιν. 5.16 Τεχνικά χαρακτηριστικά κοχλιοφόρων υδροταξινομητών	73
Πιν. 5.17 Συντελεστής c σε συνάρτηση με την πυκνότητα του πολφού	76
Πιν. 5.18 Τεχνικά χαρακτηριστικά προοδοποιητών	76
Πιν. 5.19 Τεχνικά χαρακτηριστικά κυψελών επίπλευσης	78
Πιν. 5.20 Τεχνικά χαρακτηριστικά δισκοφόρων διηθητήρων	83
Πιν. 5.21 Δυναμικότητες αντλιών πολφού	86
Πιν. 5.22 Δυναμικότητες αντλιών με διάφραγμα	87
Πιν. 5.23 Εξοπλισμός εργοστασίου	88
Πιν. 7.1 Δαπάνες μηχανικού εξοπλισμού	95
Πιν. 7.2 Κεφάλαιο Επένδυσης	96
Πιν. 7.3 Δαπάνες προσωπικού	97
Πιν. 7.4 Κόστος εμπλουτισμού	98
Πιν. 7.5 Η τιμή του Pb σε \$/t τα τελευταία δύο χρόνια	101
Πιν. 7.6 Η τιμή του Zn σε \$/t τα τελευταία δύο χρόνια	101

B

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ. 2.1 Μόλυβδος	16
Εικ. 2.2 Ψευδάργυρος	20
Εικ. 2.3 Κοίτασμα «Μάντεμ Λάκκος»	23
Εικ. 2.4 Κοίτασμα «Ολυμπιάδα»	24
Εικ. 2.5 Κοίτασμα Λαυρίου	24
Εικ. 2.6 Διαφορική επίπλευση μικτού θειούχου μεταλλεύματος Pbs - ZnS	28
Εικ. 2.7 Bulk επίπλευση μικτού θειούχου μεταλλεύματος Pbs - ZnS	29
Εικ. 4.1 Μόριο Dow-Froth 250	40
Εικ. 4.2 Μόριο $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	41
Εικ. 4.3 Μόριο $\text{Ca}(\text{OH})_2$	41
Εικ. 4.4 Μόριο NaCN	42
Εικ. 4.5 Μόριο $(\text{CH}_3)_2\text{CHOCSNa}$ ή SIPX	42
Εικ. 4.6 Διάγραμμα ροής εργοστασίου	45
Εικ. 5.1 Δονούμενος τροφοδότης	49
Εικ. 5.2 Θραυστήρας σιαγόνων	51
Εικ. 5.3 Κλειστό κύκλωμα θραύσης-κοσκίνισης	53
Εικ. 5.4 Δονούμενο κόσκινο	54
Εικ. 5.5 Κωνικός θραυστήρας	58
Εικ. 5.6 Μεταφορικές Ταινίες	61
Εικ. 5.7 Ραβδόμυλος	67
Εικ. 5.8 Σφαιρόμυλος	69
Εικ. 5.9 Κοχλιοφόρος υδροταξινομητής	71
Εικ. 5.10 Προοδοποιητής	75
Εικ. 5.11 Κυψέλες επίπλευσης	77
Εικ. 5.12 Πυκνωτής	81
Εικ. 5.13 Δισκοφόρος διηθητήρας	82
Εικ. 5.14 Αντλίες	85
Εικ. 6.1 Σχεδιάγραμμα εργοστασίου κατά την κλίση του εδάφους	93

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

1. «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ» Α.Ζ.Φραγκίσκος, Αθήνα 1992
2. «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ» Κ.Τσακαλάκης, Αθήνα 2005
3. «ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΙΣ ΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ» Α.Ζ.Φραγκίσκος, Αθήνα 1979
4. «ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ» Α.Μανουσάκη-Ορφανουδάκη, Αθήνα 2005
5. «SME MINERAL PROCESSING HANDBOOK» N.L.Weiss, Νέα Υόρκη 1985
6. «DIFFERENTIAL FLOTATION OF NIGERIA’S GALENA - SPHALERITE ORE USING XANTHATE COLLECTOR FROM LOCALLY SOURCED CAUSTIC POTASH» G.O.Onyedika και P.C.Njoku, Owerri 2007
(<http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2007/745-749.pdf>)
7. «ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΧΡΥΣΟΣ Α.Ε. - ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΣΤΡΑΤΩΝΙΟΥ» Αχ.Γάτσιος, Στρατόνι 2009
8. LONDON METAL EXCHANGE web site
(<http://www.lme.com/>)
9. «LEAD»
(<http://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/lead.htm#Intr>)
10. «DEVELOPMENTS IN MILLING PRACTICE AT THE LEAD/ZINC CONCENTRATOR OF MOUNT ISA MINES LIMITED FROM 1990»
(<http://www.isamill.com/cn/downloads/Developments%20in%20Milling%20Practice%20at%20the%20LeadZinc%20Concentrator.pdf>)

11. «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΑΣΤΡΙΩΝ» Αικ.Βασιλειάδου,
Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 1995

12. «INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL (IPPC)
REFERENCE DOCUMENT ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN THE NON
FERROUS METALS INDUSTRIES» European Commission 2001

13. «FROTH FLOTATION 50th ANNIVERSARY VOLUME» AIME 1962