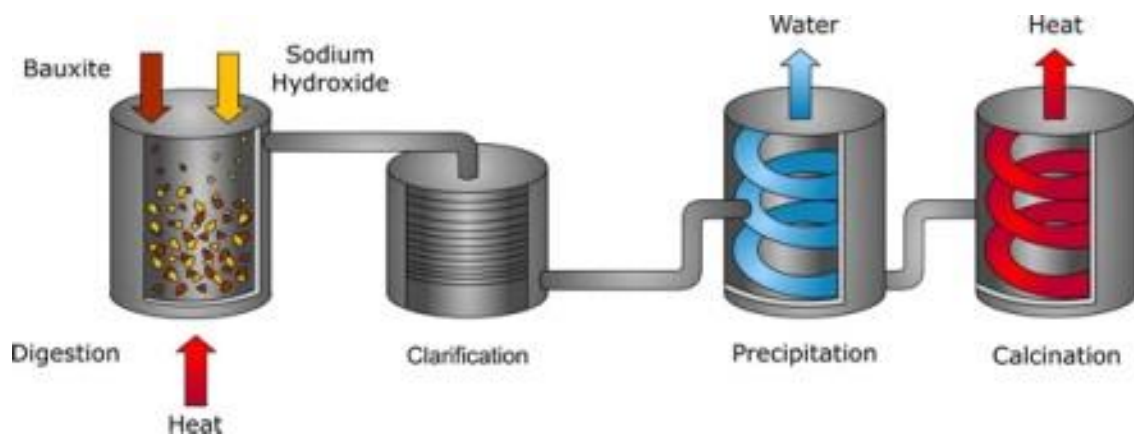


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βιομηχανία Κατεργασίας Αλουμινίου. Αρχές λειτουργίας και συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.



ΣΑΡΑΝΤΕΑΣ - ΜΑΓΓΑΛΟΥΣΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ (Α.Μ. 5704)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. ΜΑΡΙΑ ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην καταγραφή των τεχνικών ελεγχου και επεξεργασίας των ρύπων στην βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου. Είναι γνωστό ότι η διαμόρφωση του αλουμινίου δημιουργεί, σε κάθε διεργασία, πολλούς και διαφορετικούς ρύπους οι οποίοι θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με διάφορα μέσα-τεχνικές τόσο για την προστασία των εργαζομένων όσο και του περιβάλλοντος.

Στην αρχή μελετώνται το αλουμίνιο και οι ιδιότητες του. Στην συνέχεια αναφερόμαστε στην παραγωγή της αλουμίνιας καθώς και στις επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Έπειτα αναφερόμαστε στην διαμόρφωση του αλουμινίου αναλύοντας τις πιο βασικές κατηγορίες διαμόρφωσης. Μετά αναφέρουμε επιγραμματικά τις ρυπογόνες ουσίες σε κάθε διαδικασία διαμόρφωσης και τέλος αναλύουμε τις βασικότερες τεχνολογίες ελεγχου και επεξεργασίας που λαμβάνουν μέρος στις βιομηχανίες για την καταπολέμηση των παραπάνω ρύπων.

Ευχαριστώ θερμά την Επιβλέποντα Καθηγήτρια μου κα. Μαρία Θεοδοροπούλου για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Σαραντέας-Μαγγαλούσης Ευάγγελος
Σεπτέμβριος 2016

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής
(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στην καταγραφή των τεχνικών ελέγχου και επεξεργασίας των ρύπων στην βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου. Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε τέσσερα Κεφάλαια.

Στο 1^ο Κεφάλαιο αναφέρονται οι ιδιότητες του αλουμινίου, η διαδικασία παραγωγής της αλουμίνας μέσα από τον βωξίτη και οι κύριες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της. έπειτα αναφερόμαστε στην δευτερογενή παραγωγή του αλουμινίου καθώς και στην ανακύκλωση του. Ύστερα αναφερόμαστε στις βασικές διαδικασίες διαμόρφωσης του αλουμινίου καθώς και στις κύριες κατηγορίες κραμάτων του.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αναφερόμαστε επιγραμματικά στους ρυπογόνους οργανισμούς που δημιουργούνται σε διαδικασίες όπως η χύτευση, η έλαση, η πίεση-σφυρηλάτηση και τους διαχωρίζουμε σε πρωτεύοντες και δευτερεύοντες ρύπους.

Στο 3^ο Κεφάλαιο καταγράφονται οι βασικότερες τεχνικές ελέγχου και επεξεργασίας των ρύπων, κατά την διαμόρφωση του αλουμινίου όπως, η απομάκρυνση του χρωμίου με χημική αναγωγή, η απομάκρυνση τοξικών ιόντων με χημική κατακρήμνιση, η χρήση φίλτρων διήθησης για τον καθαρισμό λυμάτων. Επίσης καταγράφονται τεχνικές για την απομάκρυνση αλλά και την καθίζηση του κυανίου.

Στο 4^ο Κεφάλαιο καταγράφονται οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες διαμόρφωσης αλουμινίου για την ανάκτηση και τον καθαρισμό των νερών χρήσης με στόχο την επαναχρησιμοποίηση τους σε διάφορες διεργασίες. Αναλύονται τεχνικές ανακύκλωσης του νερού όπως αυτή μέσω πύργων ψύξης. Επιπλέον μελετούνται διαδικασίες επαναχρησιμοποίησης του νερού χρήσης, διαχωρισμού των λυμάτων αλλά και ανακύκλωση των ελαίων και των διαλυτικών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες διαδικασίες διαμόρφωσης.

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα Εργασία είναι το πόσο σπουδαίο ρόλο έχει η αντιμετώπιση των ρυπογόνων οργανισμών στις βιομηχανίες σήμερα. Μέσα από την εργασία αυτή φαίνεται και το πόσο πολύπλοκες και ταυτόχρονα διαφορετικές, ανάλογα με την διεργασία διαμόρφωσης, είναι οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ρύπων και για την φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία των βιομηχανιών αυτών.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ αλουμινίου.....	2
1.1.1 Φυσικές Ιδιότητες αλουμινίου	2
1.1.2 Χημικές Ιδιότητες αλουμινίου	3
1.1.3 Μεταλλεύματα αλουμινίου	3
1.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΩΞΙΤΗ.....	5
1.2.1 Διαδικασία Bayer	5
1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (HALL HEROULT).....	8
1.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ.....	10
1.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ.....	11
1.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ.....	12
1.7 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΥΡΙΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ.....	14
1.7.1 Προετοιμασία - Χύτευση	14
1.7.2 Διαδικασία έλασης μέσω κυλίνδρων	15
1.7.3 Διαδικασία εξώθησης.....	16
1.8 ΕΙΔΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	18
1.8.1 Κράματα διαμόρφωσης	18
1.8.2 Κράματα για χύτευση.....	19
2. ΡΥΠΟΙ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	20
2.1 Ρεύματα αποβλήτων κατά τις διαδικασίες διαμόρφωσης και αναφορά σε μεμονωμένους ρύπους	20
2.2 ΧΥΤΕΥΣΗ (Direct Chill Casting).....	23
2.3 Έλαση με ελαιώδη γαλακτώματα	24
2.4 Εξώθηση (Extrusion) - Καθαρισμός (ξέπλυμα) της μήτρας εξώθησης	25
2.5 σφυρηλάτηση – πίεση (Forging) - Έλεγχος ρύπανσης του αέρα.....	25
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	27
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	27

3.2	ΚΥΡΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	27
3.2.1	Απομάκρυνση του χρωμίου με χημική αναγωγή	28
3.2.2	Απομάκρυνση τοξικών ιόντων με χημική κατακρήμνιση.....	31
3.2.3	Καθαρισμός λυμάτων με διήθηση κοκκώδους κλίνης	39
3.2.4	Διήθηση υπό πίεση	44
3.2.5	Διεργασίες Καθίζησης	47
3.2.6	Διαχωρισμός (skimming)	51
3.2.7	Χημική διάσπαση γαλακτώματος (Chemical emulsion breaking).....	56
3.2.8	Επιπλευση (flotation)	59
3.2.9	Προσρόφηση σε άνθρακα (Carbon adsorption)	64
3.2.10	Απομάκρυνση ρύπων με φυγοκέντριση	68
3.2.11	Απομάκρυνση κυανίου Cn^- με καθίζηση	71
3.2.12	Οξειδωση κυανίου με χλώριο	72
3.2.13	Οξειδωση Κυανίου με Όζον.....	74
3.2.14	Οξειδωση Κυανίου με Όζον και ακτινοβολία (cyanide oxidation by ozone with radiation)	76
3.2.15	Οξειδωση κυανίου με υπεροξείδιο του υδρογόνου.....	77
4.	ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	79
4.1	ΤΥΠΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ.....	79
4.1.1	Ανακύκλωση μέσω πύργων ψύξης.....	80
4.1.2	Διαδικασία επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιημένου νερού	83
4.1.3	Μείωση του νερού χρήσης.....	83
4.1.4	Διαχωρισμός λυμάτων.....	84
4.1.5	Ανακύκλωση ελαίων και διαλυτικών	85
4.1.6	Έλεγχος ρύπανσης του ξηρού αέρα - (Dry Air Pollution Control Devices)	86
	Συμπέρασμα.....	89

Κατάλογος Σχημάτων - Εικόνων

Σχήμα 1.1: Η φυσική μορφή του βωξίτη	4
Σχήμα 1.2: Εικόνα από την συλλογή του βωξίτη	4
Σχήμα 1.3: Τα κύρια βήματα της διαδικασίας Bayer	6
Σχήμα 1.4: Οι εφευρέτες της διαδικασίας Hall Héroult (internet).....	9
Σχήμα 1.6: Διαδικασία επεξεργασίας του scrap	12
Σχήμα 1.7: Η αύξηση του όγκου του προερχόμενου απόανακύκλωση αλουμινίου στην δυτική Ευρώπη τα τελευταία χρόνια (internet)	13
Σχήμα 1.8: Διαδικασία έλασης μέσω κυλίνδρων (internet).....	16
Σχήμα 1.9:Μηχανή εξώθησης 1 (internet).....	17
Σχήμα 1.10: Μηχανή εξώθησης 2 (internet).....	17
Σχήμα 3.1 : Διάγραμμα ροής της χημικής αναγωγής του εξασθενούς χρωμίου.....	29
Σχήμα 3.2: Είδη φίλτρων με εφαρμογή σε διήθηση μέσω κοκκώδους κλίνης.....	41
Σχήμα 3.3: Απεικονίζει ένα υψηλού βαθμού ,διπλό κοκκώδες φίλτρο με ροή προς τα κάτω (down-flow)	42
Σχήμα 3.4:Φίλτρο που χρησιμοποιείται στην διήθηση μέσω πίεσης	45
Σχήμα 3.5α : Συσκευή καθίζησης	48
Σχήμα 3.6 : Διαχωριστής τύπου ζώνης	52
Σχήμα 3.7: Διαχωριστής τύπου API.....	53
Σχήμα 3.8: Διαχωριστής τύπου API (τύπου βαρύτητας)	55
Σχήμα 3.9: Διάγραμμα ροής χημικής διάσπασης γαλακτώματος	58
Σχήμα 3.10α: Ροή με πλήρη διήθηση	61
Σχήμα 3.10β:Ροή μέρος της οποίας καταλήγει σε διήθηση.....	62
Σχήμα 3.10γ: Η ροή ανατροφοδότησης υπόκειται σε διήθηση πριν την λεκάνη επίπλευσης.62	
Σχήμα 3.11: Διάγραμμα ροής της κατεργασίας και αναγέννησης (regeneration) του ενεργού άνθρακα.....	66
Σχήμα 3.12: Μηχανή φυγοκέντρισης (internet).....	68
Σχήμα 3.13:Μονάδα φυγοκέντρισης τύπου conveyor (internet)	69
Σχήμα 3.14: Οξειδωση του κυανίου με χλώριο	73
Σχήμα 3.15: Σύστημα οζονισμού για οξειδωση κυανίου.....	75
Σχήμα 3.16: Σύστημα οζονισμού με U-V ακτινοβολία	77
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής για ανακύκλωση μέσω πύργων ψύξης.....	81
Σχήμα 4.2: Απαέρωση ενός πύργου ψύξης.....	82
Σχήμα 4.3: Γραμμή καθαρισμού κουτιών αλουμινίου (internet).....	84
Σχήμα 4.3: Σακκοφίλτρο (Filter Bag).....	87

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Ποιότητες αλουμινίου	11
Πίνακας 3.1 Δειγματοληψία για έλεγχο pH	33
Πίνακας 3.2: Αποτελεσματικότητα του υδροξειδίου του νατρίου για την απομάκρυνση μετάλλων.....	34
Πίνακας 3.3: Αποτελεσματικότητα του ασβέστη και του υδροξειδίου του νατρίου για την απομάκρυνση μετάλλων	34
Πίνακας 3.4: Θεωρητικές διαλυτότητες των υδροξειδίων και των σουλφιδίων.....	35
διαφόρων μετάλλων στο νερό.....	35
Πίνακας 3.5: Δειγματοληψία από διάφορες εγκαταστάσεις	36
Πίνακας 3.6: Επιδόσεις συστημάτων κατακρήμνισης και καθίζησης των θειούχων	37
Πίνακας 3.7: Αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων στα συστήματα καθίζησης	50
Πίνακας 3.8: Απόδοση των 2 διαφορετικών ελαιοδιαχωριστών.....	54
Πίνακας 3.9: Στοιχεία για απόδοση API διαχωριστή.....	55
Πίνακας 3.10: Επίπεδα αφαίρεσης υδραργύρου	66
Πίνακας 3.11: Συγκέντρωση κυανίου σε απόβλητα εργοστασίου	71

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αλουμίνιο είναι ένα χημικό στοιχείο της ομάδας μεταπτώσεως με σύμβολο Al και ατομικό αριθμό 13. Είναι ένα στιλπνό, λευκό, μαλακό, μη μαγνητικό, όλκιμο μέταλλο. Το αλουμίνιο είναι το τρίτο πιο άφθονο στοιχείο στο φλοιό της Γης (μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο) και πιο άφθονο μέταλλο της. Αποτελεί περίπου το 8% του φλοιού κατά μάζα. Το αλουμίνιο ως μέταλλο αντιδρά πολύ εύκολα και για αυτό είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί χωρίς να είναι σε ένωση. Παρόλα αυτά, βρίσκεται σε συνδυασμό σε πάνω από 270 διαφορετικά ορυκτά. Το κύριο μέταλλευμα από το οποίο προέρχεται το αλουμίνιο είναι ο βωξίτης.

Το αλουμίνιο είναι γνωστό για την χαμηλή πυκνότητα και για την ικανότητά του να ανθίσταται στη διάβρωση λόγω του φαινομένου της παθητικοποίησης. Δομικά στοιχεία κατασκευασμένα από αλουμίνιο και τα κράματά του είναι απαραίτητα για την αεροδιαστημική βιομηχανία και είναι σημαντικά σε άλλους τομείς των μεταφορών και δομικών υλικών, όπως προσόψεις κτιρίων και κουφώματα.

1.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

1.1.1 Φυσικές Ιδιότητες αλουμινίου

Το αλουμίνιο, όπως αναφέραμε, είναι ένα σχετικά μαλακό, ανθεκτικό, ελαφρύ, όλκιμο και ελατό μέταλλο με εμφάνιση που κυμαίνεται από ασήμι μέχρι θαμπό γκρι, ανάλογα με την τραχύτητα της επιφάνειας. Είναι μη μαγνητικό και δεν αναφλέγεται εύκολα. Ένα πρόσφατο φιλμ αλουμινίου ανακλά ικανοποιητικά (περίπου 92%) το ορατό φως και εξαιρετικά (έως 98%) την υπέρυθη ακτινοβολία. Το όριο ελαστικότητας του καθαρού αλουμινίου είναι 7-11 MPa, ενώ κράματα αλουμινίου έχουν όρια που κυμαίνονται από 200 έως 600 MPa. Το αλουμίνιο έχει περίπου το ένα τρίτο της πυκνότητας και την ακαμψία του χάλυβα. Η μηχανική επεξεργασία, η χύτευση, η διέλαση και η εξώθηση είναι σχετικά εύκολες λόγω των χαρακτηριστικών του μετάλλου.

Το αλουμίνιο έχει καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, έχοντας 59% της θερμικής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας του χαλκού, ενώ έχει μόνο το 30% της πυκνότητας του.

1.1.2 Χημικές Ιδιότητες αλουμινίου

Η αντίσταση στη διάβρωση είναι εξαιρετική λόγω ενός λεπτού επιφανειακού στρώματος οξειδίου του αργιλίου που σχηματίζεται όταν το μέταλλο είναι εκτεθειμένο στον αέρα, εμποδίζοντας έτσι αποτελεσματικά την περαιτέρω οξείδωση. Τα ισχυρότερα κράματα αλουμινίου είναι λιγότερο ανθεκτικά στη διάβρωση λόγω των γαλβανικών αντιδράσεων με κράματα χαλκού. Αυτή η αντοχή στη διάβρωση συχνά μειώνεται σε μεγάλο βαθμό από διαλύματα αλάτων, ιδιαίτερα με την παρουσία ανόμοιων μετάλλων. Σε πολύ όξινα διαλύματα, το αλουμίνιο αντιδρά με το νερό για να σχηματίσει υδρογόνο. Κυρίως, χλωριούχα όπως το χλωριούχο νάτριο είναι ευρέως γνωστά ως πηγές διάβρωσης του αλουμινίου.

Ωστόσο, λόγω της γενικής αντοχής στη διάβρωση, το αλουμίνιο είναι ένα από τα λίγα μέταλλα που διατηρεί ασημί ανάκλαση σε λεπτώς κονιοποιημένη μορφή σκόνης, καθιστώντας το ένα σημαντικό συστατικό των ασημί χρωμάτων. Το αλουμίνιο οξειδώνεται από το νερό σε θερμοκρασίες κάτω των 280°C για την παραγωγή υδρογόνου, υδροξειδίου του αργιλίου και θερμότητας:



1.1.3 Μεταλλεύματα αλουμινίου

Ο βωξίτης (Σχήμα 1.1), μέταλλευμα αλουμινίου, είναι η κύρια πηγή αλουμινίου στον κόσμο. Αποτελείται κυρίως από τα ορυκτά γυψίτη $Al(OH)_3$, βοημίτη $\gamma-AlO(OH)$. Το 1821 ο Γάλλος γεωλόγος Pierre Berthier ανακάλυψε τον βωξίτη κοντά στο χωριό Les Baux στην Προβηγκία, στη νότια Γαλλία. Το 1861, ο Γάλλος χημικός Henri Sainte-Claire Deville ονόμασε το ορυκτό αυτό βωξίτη.

Η Αυστραλία είναι η κορυφαία παραγωγός βωξίτη με σχεδόν το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής, ακολουθούμενη από την Κίνα, τη Βραζιλία, την Ινδία και τη Γουινέα. Παρά το γεγονός ότι η ζήτηση του αλουμινίου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, τα γνωστά αποθέματα βωξίτη είναι επαρκή για να καλύψουν τις παγκόσμιες απαιτήσεις για το αλουμίνιο για πολλούς αιώνες. Η αυξημένη ανακύκλωση αλουμινίου, η οποία έχει το πλεονέκτημα της μείωσης του κόστους σε ηλεκτρική ενέργεια για την παραγωγή αλουμινίου, βοηθά στην διατήρηση σημαντικών αποθεμάτων βωξίτη στον κόσμο.



Σχήμα 1.1: Η φυσική μορφή του βωξίτη



Σχήμα 1.2: Εικόνα από την συλλογή του βωξίτη

1.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΩΞΙΤΗ

Ο βωξίτης εξορύσσεται από την επιφάνεια του εδάφους (Σχήμα 1.2). Περίπου το 70% έως 80% της παγκόσμιας παραγωγής ξηρού βωξίτη επεξεργάζεται πρώτα σε αλουμίνα, και στη συνέχεια σε αλουμίνιο με την μέθοδο της ηλεκτρόλυσης. Τα πετρώματα βωξίτη συνήθως κατατάσσονται ανάλογα με την προβλεπόμενη εμπορική εφαρμογή τους: μεταλλουργική, λείανση, τσιμέντα, χημικά, και πυρίμαχα.

Συνήθως ο βωξίτης θερμαίνεται σε ένα δοχείο πίεσης, μαζί με ένα διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου σε μια θερμοκρασία από 150 έως 200 ° C. Σε αυτές τις θερμοκρασίες, το αλουμίνιο διαλύεται ως αργλικό νάτριο (διαδικασία Bayer). Οι ενώσεις αλουμινίου στο βωξίτη μπορεί είναι παρούσες ως γυψίτης ($\text{Al}(\text{OH})_3$) ή βοημίτης (AlOOH).

Μετά το διαχωρισμό του υπολείμματος με διήθηση, ο καθαρός γυψίτης καθιζάνει όταν το υγρό ψύχεται και στη συνέχεια εμβολιάζεται με λεπτόκοκκο υδροξείδιο του αργιλίου. Ο γυψίτης μετατρέπεται σε οξείδιο του αργιλίου, Al_2O_3 , με θέρμανση σε περιστροφικούς κλιβάνους σε θερμοκρασία άνω των 1000 ° C.

Πριν από την εφεύρεση της εν λόγω διαδικασίας το 1886, η παραγωγή του αλουμινίου γινόταν με θέρμανση του μεταλλεύματος μαζί με νάτριο ή κάλιο σε κενό. Η μέθοδος ήταν περίπλοκη και καταναλώνονταν υλικά που ήταν ακριβά την εποχή εκείνη. Αυτό έκανε το στοιχειακό αλουμίνιο (early elemental aluminium) πιο ακριβό από το χρυσό.

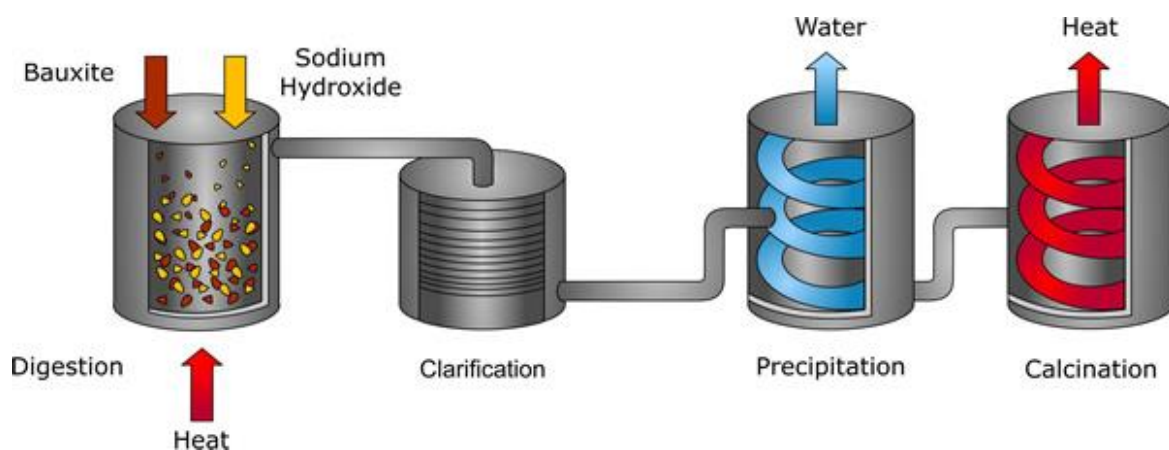
1.2.1 Διαδικασία Bayer

Η διαδικασία Bayer (Σχήμα 1.3) είναι το κύριο βιομηχανικό μέσο για την εκκαθάριση του βωξίτη για την παραγωγή αλουμίνας (οξείδιο του αλουμινίου). Ο βωξίτης, το πιο σημαντικό μέταλλευμα αλουμινίου, περιέχει μόνο 30-54% οξείδιο αλουμινίου, (αλουμίνα), Al_2O_3 , ενώ το υπόλοιπο είναι ένα μίγμα διοξειδίου του πυριτίου, διάφορα οξείδια του σιδήρου και διοξείδιο του τιτανίου. Το οξείδιο του αλουμινίου πρέπει να καθαριστεί πριν μπορέσει να μετατραπεί σε αλουμίνιο.

Ο πρωταρχικός σκοπός μίας εγκατάστασης Bayer είναι η επεξεργασία του βωξίτη για την παροχή καθαρής αλουμίνας για την παραγωγή αλουμινίου. Όλα διυλιστήρια βωξίτη μοιράζονται μια κοινή διαδικασία που αποτελείται από πέντε βήματα:

1. την προετοιμασία του μεταλλεύματος (*ore preparation*)

2. την κοσκίνηση(*bauxite digestion*)
3. τον καθαρισμό - διαύγαση (*clarification*)
4. την καθίζηση του υδροξειδίου του αργιλίου (*aluminum hydroxide precipitation*)
5. την ασβεστοποίηση σε άνυδρη αλουμίνα(*calcination to anhydrous alumina.*).



Σχήμα 1.3: Τα κύρια βήματα της διαδικασίας Bayer

1.2.1.1 Προετοιμασία του μεταλλεύματος-Άλεση-Κοσκίνηση

Οι διαδικασίες εξόρυξης του βωξίτη εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση του κοιτάσματος. Αν το μέταλλευμα δεν είναι ομοιόμορφο, περιέχει υπερβολική ποσότητα καολίνης, ή είναι δύσκολο στο χειρισμό λόγω της περιεκτικότητας σε υγρασία, λειτουργίες ανάμιξης, φυσικός εμπλουτισμός, και ξήρανση βωξίτη είναι μερικές από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται. Η άλεση είναι σχεδιασμένη για να παράγει πρώτη ύλη σε κόκκους, η οποία θα είναι αρκετά λεπτόκοκκη για να εξασφαλιστεί η εύκολη εξαγωγή αλουμίνας, αλλά και αρκετά χονδρόκοκκη έτσι ώστε να αποφευχθούν τα προβλήματα στην κοσκίνηση που ακολουθεί.

1.2.1.2 Πέψη

Η πέψη εξάγει και διαλύει τα διαθέσιμα ορυκτά αλουμινίου από βωξίτη. Στην πέψη, η οποία πραγματοποιείται σε δοχεία από χάλυβα ή σωληνοειδείς αντιδραστήρες, καυστική σόδα αντιδρά με τα ορυκτά του αλουμινίου στο

βωξίτη για να σχηματίσει διαλυτό αργιλικό νάτριο. Σχεδόν όλα τα άλλα συστατικά απορρίπτονται ως αδιάλυτα στερεά. Άλλες σημαντικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στην πέψη είναι αποπυριτίωση, και καθίζηση των προσμίξεων. Τα διοξειδία του πυριτίου του βωξίτη, όπως ο καολίνης, αντιδρά με το καυστικό διάλυμα για να σχηματίσει διαλυτό πυριτικό νάτριο, το οποίο στη συνέχεια αντιδρά σε θερμοκρασία χωνευτήρα να σχηματίσει ένα αδιάλυτο πυριτικό αργίλιο νάτριο που είναι γνωστό ως "προϊόν αποσιλικώσεως".

1.2.1.3 Καθαρισμός - Διαύγαση

Ο καθαρισμός είναι απαραίτητος για να διαχωριστούν τα στερεά υπολείμματα βωξίτη από τα υγρά του αντιδραστήρα κοντά στο σημείο βρασμού. Σκληρά σωματίδια, όπως η άμμος, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πυρίτιο συνήθως απομακρύνονται με μηχανικές διαδικασίες ακολουθούμενες από πλύση σε διαχωριστές άμμου πριν από τη διάθεση τους. Το οξείδιο του σιδήρου, το διοξείδιο του πυριτίου, και άλλες ενώσεις του μεταλλεύματος απομακρύνονται επίσης σε μονάδες καθίζησης, πάχυνσης, και διήθησης και έπειτα αποστέλλονται σε μονάδες επεξεργασίας και διάθεσης. Αυτά τα απόβλητα συνήθως ονομάζονται κόκκινη και καφέ λάσπη.

1.2.1.4 Καθίζηση υδροξειδίου του Αλουμινίου

Η καθίζηση είναι η καρδιά της διαδικασίας Bayer, όπου η ανάκτηση του $\text{Al}(\text{OH})_3$ από τα υγρά διεργασίας πρέπει να έχει υψηλή απόδοση και η ποιότητα των προϊόντων ελέγχεται συνεχώς. Το σύνολο σχεδόν του υδροξειδίου ελήφθη με την επεξεργασία Bayer μόλις το 1988. Το υγρό συνήθως εμπλουτίζεται με λεπτούς κόκκους γυψίτη από προηγούμενους κύκλους έτσι ώστε να αρχίσει η καθίζηση. Η καθίζηση μπορεί να είναι είτε συνεχής είτε κατά παρτίδες. Οι σύγχρονες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν το συνεχές σύστημα. Μετά το πέρας της καθίζησης γίνεται διαχωρισμός του ιζήματος $\text{Al}(\text{OH})_3$ σε χοντρό, που αποτελεί το προϊόν, και λεπτό που αποτελεί τα φύτρα προς ανακύκλωση.

1.2.1.5 Στάδιο θερμικής διάσπασης ένυδρης αλουμίνας - ασβεστοποίηση σε άνυδρο αλουμίνα

Η θερμική διάσπαση, είναι η τελική πράξη της διαδικασίας Bayer για την παραγωγή της αλουμίνας. Συνήθως πραγματοποιείται σε περιστροφικούς

κλιβάνους . Πριν από την θερμική διάσπαση ,το υγρό πλένεται χρησιμοποιώντας δεξαμενές αποθήκευσης και οριζόντια φίλτρα κενού. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, το τρι-υδροξείδιο υποβάλλεται σε μια σειρά από αλλαγές στη σύνθεση και κρυσταλλική δομή του, αλλά ουσιαστικά δεν έχει καμία αλλαγή στο σχήμα των σωματιδίων. Το προϊόν είναι μία λευκή σκόνη και αποτελείται από συσσωματώματα διαφορετικού μεγέθους.

1.2.1.6 *Επιπτώσεις και αντιμετώπιση ρύπανσης από την διαδικασία Bayer*

Ερυθρά Ιλύς

Η ερυθρά ιλύς παράγεται κατά την διαδικασία Bayer. Ουσιαστικά είναι ένα υδατικό διάλυμα το οποίο έχει ΡΗ περίπου 10 - 12 και έχει μεγάλη ιοντική ισχύ. Η λάσπη αυτή περιέχει ενώσεις του αργιλίου, του νατρίου, του πυριτίου όπως και οξείδια του αργιλίου. Η απόθεση της ερυθράς ιλύος γίνεται είτε στην θάλασσα είτε στην στεριά. Επειδή η απόθεση στη θάλασσα είναι περιβαλλοντικά επικίνδυνη, πλέον χρησιμοποιούνται φιλτροπρέσες όπου εκεί αφαιρείται το νερό οπότε απομένουν μόνο κατάλοιπα βωξίτη τα οποία στέλνονται σε χώρους υγειονομικής ταφής είτε χρησιμοποιούνται σε άλλες εφαρμογές.

1.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (HALL HEROULT)

Η βάση για όλες τις εγκαταστάσεις παραγωγής πρωτογενούς αλουμινίου είναι η διαδικασία Hall Héroult (Σχήμα 1.4,1.5), που εφευρέθηκε το 1886. Η αλουμίνα διαλύεται σε ένα ηλεκτρολυτικό μπάνιο λιωμένου κρυσθίθου (φθοριούχο αργίλιο νάτριο)(Na_3AlF_6)το οποίο βρίσκεται εντός ενός μεγαλύτερου χαλύβδινου δοχείου, επενδεδυμένο με άνθρακα ή γραφίτη , γνωστό ως "γλάστρα". Ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται διαμέσου του ηλεκτρολύτη σε χαμηλή τάση, αλλά πολύ υψηλή ένταση, τυπικά 200.000 αμπέρ και μέχρι 500.000 αμπέρ. Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μεταξύ μιας ανόδου άνθρακα (θετικό), κατασκευασμένης από άνθρακα από πετρέλαιο και πίσσα, και μια κάθοδο (αρνητικό), που σχηματίζεται από επένδυση άνθρακα ή γραφίτη μεγάλου πάχους. Η άνοδος του άνθρακα καταναλώνεται κατά τη διαδικασία, απελευθερώνοντας αέριο CO_2 .



Paul-Louis-Toussaint Héroult

(* April 10, 1863, + May 9, 1914)

Patent: April 23rd, 1886



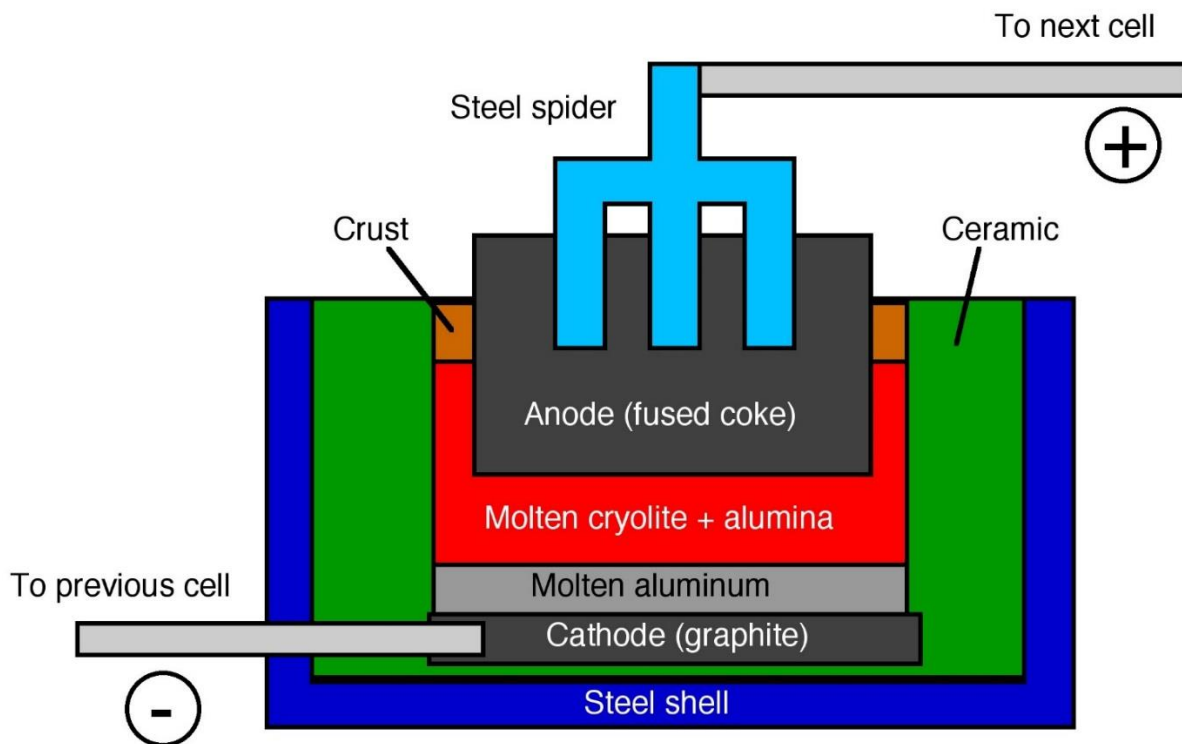
Charles Martin Hall

(* Dec. 6, 1863, + Dec. 27, 1914)

Patent: July 9th, 1886

Σχήμα 1.4: Οι εφευρέτες της διαδικασίας Hall Héroult

Το λιωμένο αλουμίνιο εναποτίθεται στο κάτω μέρος του δοχείου και συλλέγεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, μεταφέρεται σε ένα κλίβανο συγκράτησης, συχνά αλλά όχι πάντα αναμειγνύεται σε διάφορα κράματα, καθαρίζεται και στη συνέχεια χυτεύεται σε διαφορετικά ημι-προϊόντα. Ένα χυτήριο αλουμινίου αποτελείται από μία ή περισσότερες σειρές με δοχεία (rotlines). Κάθε μια από αυτές συνήθως μετρά περίπου 300-350 δοχεία και μπορεί να παράγει 100-300,000 τόνους αλουμινίου ετησίως. Ένα τυπικό μεταλλουργείο παράγει 300.000 τόνους ανά έτος και τα μεγαλύτερα μέχρι 1 εκατομμύριο τόνους.



Σχήμα 1.5: Διαδικασία Hall Héroult

1.4 ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Οι μεταλλουργικές βιομηχανίες παράγουν πρωτογενές αλουμίνιο (σε αντίθεση με δευτερογενές ή ανακυκλωμένο) με καθαρότητα 99,7 έως 99,9%. Οι κύριες ξένες προσμίξεις είναι ο σίδηρος και πυρίτιο, μαζί με μικρότερες ποσότητες ψευδαργύρου, μαγνησίου, μαγγανίου, και τιτανίου. Τυπικές αναλύσεις δείχνουν επίσης ίχνη χαλκού, χρωμίου, γαλλίου, νατρίου, λιθίου, ασβεστίου, βαναδίου και βορίου. Περνώντας αέριο χλώριο μέσω του λιωμένου αλουμινίου μπορούν να απομακρυνθούν τα ίχνη του νατρίου, του λιθίου, του ασβεστίου, και, εάν είναι απαραίτητο του μαγνησίου. Το φιλτράρισμα μπορεί να αφαιρέσει αιωρούμενα σωματίδια, όπως τα οξειδία και τα καρβίδια. Το υδρογόνο, το μόνο διαλυτό αέριο σε οποιαδήποτε ποσότητα σε αλουμίνιο, μπορεί να αφαιρεθεί με απαέρωση - (degassing) με χλώριο, άζωτο, ή, ακόμη καλύτερα με αργόν. Το αλουμίνιο για ηλεκτρική χρήση δεν πρέπει να υπερβαίνει αρκετά χαμηλά μέγιστα επίπεδα σε τιτάνιο, βανάδιο, μαγγάνιο, χρώμιο επειδή αυτά τα στοιχεία μειώνουν σημαντικά την αγωγιμότητα του.

Το αλουμίνιο ως αγωγός παράγεται επιλέγοντας το πιο καθαρό μέταλλο που είναι διαθέσιμο. Εάν το επίπεδο αυτών των παραπάνω στοιχείων εξακολουθεί να είναι πολύ υψηλό, προσθέτουμε βόριο το οποίο μπορεί να τα

καθιζάνει ως αδιάλυτα βορίδια, τα οποία έχουν μικρή επίδραση στην αγωγιμότητα.

Γενικά διακρίνουμε δύο τύπους αργίλιου: «καθαρό αλουμίνιο» από 99,0 % έως 99,9% και «υψηλής καθαρότητας» αλουμίνιο τουλάχιστον 99,97%, το οποίο παράγεται έπειτα από περαιτέρω δύλιση. Οπίνακας 1.1 δείχνει τις διαφορετικές ποιότητες του αλουμινίου υψηλής καθαρότητας, όπως έχουν ταξινομηθεί από τα πρότυπα της Ένωσης Αλουμινίου.

Πίνακας 1.1: Ποιότητες αλουμινίου (21)

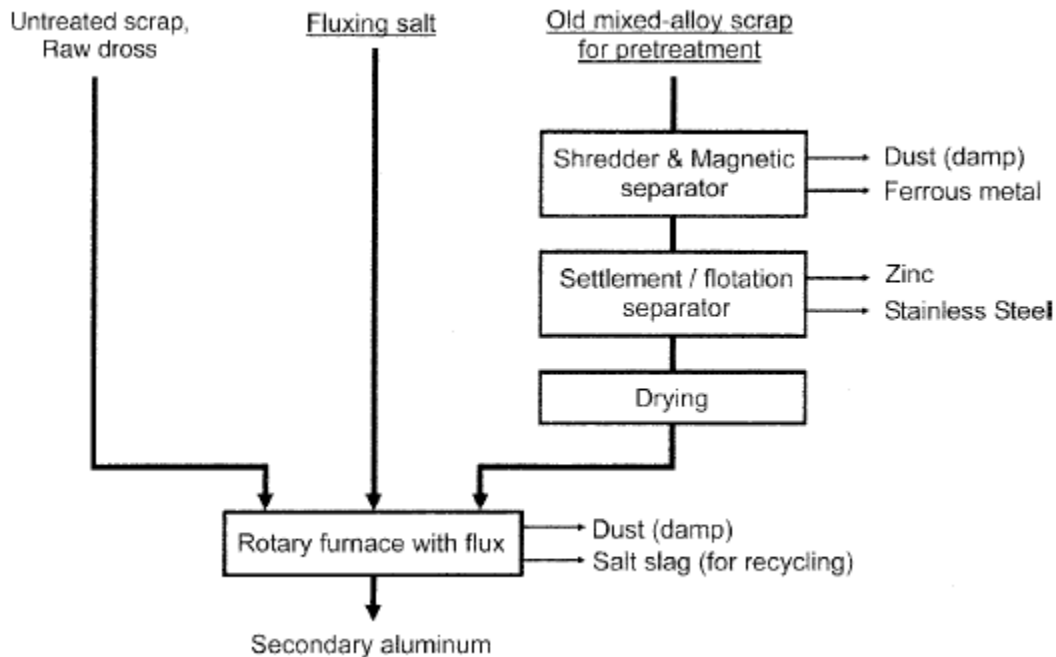
<i>Al</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>	<i>Ti</i>	<i>Al(min)%</i>
1050	0.025	0.40	0.05	0.05	-	-	0.05	0.03	99.50
1060	0.025	0.35	0.05	0.03	-	-	0.05	0.03	99.60
1100	0.95 Si+Fe		0.05+0.10	0.05	-	-	0.10	-	99.00
1145	0.55 Si+Fe		0.05	0.05	-	-	0.05	0.03	99.45
1175	0.15 Si+Fe		0.10	0.02	-	-	0.04	0.02	99.75
1200	1.00 Si+Fe		0.05	0.05	-	-	0.10	0.05	99.00
1230	0.70 Si+Fe		0.10	0.05	-	-	0.10	0.03	99.30
1235	0.65 Si+Fe		0.05	0.05	-	-	0.10	0.06	99.35
1345	0.300	0.40	0.10	0.05	-	-	0.05	0.03	99.45
1350	0.100	0.40	0.05	0.01	-	-	0.05	-	99.50

1.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΟΥΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Ένα χρησιμοποιημένο εξάρτημα από αλουμίνιο, είτε προϊόν εξώθησης, σφυρηλάτησης ή χύτευσης, είτε φύλλο ή πλάκα αλουμινίου, ή ακόμα και κάποιο χρησιμοποιημένο τελικό προϊόν, όπως ένα κουτί ή μια ρόδα από χύτευση, μπορεί να υποστεί νέα τήξη αποτελεσματικά και να επαναμετατραπεί, με την κατάλληλη διαδικασία κατασκευής (όπως ράβδοι μέσω χύτευσης, διέλασης, ελασματοποίησης ή με συνεχόμενη χύτευση) σε μια νέα εύχρηστη μορφή. Η προκύπτουσα απώλεια υλικού από την οξείδωση της επιφάνειας, που ονομάζεται απώλεια από τήξη, κυμαίνεται από μερικά δέκατα του ενός τοις εκατό στην περίπτωση των καθαρών, χωρίς επικάλυψη, μαζικών χυτών ή σφυρήλατων αντικειμένων σε ποσοστό ως και 10% για τα απορριμμάτα με επικάλυψη - βαφή.

Τα οικονομικά οφέλη της ανακύκλωσης, σε συνδυασμό με τις βελτιωμένες τεχνικές της προετοιμασίας scrap και τήξης που παρέχουν υψηλότερες αποδόσεις, οδήγησε στην περαιτέρω ανάπτυξη της δευτερογενούς βιομηχανίας αλουμινίου. Αυτό το πεδίο αυξήθηκε ραγδαία κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, με την άνθηση του αλουμινίου μη στρατιωτικής χρήσης.

Σήμερα, το ανακυκλώσιμο αλουμίνιο πληροί το 35% της συνολικής ζήτησης αλουμινίου στην Ευρώπη. Η προμήθεια των πρώτων υλών σε αυτήν την βιομηχανία δευτερογενούς αλουμινίου αποτελεί μια εξαιρετικά οργανωμένη επιχείρηση που αφορά τα δίκτυα αποκομιδής και διαλογής και εμπορία scrap (Σχήμα 1.6).



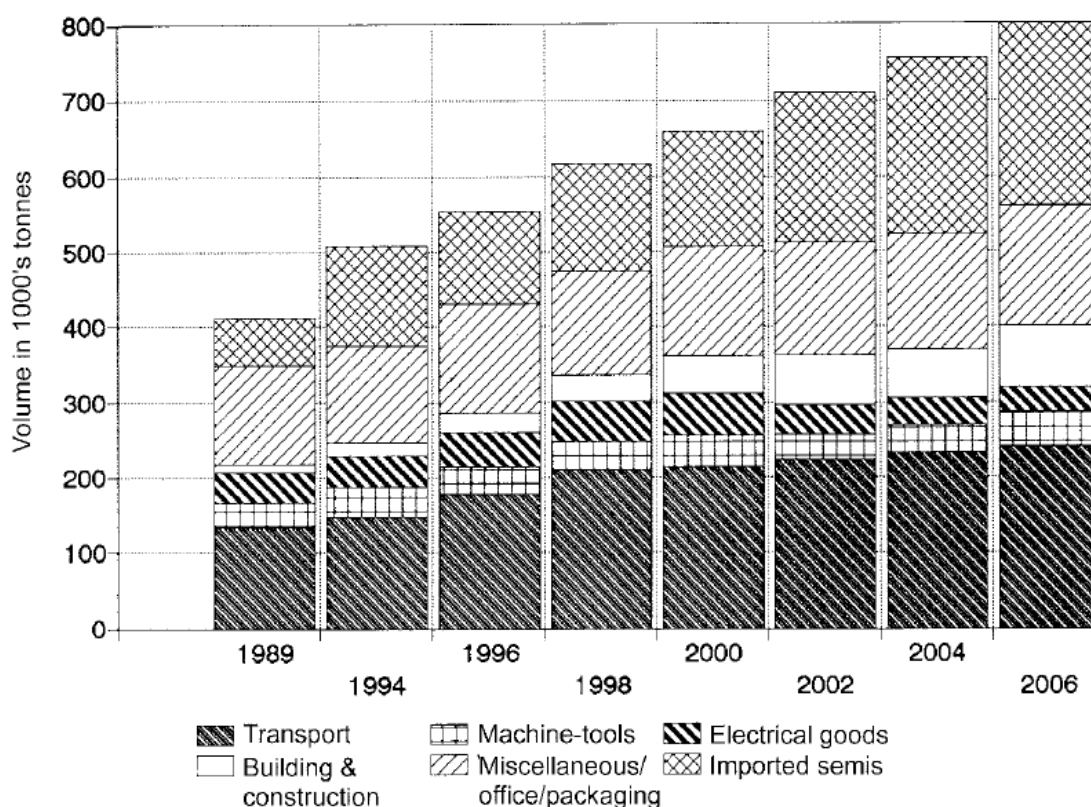
Σχήμα 1.6: Διαδικασία επεξεργασίας του scrap αλουμινίου(22)

1.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Η ανακύκλωση του αλουμινίου (Σχήμα 1.7) αποτελεί τη βάση της δευτερογενούς βιομηχανίας αλουμινίου. Σήμερα, τα δευτερογενή χυτήρια χρησιμοποιούνται κυρίως για την προμήθεια εγκαταστάσεων *die-casting* με συγκεκριμένα κράματα αλουμινίου, χρησιμοποιώντας μέταλλο το οποίο ανακτάται από ανάμεικτα απορρίμματα και dross (ακαθαρσία λιωμένου μετάλλου). Μεγάλη ποσότητα δευτερεύοντος μετάλλου πηγαίνει σε χυτά τμήματα cast-parts για την αυτοκινητοβιομηχανία, όπου η ζήτηση, τόσο από ανεξάρτητα χυτήρια όσο και από τα αντίστοιχα τμήματα των εργοστασίων αυτοκινήτων, έχει αυξηθεί σταθερά τα τελευταία χρόνια. Στο Σχήμα 1.6 παρουσιάζεται σχηματικά η παραδοσιακή μέθοδος της προετοιμασίας του δευτερογενούς αλουμινίου - scrap.

Οι κύριες πρώτες ύλες για την βιομηχανία δευτερογενούς αλουμινίου είναι:

- Απορρίμματα που παράγονται κατά την παραγωγή τελικών προϊόντων αλουμινίου. Αυτά ονομάζονται ως «process scrap».
- Παλιά απορρίμματα που προκύπτουν από τα προϊόντα που έχουν φθάσει στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Αυτό συχνά αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος της πρώτης ύλης.
- Τα υπολείμματα από το αποτέλεσμα του καθαρισμού των κλιβάνων, που αποτελούνται κυρίως από ένα μείγμα από μέταλλο και οξείδια. Αυτό συνήθως ονομάζεται *dross*.



Σχήμα 1.7: Η αύξηση του όγκου του προερχόμενου από ανακύκλωση αλουμινίου στην δυτική Ευρώπη τα τελευταία χρόνια (22)

Τα προϊόντα αλουμινίου που χρησιμεύουν σαν scrap, θραύονται σε μικρά τεμάχια έτσι ώστε να διαχωριστούν από ακαθαρσίες και ξένα αντικείμενα έτσι ώστε να αποδοθεί πρώτη ύλη τροφοδοσίας κατάλληλη για ανάτξη (*remelting*). Αυτό γίνεται με την βοήθεια μηχανημάτων όπως είναι οι θρυμματιστές (*shredders*) και διαχωριστές καθίζησης/επίπλευσης (*settling/flotation separators*). Τέτοια απορρίμματα συνήθως περιέχουν κράματα πολλών τύπων, τα οποία είναι όλα αναμειγμένα μαζί. Ένα πιο εξελιγμένο είδος ανακύκλωσης αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 70 και του 80

για απορρίμματα αλουμινίου και για χρησιμοποιημένα κουτιά ποτών.

Με την επιλεκτική συλλογή scrap σε στοχευμένες κατηγορίες κραμάτων, ο στόχος είναι να ανακυκλώνεται το υλικό πίσω σε προϊόντα παρόμοια με εκείνα από τα οποία προέρχεται. Έτσι, τα χυτήρια των εγκαταστάσεων διέλασης παράγουν προϊόντα εξώθησης από ανακυκλωμένα απορρίμματα εξώθησης.

Η ζήτηση για πιο επιλεκτική ομαδοποίηση του scrap από τον αυξανόμενο όγκο των υλικών που διατίθενται για ανακύκλωση έχει οδηγήσει τη βιομηχανία μεταλλικών απορριμμάτων να αναπτύξει αυτοματοποιημένες τεχνικές διαλογής scrap σε διάφορες οικογένειες κραμάτων.

1.7 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΥΡΙΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

Η βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου είναι μια βιομηχανία στην οποία το αλουμίνιο ή τα κράματα αλουμινίου μετατρέπονται σε ημιτελή προϊόντα από αλουμίνιο, χρησιμοποιώντας θερμές ή ψυχρές διαδικασίες. Η διαμόρφωση του αλουμινίου περιλαμβάνει διαδικασίες όπως αυτές της έλασης, του σχεδιασμού, της διέλασης, και της σφυρηλάτησης. Στις ΗΠΑ, η βιομηχανία αποτελείται από περίπου 300 εγκαταστάσεις που ανήκουν σε περίπου 150 επιχειρήσεις. Η βιομηχανία απασχολεί περίπου 30.000 εργαζόμενους. Πέρα από τις παραπάνω διαδικασίες μορφοποίησης, υπάρχουν και άλλες που σχετίζονται με το αλουμίνιο, όπως είναι η χύτευση των κραμάτων για μετέπειτα διαμόρφωση, θερμική επεξεργασία, τον καθαρισμό, χάραξης, και απολίπανση διαλυτών (solvent degreasing).

Η επεξεργασία της επιφάνειας του αλουμινίου (όπως ο καθαρισμός, η χάραξη, και απολίπανση από διαλύτη) είναι οποιαδήποτε χημική ή ηλεκτροχημική επεξεργασία που εφαρμόζεται στην επιφάνεια του αλουμινίου. Η επεξεργασία της επιφάνειας θεωρείται ότι είναι ένα σημαντικό μέρος της διαμόρφωσης του αλουμινίου.

1.7.1 Προετοιμασία - Χύτευση

Πριν τα κράματα αλουμινίου μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν για έλαση ή διέλαση και στη συνέχεια για άλλες ενέργειες διαμόρφωσης, συνήθως χυτεύονται (Σχήμα 1.9) σε ράβδους κατάλληλου μεγέθους και σχήματος. Τα κράματα αλουμινίου που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για χύτευση

,μερικές φορές αγοράζονται από τα κοντινά χυτήρια και μεταφέρονται στις εγκαταστάσεις διαμόρφωσης σε ρευστή κατάσταση.

Σε πολλές περιπτώσεις προστίθενται στο μέταλλο αναγωγικές ενώσεις, για να απομακρύνουν προσμίξεις υδρογόνου με αναγωγή, να απομακρύνουν οξείδια και ανεπιθύμητα είδη στοιχείων. Στερεές ενώσεις όπως εξαχλωρουαιθάνιο, χλωριούχο αργίλιο ($AlCl_3$), και άνυδρο χλωριούχο μαγνήσιο ($MgCl_2$), μπορεί να χρησιμοποιηθούν, αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται φυσαλίδες αερίων, όπως χλωρίου, αζώτου, αργού, ηλίου, και μιγμάτων χλωρίου που διοχετεύονται μέσω του τηγμένου μετάλλου.

Οι μέθοδοι χύτευσης που χρησιμοποιούνται στη διαμόρφωση μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες: *direct chill casting*, *continuous casting*, και *stationary casting*.

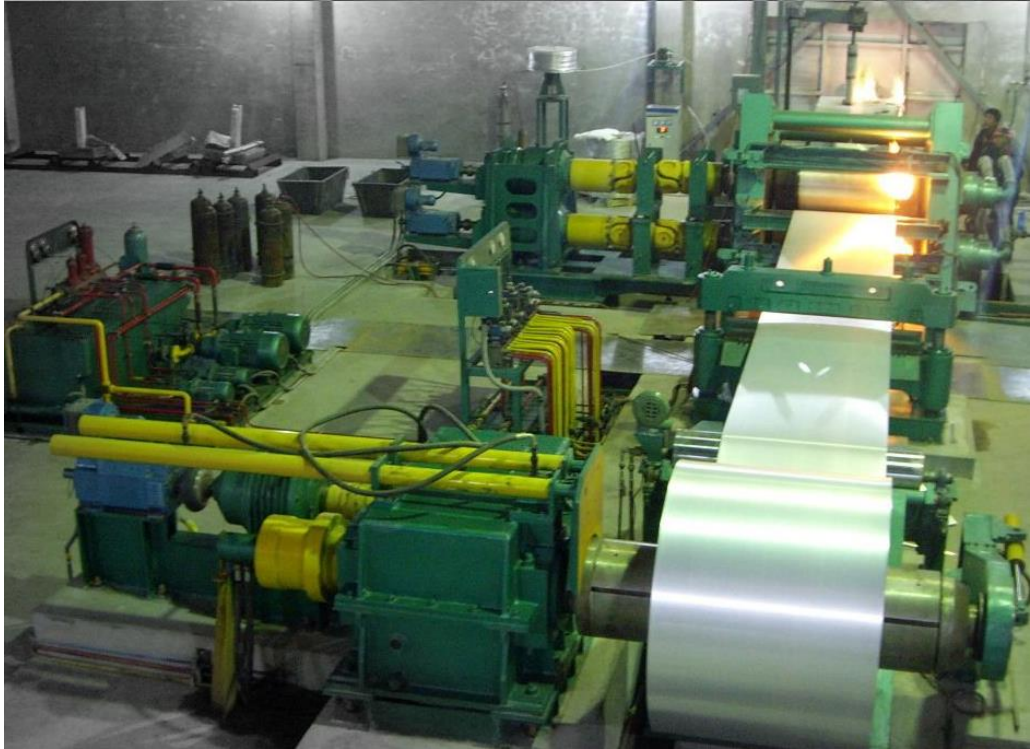
1.7.2 Διαδικασία έλασης μέσω κυλίνδρων

Η διεργασία έλασης (Σχήμα 1.8) χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει μια χυτή ράβδο αλουμινίου σε ένα οποιοδήποτε ενδιάμεσο ή τελικό προϊόν. Η πίεση που ασκείται από τους κυλίνδρους καθώς περνά το αλουμίνιο ανάμεσα τους, λεπταίνει το μέταλλο και συνήθως μπορεί να προκαλέσει και σκλήρυνση του.

Συνήθως χρειάζεται να θερμανθεί η ράβδος (heattreatment) πριν την διαδικασία της έλασης.

Συνήθως απαιτείται ανόπτηση κατά τη διάρκεια της ψυχρής έλασης για να κρατηθεί το μέταλλο ελατό και για την εξάλειψη των επιπτώσεων της σκλήρυνσης από την κατεργασία. Το είδος και ο βαθμός της θερμικής επεξεργασίας που εφαρμόζεται εξαρτάται από το κράμα που εμπλέκεται, την φύση της έλασης, και από τις ιδιότητες που επιθυμούνται.

Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ένα μίγμα ψύξης και λίπανσης κατά την έλαση έτσι ώστε να αποφευχθεί η υπερβολική φθορά των κυλίνδρων, να αποτραπεί η προσκόλληση του αλουμινίου στους κυλίνδρους, και να διατηρηθεί μια κατάλληλη και ομοιόμορφη θερμοκρασία έλασης.



Σχήμα 1.8: Διαδικασία έλασης μέσω κυλίνδρων

Τα γαλακτώματα ελαίου-σε-νερό, σταθεροποιημένα με γαλακτωματοποιητικούς παράγοντες όπως σαπούνια και άλλα πολικά οργανικά υλικά, που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό σε εργασίες θερμής έλασης.

1.7.3 Διαδικασία εξώθησης

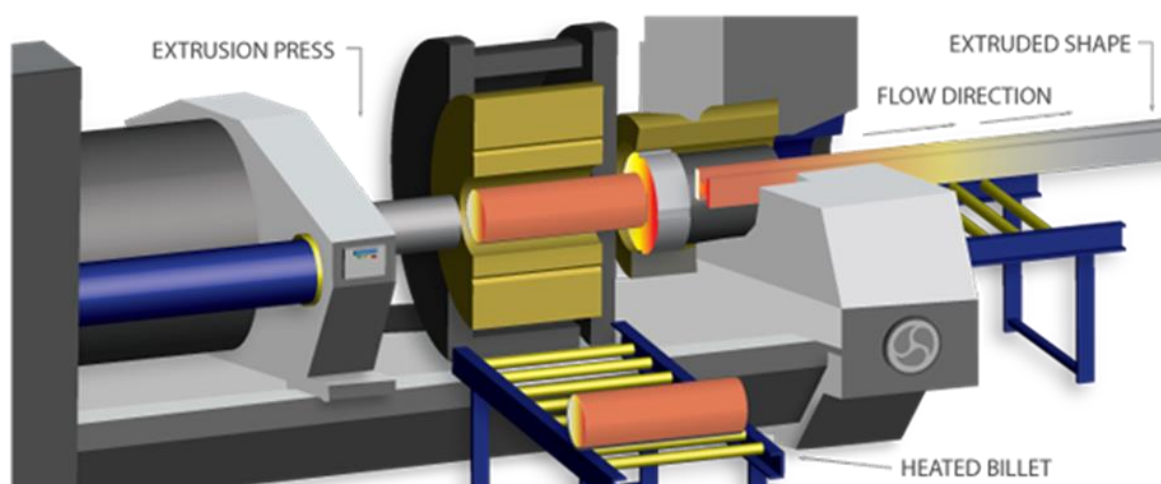
Στη διαδικασία εξώθησης, υψηλές πιέσεις εφαρμόζονται σε ένα χυτό κυλινδρικό τεμάχιο αλουμινίου (Σχήμα 1.10), αναγκάζοντας το μέταλλο να ρέει διαμέσου ενός στομίου μήτρας. Το προκύπτον προϊόν είναι ένα επίμηκες σχήμα ή σωληνοειδές, ομοιόμορφης εγκάρσιας τομής. Τα προϊόντα εξώθησης κατασκευάζονται με τη χρήση είτε μιας μηχανικής ή υδραυλικής πρέσας εξώθησης. Πίεση ασκείται στο έμβολο με υδραυλικά ή μηχανικά μέσα, αναγκάζοντας το μέταλλο να ξεπεράσει μέσα από το άνοιγμα της μήτρας.

Αν και το αλουμίνιο μπορεί να εξωθηθεί κρύο, συνήθως πρώτα θερμαίνεται σε μία θερμοκρασία που κυμαίνεται από 375 έως 525 ° C. Η θερμική επεξεργασία χρησιμοποιείται συχνά μετά την εξώθηση για να επιτευχθούν οι επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες.



Σχήμα 1.9: Μηχανή εξώθησης 1

Η διαδικασία εξώθησης απαιτεί τη χρήση ενός λιπαντικού για την πρόληψη της προσκόλλησης του αλουμινίου στο καλούπι και στα τοιχώματα του δοχείου. Στην θερμή εξώθηση, περιορισμένες ποσότητες λιπαντικού εφαρμόζονται στο έμβολο και στην επιφάνεια της μήτρας ή στα άκρα των κυλινδρικών τεμαχίου. Για κρύα εξώθηση, τα τοιχώματα του δοχείου, οι επιφάνειες των κυλινδρικών τεμαχίων, πρέπει να λιπαίνονται με ένα λεπτό υμένα μεγάλου ιξώδους υγρού ή στερεού λιπαντικού. Το λιπαντικό που χρησιμοποιείται πιο συχνά στην εξώθηση είναι γραφίτης σε μια βάση με λάδι ή νερό.



Σχήμα 1.10: Μηχανή εξώθησης 2

1.8 ΕΙΔΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η παραγωγή ημι-κατασκευασμένων προϊόντων αλουμινίου χρησιμοποιεί τρία διαφορετικά είδη από αλουμίνιο, δηλαδή αλουμίνιο εξαιρετικής καθαρότητας, αλουμίνιο εμπορικής καθαρότητας, και τα κράματα αλουμινίου. Τα κράματα χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων χύτευσης ή για μηχανική διαμόρφωση. Τα κράματα που χρησιμοποιούνται για χύτευση περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα κραματικών στοιχείων σε σχέση με εκείνα που χρησιμοποιούνται για διαμόρφωση.

Είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ των κραμάτων διαμόρφωσης και αυτών για χύτευση. Τα κράματα διαμόρφωσης (*wrought alloys*) χρησιμοποιούνται γενικά για μηχανικές κατεργασίες όπως για παράδειγμα για έλαση, για σφυρηλάτηση, για διέλαση. Τα κράματα χυτών από την άλλη χρησιμοποιούνται για χυτά τμήματα ή εξαρτήματα και έχουν ευνοϊκά χαρακτηριστικά όσον αφορά την ροή. Για παράδειγμα, ένα κράμα με καλή ικανότητα χύτευσης θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει το καλούπι εντελώς και να έχει χαμηλή ευαισθησία ως προς ρωγμές και τις ατέλειες κατά τη διάρκεια της χύτευσης.

Τα πιο σημαντικά στοιχεία που προστίθενται στο αλουμίνιο είναι βισμούθιο (Bi), βόριο (B), χρώμιο (Cr), χαλκού (Cu), σίδηρο (Fe), μόλυβδο (Pb), μαγνήσιο (Mg), μαγγάνιο (Mn), νικέλιο (Ni), πυρίτιο (Si), τιτάνιο (Ti), ψευδάργυρο (Zn), και ζιρκόνιο (Zr). Το μαγνήσιο αποτελεί την συχνότερη προσθήκη στο αλουμίνιο. Σε κάποια κράματα, υπάρχει περίπτωση να χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότερα στοιχεία σε συνδυασμό (π.χ., μαγνήσιο μαζί με πυρίτιο ή μαγγάνιο). Υπάρχουν επίσης τα κράματα αλουμινίου που περιέχουν μόνο μαγγάνιο ή μόνο πυρίτιο.

1.8.1 Κράματα διαμόρφωσης

Η αντοχή αυξάνεται με την προσθήκη μαγνησίου (έως ένα μέγιστο 7%) και επίσης με προσθήκες από ψευδάργυρο, χαλκό, και / ή πυριτίου επιπλέον αντί για μαγνήσιο. Η μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνεται με την προσθήκη χαλκού (μέχρι 4%) και / ή νικελίου, μαγγάνιο, ή σίδηρος μέχρι 1%. Καλή χημική αντίσταση φαίνεται σε κράματα με προσθήκες μαγνησίου, μαγγανίου, ή με ένα συνδυασμό μαγνησίου και πυριτίου. Η κατεργασιμότητα βελτιώνεται σημαντικά με την προσθήκη του μόλυβδου και βισμούθιου έως 0,6% το κάθε ένα. Μια λεπτόκοκκη δομή επιτυγχάνεται ιδίως μέσω της προσθήκης τιτανίου και βορίου (έως 0,1%). Επίσης λεπτόκοκκη δομή για τα προϊόντα που απαιτείται ανακρυστάλλωση, επιτυγχάνεται με την προσθήκη χρωμίου ή ζαρκονίου μέχρι 0,1%. Κάποια από τα είδη κραμάτων μαζί με το

κραματικό τους στοιχείο φαίνονται παρακάτω :

- 1xxx Καθαρό Al (Al>99,00%)
- 2xxx Κράματα Al-Cu
- 3xxx Κράματα Al-Mn
- 4xxx Κράματα Al-Si
- 5xxx Κράματα Al-Mg
- 6xxx Κράματα Al-Mg-Si
- 7xxx Κράματα Al-Zn
- 8xxx Κράματα Al με άλλα στοιχεία
- 9xxx Μη χρησιμοποιούμενη σειρά

1.8.2 Κράματα για χύτευση

Τα παραπάνω κράματα προορίζονται για χρήση σε χυτήρια ή για παραγωγή τελικών αντικειμένων. Οι μηχανικές ιδιότητες του κάθε κράματος μπορεί να αλλάξουν ανάλογα την πρόσμιξη που θα υποστεί. Επίσης συνιθίζεται η θερμική επεξεργασία για να βελτιωθούν οι μηχανικές και οι φυσικές ιδιότητες. Κάποια από τα είδη κράματων μαζί με το κραματικό τους στοιχείο φαίνονται παρακάτω:

- 1xx.x Καθαρό Al (Al>99,00%)
- 2xx.x Κράματα Al-Cu
- 3xx.x Κράματα Al-Si + Cu και / η Mg.
- 4xx.x Κράματα Al-Si
- 5xx.x Κράματα Al-Mg
- 6xx.x Μη χρησιμοποιούμενη σειρά
- 7xx.x Κράματα Al-Zn
- 8xx.x Κράματα Al-Sn με άλλα στοιχεία
- 9xx.x Κράματα Al-με άλλα στοιχεία

2. ΡΥΠΟΙ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

2.1 ΡΕΥΜΑΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΕ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

Κατά την διαμόρφωση πλακών αλουμινίου, παράγονται διάφορα απόβλητα, τα οποία συνήθως προέρχονται από τα υγρά καθαρισμού μηχανημάτων, από γαλακτώματα και από υγρά κοπής όπως λιπαντικά ή ψυκτικά.

Μετά την χρησιμοποίηση εκάστοτε του υγρού, κατά την διαμόρφωση, το χρησιμοποιημένο αυτό υγρό κατευθύνεται σε χώρους όπου υπόκειται σε διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας και καθαρισμού μερικές από τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω. Άλλες φορές τα υγρά αυτά ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται και άλλες φορές αντικαθίστανται.

Μερικοί από τους ρύπους που συναντούμε στις διαδικασίες διαμόρφωσης του αλουμινίου είναι οι παρακάτω :

- 1) Acenaphthene
- 2) Acrolein
- 3) Acrylonitrile
- 4) Benzene
- 5) Benzidine
- 6) Carbon tetrachloride
- 7) Chlorobenzene
- 8) 1,2,4-trichlorobenzene
- 9) Hexachlorobenzene
- 10) 1,2 dichloroethane
- 11) 1,1,1-trichloroethane
- 12) Hexachloroethane
- 13) 1,1 dichloroethane
- 14) 1,1,2-trichloroethane
- 15) 1,1,2,2-tetrachloroethane
- 16) Chloroethane
- 17) Bis(chloromethyl)ether
- 18) Bis(chloroethyl)ether
- 19) 2-chloroethyl vinyl ether
- 20) 2-chloronaphthalene

- 21) 2,4,6-trichlorophenol
- 22) P-chloro-m-cresol
- 23) Chloroform
- 24) 2-chlorophenol
- 25) 1,2-dichlorobenzene
- 26) 1,3-dichlorobenzene
- 27) 1,4-dichlorobenzene
- 28) 3,3-dichlorobenzidine
- 29) 1,1-dichloroethalene
- 30) 1,2-trans-dichloroethylene
- 31) 2,4-dichlorofenol
- 32) 1,2- dichlorofenol
- 33) 1.3-dichloropropylene
- 34) 2,4-dimethylphenol
- 35) 2-4-dinitroroluene
- 36) 2,6- dinitroroluene
- 37) 1,2-diphenylhydrazine
- 38) Ethylbenzene
- 39) Fluoranthene
- 40) 4-clorophenyl phenyl ether
- 41) 4-bromophenylphenyl ether
- 42) Bis(2-chloroisopropyl) ether
- 43) Bis(2-chloroethoxy) methane
- 44) Methylene chloride
- 45) Mehyl chloride
- 46) Methyl bromide
- 47) Bromoform
- 48) Dichlorobromomethane
- 49) Trichlorofluoromethane
- 50) Dichlorodifluoromethane
- 51) Chlorodibromomethane
- 52) Hexachlorobutadiene
- 53) Hexachlorocyclopentadiene
- 54) Isophorone
- 55) Naphthalene
- 56) Nitrobenzene
- 57) 2-nitrophenol
- 58) 4-nitrophenol
- 59) 2,4-dinitrophenol
- 60) 4,6-dinitro-o-cresol
- 61) N-nitrosodimethylamine
- 62) N-nitrosodiphenylamine
- 63) N-nitrosodi-n-propylamine

- 64) Pentachlorophenol
- 65) Phenol
- 66) Bis (2-ethylhexyl)phthalate
- 67) Butyl benzyl phthalate
- 68) Di-n-butyl phthalate
- 69) Di-n-octyl phthalate
- 70) Diethyl phthalate
- 71) Dimethyl phthalate
- 72) Benzo(a) anthracene
- 73) Benzo(a) pyrene
- 74) Benzo(a) fluoranthene
- 75) Benzo(k) fluoranthene
- 76) Chrysene
- 77) Acenaphthylene
- 78) Anthracene
- 79) Benzo(ghi)perylene
- 80) Fluorene
- 81) Phenanthrene
- 82) Dibenzo(a,h)anthracene
- 83) Indeno(1,2,3-c,d)pyrene
- 84) Pyrene
- 85) Tetrachloroethylene
- 86) Toluene
- 87) Trichloroethylene
- 88) Vinyl chloride
- 89) Aldrin
- 90) Dieldrin
- 91) Chlordane
- 92) 4,4 -DDT
- 93) 4,4-DDE
- 94) 4,4-DDD
- 95) Alpha-endosulfan
- 96) Beta-endosulfan
- 97) Endosulfan sulfate
- 98) Endrin
- 99) Endrin aldehyde
- 100) Heptachlor
- 101) Heptachlor epoxide
- 102) Alpha-BHC
- 103) Beta-BHC
- 104) Gamma-BHC
- 105) Delta-BHC
- 106) PCB-1242

- 107) PCB-1254
- 108) PCB-1221
- 109) PCB-1232
- 110) PCB-1248
- 111) PCB-1260
- 112) PCB1016
- 113) Toxaphene
- 114) Antimony
- 115) Arsenic
- 116) Beryllium
- 117) Cadmium
- 118) Chromium
- 119) Copper
- 120) Cyanide
- 121) lead

Οι παραπάνω ρύποι δεν εμφανίζονται σε όλες της διαδικασίες διαμόρφωσης.

Η κάθε μία από τις διαδικασίες έχει δικούς της ρύπους οι οποίοι χωρίζονται σε ρύπους υψηλής προτεραιότητας και χαμηλής προτεραιότητας. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε ρύπους κάποιων διαδικασιών διαμόρφωσης.

2.2 ΧΥΤΕΥΣΗ (DIRECT CHILL CASTING)

Κατά την χύτευση αυτή, χρησιμοποιείται νερό για να μειώσει την θερμοκρασία της πλάκας καθώς αυτή εξέρχεται από το καλούπι και εν συνεχεία την ψύχει περισσότερο καθώς κατευθύνεται στην δεξαμενή ψύξης.

Ρύποι Υψηλής Προτεραιότητας

- Benzene
- Chloroform
- 2-chlorofenol
- Methylene Chloride
- Phenol
- Bis (2- ethylhexyl) phthalate
- Butyl benzyl phthalate
- Di-n-butyl phthalate
- Di-n-octyl phthalate
- Diethyl phthalate
- Lead

- Mercury
- Zinc

2.3 ΕΛΑΣΗ ΜΕ ΕΛΑΙΩΔΗ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΑ

Εδώ χρησιμοποιούνται γαλακτώματα τύπου λάδι σε νερό (*oil-in-water*) είτε σαν λιπαντικά είτε σαν ψυκτικά. Τα παραπάνω γαλακτώματα ανακυκλώνονται με σύστημα φιλτραρίσματος και καθαρισμού .

Ρύποι Υψηλής Προτεραιότητας

- Acenaphthene
- 2,4,6 – trichlorophenol
- Ethylbenzene
- Methylenechloride
- Naphthalene
- Phenol
- Bis (2- ethylhexyl) phthalate
- Butyl benzyl phthalate
- Di-n-butyl phthalate
- Diethyl phthalate
- Chrysene
- Anthracene
- Fluorene
- Phenanthrene
- Pyrene
- Tetrachloroethylene
- Toluene
- Arsenic
- Cadmium
- Chromium
- Copper
- Cyanide
- Lead
- Nickel
- Zinc

Ρύποι Χαμηλής προτεραιότητας

- Oil and Grease
- Suspended solids
- Aluminum
- Calcium
- Magnesium

2.4 ΕΞΩΘΗΣΗ (EXTRUSION) - ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ (ΞΕΠΛΥΜΑ) ΤΗΣ ΜΗΤΡΑΣ ΕΞΩΘΗΣΗΣ

Διαδικασία κατά την οποία ξεπλένεται με νερό η μήτρα των μηχανών εξώθησης.

Ρύποι Υψηλής Προτεραιότητας

- Methylenechloride
- Cadmium
- Chromium
- Copper
- Lead
- Mercury
- Zinc

2.5 ΣΦΥΡΗΛΑΤΗΣΗ – ΠΙΕΣΗ (FORGING) - ΈΛΕΓΧΟΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Κατά την χρήση τους τα λιπαντικά καίγονται λόγω υψηλής θερμοκρασίας και δημιουργούν επιβλαβή αέρια και σωματίδια. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συστήματα τα οποία αφαιρούν τους ρύπους από τα αέρια αυτά.

Ρύποι Υψηλής Προτεραιότητας

- 2,4 –dichlorophenol
- Fluoranthene

- Methylene
- 2,4 – dinitrophenol
- 4,6-dinitro-o-cresol
- N-nitrosodiphenyl-amine
- Benzo (a) anthracene
- Chrysene

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η συγκεκριμένη ενότητα περιγράφει τις τεχνικές επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση ή ανάκτηση ρύπων των λυμάτων που παράγονται από την βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου.

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι επιμέρους τεχνολογίες ανάκτησης και επεξεργασίας που περιγράφονται οι οποίες χρησιμοποιούνται ή είναι κατάλληλες προς χρήση για την επεξεργασία της απόρριψης των λυμάτων στην βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου.

Η κάθε περιγραφή περιλαμβάνει την λειτουργία και την συζήτηση όσον αφορά την εφαρμογή και την απόδοση, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς, τους λειτουργικούς παράγοντες (αξιοπιστία, συντηρησιμότητα, θέματα στερεών αποβλήτων) και την περιγραφή της τεχνολογίας. Οι διαδικασίες επεξεργασίας που παρουσιάζονται, περιλαμβάνουν τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται μέσα στην βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου αλλά και σε παρόμοιου είδους βιομηχανίες.

Σε γενικές γραμμές, αυτοί ρύποι αφαιρούνται με την απομάκρυνση του πετρελαίου (με διαχωρισμό, σπάσιμο γαλακτώματος και επίπλευση), με χημική κατακρήμνιση και με καθίζηση ή διήθηση. Οι περισσότεροι από αυτούς μπορούν να απομακρυνθούν αποτελεσματικά με καθίζηση των υδροξειδίων του μετάλλου ή άνθρακα, χρησιμοποιώντας αντίδραση με ασβέστη, υδροξείδιο του νατρίου, ή ανθρακικού νατρίου. Για κάποιες περιπτώσεις, βελτιωμένη απορρόφηση παρέχεται από τη χρήση θείουχου νατρίου ή θείουχου σιδήρου για την καθίζηση των ρύπων ως θεικές ενώσεις με πολύ χαμηλές διαλυτότητες.

3.2 ΚΥΡΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κύριες τεχνολογίες επεξεργασίας είναι: η απομάκρυνση του λιπαντικού, η χημική αναγωγή του χρωμίου, η χημική κατακρήμνιση των διαλυμένων μετάλλων, η καθίζηση κυανίου, η διήθηση κοκκώδους κλίνης, καθώς και η διήθηση υπό πίεση και καθίζηση των αιωρούμενων στερεών. Στην πράξη, η καθίζηση των μετάλλων και η επεξεργασία των ιζημάτων που προκύπτουν,

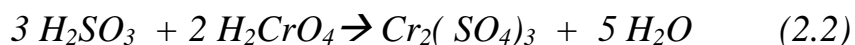
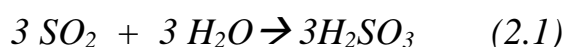
είναι συχνά μια διαδικασία με 2 βήματα. Τα αιωρούμενα στερεά που αρχικά βρίσκονται στα ανεπεξέργαστα λύματα, δεν επηρεάζονται αισθητά από την διαδικασία της κατακρήμνισης και απομακρύνονται μαζί με τα μέταλλα στην διαδικασία της καθίζησης. Οι διαδικασίες καθίζησης μπορούν να αξιολογηθούν ανεξάρτητα από άλλες χημικές διαδικασίες κατακρήμνισης.

3.2.1 Απομάκρυνση του χρωμίου με χημική αναγωγή

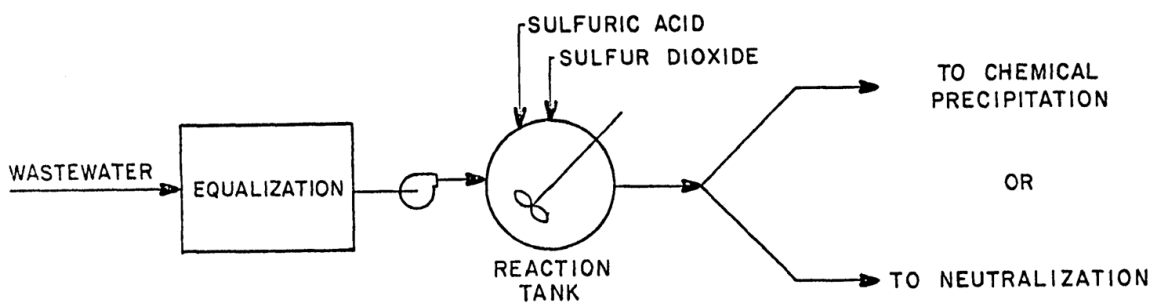
3.2.1.1 Περιγραφή της διαδικασίας

Η αναγωγή είναι μια χημική διαδικασία κατά την οποία ο αριθμός οξείδωσης ενός στοιχείου ελαττώνεται λόγω πρόσληψης ηλεκτρονίων. Δότες ηλεκτρονίων είναι στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται σε ενώσεις που καλούνται αναγωγικές, ενώ τα στοιχεία αυτά οξειδώνονται, δηλαδή αυξάνει ο αριθμός οξείδωσης λόγω αποβολής ηλεκτρονίων. Διοξειδίο του θείου, θειώδες νάτριο, μεταδιθειώδες νάτριο, και θειικό σίδηρο, σχηματίζουν δυνατά αναγωγικά μέσα σε υδατικά διαλύματα και συχνά χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων για την μείωση του εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές. Η αναγωγή επιτρέπει την απομάκρυνση του χρωμίου από το διάλυμα, σε συνδυασμό με άλλα μεταλλικά άλατα με αλκαλική καθίζηση. Το εξασθενές χρώμιο δεν καθιζάνει όπως το υδροξείδιο.

Το αέριο διοξειδίο του θείου χρησιμοποιείται ευρέως ως αναγωγικό μέσο και είναι ένα καλό παράδειγμα της διαδικασίας της χημικής αναγωγής. Η αναγωγή με την χρήση άλλων αντιδραστηρίων είναι χημικά παρόμοια. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος είναι οι ακόλουθες:



Οι παραπάνω αντιδράσεις ευνοούνται από χαμηλό pH. Ένα pH από 2 έως 3 θεωρείται κανονικό για περιπτώσεις που απαιτείται πλήρης αναγωγή. Σε περιπτώσεις που το PH είναι μεγαλύτερο του 5, ο ρυθμός αναγωγής είναι χαμηλός. Οξειδωτικά μέσα όπως το διαλυμένο οξυγόνο και ο τρισθενής σίδηρος παρεμβαίνουν στη διαδικασία αναγωγής καταναλώνοντας τον παράγοντα της αναγωγής.



Σχήμα3.1 : Διάγραμμα ροής της χημικής αναγωγής του εξασθενούς χρωμίου(9)

Μια τυπική διαδικασία απορρύπανσης περιλαμβάνει 45 λεπτά κατακράτησης σε μία δεξαμενή αντίδρασης . Η δεξαμενή αυτή διαθέτει ηλεκτρονικό έλεγχο για να ελέγχει τις συνθήκες της διαδικασίας αναφορικά με το pH και τη μείωση δυναμικού οξειδωσης (oxidationreductionpotential – OPR). Το αέριο διοξείδιο του θείου δοσιμετρείται στη δεξαμενή αντίδρασης για να διατηρηθεί η QPR το εντός της περιοχής από 250 έως 300 mV .Το θειικό οξύ προστίθεται έτσι ώστε να διατηρηθεί το PH σε επίπεδα από 1,8 έως 2,0. Η δεξαμενή αντίδρασης είναι εφοδιασμένη με έναν αναδευτήρα με έλικα ,ο οποίος είναι σχεδιασμένος να παρέχει περίπου ένα κύκλο περιστροφών ανά λεπτό.Το Σχήμα3.1 που φαίνεται παραπάνω δείχνει το συνεχόμενο σύστημα αναγωγής του χρωμίου.

3.2.1.2 Εφαρμογές

Η αναγωγή του χρωμίου χρησιμοποιείται στην διαμόρφωση αλουμινίου ως αντιρρυπαντική αγωγή με εκπλύσεις χρωμικού οξέος για τα υλικά με βάση το αλουμίνιο, τα οποία είναι υψηλης περιεκτικότητας σε μαγνησιο.Στο καθοδικό ρεύμα ροής (*blowdown*) του πύργου ψύξης είναι πιθανό να υπάρχει χρώμιο ως βιοκτόνο σε ρεύματα αποβλήτων. Η διαδικασίες της ηλεκτρόλυσης αλλά και της βαφής – επίστρωσης, οι οποίες συχνά περιλαμβάνονται στην διαδικασία διαμόρφωσης του αλουμινίου , είναι πιθανό να είναι πηγές χρωμίου που φέρουν τα υγρά απόβλητα. Η διαδικασία αναγωγής του χρωμίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εγκαταστάσεις διαμόρφωσης αλουμινίου.

3.2.1.3 Απόδοση

Μια μελέτη μιας εγκατάστασης επεξεργασίας αποβλήτων η οποία με χημικό τρόπο μειώνει το εξασθενές χρώμιο, έχει δείξει πως η αποτελεσματικότητα της μείωσης αγγίζει το 99.7%. Οι τελικές συγκεντρώσεις 0.05 mg/l επιτυγχάνονται εύκολα και οι συγκεντρώσεις του 0.01 mg/l, θεωρούνται εφικτός στόχος από την στιγμή που υπάρχει εξοπλισμός καλοσυντηρημένος και λειτουργικός.

3.2.1.4 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της χημικής αναγωγής, όταν χρησιμοποιείται για να καταστρέψει το εξασθενές (*hexavalent*) χρώμιο, είναι ότι πρόκειται για μια πλήρως δοκιμασμένη τεχνολογία, η οποία βασίζεται σε πολλά χρόνια εμπειρίας. Η λειτουργία σε συνθήκες περιβάλλοντος οδηγεί σε ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, και η διαδικασία, ειδικότερα όταν χρησιμοποιείται το διοξειδίου του θείου, είναι κατάλληλη για αυτόματο έλεγχο. Επιπλέον, ο εξοπλισμός παραλαμβάνεται εύκολα από πολλούς προμηθευτές και η λειτουργία είναι σχετικά απλή.

Ένας περιορισμός της χημικής αναγωγής του εξασθενούς χρωμίου είναι ότι για υψηλές συγκεντρώσεις χρωμίου, το κόστος των χημικών επεξεργασίας μπορεί να είναι αρκετά υψηλό. Εάν βρεθούμε σε μια τέτοια κατάσταση, υπάρχουν άλλες τεχνικές που πιθανόν να είναι οικονομικότερες. Χημική παρεμβολή από οξειδωτικούς παράγοντες είναι πιθανό να υπάρξουν κατά την επεξεργασία των μικτών αποβλήτων. Επίσης η ίδια η επεξεργασία μπορεί να εισάγει ρύπους, αν δεν υπάρχει σωστός έλεγχος. Τέλος η αποθήκευση και ο χειρισμός του διοξειδίου του θείου θέλει ιδιαίτερη προσοχή.

3.2.1.5 Παράγοντες Λειτουργίας (*Operational Factors*)

Αξιοπιστία

Η συντήρηση αποτελείται από περιοδική απομάκρυνση της λάσπης, η συχνότητα της οποίας είναι συνάρτηση των συγκεντρώσεων των βλαβερών συστατικών που εισέρχονται.

Η προεπεξεργασία για την εξάλειψη ουσιών, οι οποίες παρεμβαίνουν στην διαδικασία συνήθως κρίνεται απαραίτητη. Αυτή η διαδικασία παράγει τρισθενές χρώμιο το οποίο μπορεί να ελέγχεται από περαιτέρω επεξεργασία. Μπορεί ωστόσο, να υπάρχουν μικρές ποσότητες λάσπης, που έχουν συλλεχθεί, λόγω ελασσόνων μετατοπίσεων στην διαλυτότητα των ρυπαντών.

Η μείωση των αποβλήτων χρωμίου με την χρήση διοξειδίου του θείου ή του θειώδους νατρίου, είναι μια κλασική διαδικασία και χρησιμοποιείται από πολυάριθμα εργοστάσια τα οποία έχουν ενώσεις εξασθενούς χρωμίου στα υγρά απόβλητα από ηλεκτρολυτικές εργασίες, και εργασίες ψύξης.

3.2.2 Απομάκρυνση τοξικών ιόντων με χημική κατακρήμνιση

Διαλυμένα τοξικά μεταλλικά ιόντα και ορισμένα ανιόντα μπορεί να έχουν κατακαθίσει χημικά έτσι ώστε να απομακρυνθούν με φυσικά μέσα όπως καθίζηση, διήθηση ή φυγοκέντρωση. Πολλά αντιδραστήρια χρησιμοποιούνται συνήθως για να επιδράσουν στην διαδικασία της καθίζησης.

1. Αλκαλικές ενώσεις όπως το ασβεστιο ή το υδροξείδιο του νατρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθιζάνουν πολλά τοξικά μεταλλικά ιόντα όπως τα μεταλλικά υδροξείδια.
2. Τόσο τα «διαλυτά» σουλφίδια όπως υδρόθειο ή σουλφίδιο του νατρίου και "αδιάλυτα" σουλφίδια όπως σουλφίδιο σιδήρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καθιζάνουν πολλά ιόντα βαρέων μετάλλων όπως αδιάλυτα θειούχα μέταλλα.
3. Ο θειϊκός σίδηρος, ο θειϊκός ψευδάργυρος ή και τα 2 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην καθίζηση των κυανιούχων όπως ο σιδηροκυανιούχος ψευδάργυρος.
4. Ανθρακικά ιζήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αφαίρεση των μετάλλων, είτε με άμεση καθίζηση χρησιμοποιώντας ένα αντιδραστήριο ανθρακικό όπως το ανθρακικό ασβέστιο ή με μετατροπή των υδροξειδίων σε ανθρακικά χρησιμοποιώντας διοξείδιο του άνθρακα.

Αυτές οι χημικές ουσίες μπορούν να προστεθούν σε έναν αναδευτήρα γρήγορης μίξης, σε μια δεξαμενή προ-καθίζησης (*presettling tank*), ή απευθείας σε ένα διαυγαστή (*clarifier*) ή σε άλλες συσκευές καθίζησης.

Επειδή τα υδροξείδια των μετάλλων τείνουν να είναι κολλοειδούς φύσης, πηκτικοί παράγοντες μπορούν επίσης να προστεθούν για να διευκολύνουν την

καθίζηση. Αφού τα στερεά έχουν αφαιρεθεί, απαιτείται τελική ρύθμιση του pH για να μειωθεί το υψηλό pH που δημιουργήθηκε από την αλκαλική κατεργασία των χημικών ουσιών.

Η χημική κατακρήμνιση ως μηχανισμός για την αφαίρεση μετάλλων από λύματα και απόβλητα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία αποτελείται από τουλάχιστον δύο βήματα, την κατακρήμνιση των ανεπιθύμητων μετάλλων και απομάκρυνση του ιζήματος. Μικρή ποσότητα μετάλλου ενδέχεται να παραμείνει διαλυμένη στα λύματα μετά την ολοκλήρωση της κατακρήμνισης.

Η ποσότητα του διαλυμένου μετάλλου που θα παραμείνει εξαρτάται από τα χημικά που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία αλλά και από άλλους παράγοντες.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου της απομάκρυνσης οποιουδήποτε μετάλλου εξαρτάται από το κλάσμα (*fraction*) του συγκεκριμένου μετάλλου στα ακατέργαστα απόβλητα (και ως εκ τούτου στο ίζημα) και από την αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης των αιωρούμενων στερεών.

3.2.2.1 Εφαρμογές – Απόδοση

Η χημική κατακρήμνιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση μεταλλικών ιόντων όπως το αλουμίνιο, το αντιμόνιο, το αρσενικό, το βηρύλλιο, το κάδμιο, το χρώμιο, το κοβάλτιο, τον χαλκό, τον σίδηρο, τον μόλυβδο, το μαγγάνιο, τον υδράργυρο, το μολυβδαίνιο, τον κασσίτερο και τον ψευδάργυρο.

Η διεργασία αυτή εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε ουσία μπορεί να μετατραπεί σε αδιάλυτη μορφή όπως φθορίδιο, φωσφατάση, σαπούνια, σουλφίδια και άλλα. Επειδή είναι απλή και αποτελεσματική, η χημική κατακρήμνιση χρησιμοποιείται εκτενώς για επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων. Η απόδοση της χημικής καθίζησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της καθίζησης είναι :

- 1) Διατήρηση ενός αλκαλικού pH καθ' όλη την αντίδραση της καθίζησης.
- 2) Προσθήκη πλεονάζοντος αριθμού επεξεργασμένων ιόντων που θα οδηγήσουν την διαδικασία της καθίζησης στο να ολοκληρωθεί.
- 3) Προσθήκη ενός επαρκούς εφοδιασμού των ιόντων που θα χρησιμοποιηθούν (όπως σίδηρος ή αργίλιο) ώστε να εξασφαλίζεται η καθίζηση και η απομάκρυνση συγκεκριμένων ιόντων.

4) Αποτελεσματική απομάκρυνση των στερεών που καθιζάνουν.

3.2.2.2 Ο έλεγχος του pH - Control of PH

Ανεξάρτητα από την τεχνολογία για την απομάκρυνση των στερεών που χρησιμοποιείται, ο σωστός έλεγχος του pH είναι απολύτως απαραίτητος για την καλή απόδοση των τεχνολογιών καθίζησης. Αυτό φαίνεται από δεδομένα που ελήφθησαν μετά από 3 διαδοχικές ημέρες δειγματοληψίας σε ένα εργοστάσιο επεξεργασίας μετάλλων στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Δειγματοληψία για έλεγχο pH(9)

	Day 1		Day 2		Day 3	
	In	Out	In	Out	In	Out
pH range	2.4-3.4	8.5-8.7	1.0-3.0	5.0-6.0	2.0-5.0	6.5-8.1
(mg/l)						
TSS	39	8	16	19	16	7
Copper	312	0.22	120	5.12	107	0.66
Zinc	250	0.31	32.5	25.0	43.8	0.66

Αυτό το σύστημα επεξεργασίας χρησιμοποιεί κατακρήμνιση με ασβέστη (για την ρύθμιση του pH), ακολουθούμενη από προσθήκη θρομβωτικού (coagulant) και καθίζηση. Τα δείγματα ελήφθησαν πριν και μετά από το σύστημα επεξεργασίας. Η καλύτερη απόδοση για αφαίρεση του χαλκού και του ψευδαργύρου επιτεύχθηκε σε μια μέρα, όταν το pH είχε διατηρηθεί σε ικανοποιητικό επίπεδο. Η μικρότερη απόδοση βρέθηκε τη δεύτερη ημέρα, όταν το pH μειώθηκε σε χαμηλό επίπεδο και ενδιάμεσες τιμές επιτεύχθηκαν την τρίτη ημέρα, όταν το pH τιμές ήταν λιγότερο από το επιθυμητό, αλλά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης ημέρας.

Το υδροξείδιο του νατρίου σε αυτή την εγκατάσταση χρησιμοποιείται για ρύθμιση του pH και για χημική κατακρήμνιση, ακολουθούμενη από καθίζηση των στερεών. Τα δείγματα ελήφθησαν πριν από την προσθήκη καυστικών και μετά την καθίζηση. Η ροή μέσω του συστήματος είναι περίπου 6000 gal / hr.

Αυτά τα δεδομένα (Πίνακας 3.2) υποδεικνύουν ότι το σύστημα λειτουργεί αποτελεσματικά. Οι αποκλίσεις του pH είναι ελεγχόμενες όταν βρίσκονται στο εύρος του 8.6 με 9.3 και τα περισσότερα τοξικά μέταλλα αφαιρέθηκαν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Ασβέστης και υδροξείδιο του νατρίου χρησιμοποιούνται μερικές φορές για την καταβύθιση των μετάλλων. Σύμφωνα με τα δεδομένα που ελήφθησαν

από την εγκατάσταση με απόβλητα , με σημαντική ποσότητα μετάλλων ,μας δείχνουν την αποτελεσματική λειτουργία της χημικής κατακρήμνισης και καθίζησης του συστήματος.

Πίνακας 3.2: Αποτελεσματικότητα του υδροξειδίου του νατρίου για την απομάκρυνση μετάλλων(9)

<i>pH range</i>	<i>Day 1</i>		<i>Day 2</i>		<i>Day 3</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
	2.1-2.9	9.0-9.3	2.0-2.4	8.7-9.1	2.0-2.4	8.6-9.1
			<i>(mg/l)</i>			
<i>Cr</i>	0.097	0	0.057	0.005	0.068	0.005
<i>Cu</i>	0.063	0.018	0.078	0.014	0.053	0.019
<i>Fe</i>	9.240	0.760	15.50	0.920	9.410	0.950
<i>Pb</i>	1.000	0.110	1.360	0.130	1.450	0.110
<i>Mn</i>	0.110	0.060	0.120	0.044	0.110	0.044
<i>Mi</i>	0.077	0.011	0.036	0.009	0.069	0.110
<i>Zn</i>	0.054	0.000	0.120	0.000	0.190	0.370
<i>Tss</i>		13		11		11

Πίνακας 3.3: Αποτελεσματικότητα του ασβέστη και του υδροξειδίου του νατρίου για την απομάκρυνση μετάλλων(9)

<i>pH range</i>	<i>Day 1</i>		<i>Day 2</i>		<i>Day 3</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
	9.2-9.6	8.3-9.8	9.2	7.6-8.1	9.6	7.8-8.2
			<i>(mg/l)</i>			
<i>Al</i>	37.3	0.35	38.1	0.35	29.9	0.35
<i>Cu</i>	0.65	0.003	0.63	0.003	0.72	0.003
<i>Fe</i>	137	0.49	110	0.57	208	0.58
<i>Mn</i>	175	0.12	205	0.012	245	0.12
<i>Ni</i>	6.86	0	5.84	0	5.63	0
<i>Se</i>	28.6	0	30.2	0	27.4	0
<i>Ti</i>	143	0	125	0	115	0
<i>Zn</i>	18.5	0.027	16.2	0.044	17	0.01
<i>TSS</i>	4390	9	3595	13	2805	13

Ο Πίνακας 3.3 δείχνει τα δεδομένα της δειγματοληψίας από αυτό το

σύστημα, το οποίο χρησιμοποιεί ασβέστη και υδροξείδιο του νατρίου για την ρύθμιση του pH,χημική κατακρήμνιση,προσθήκη κροκιδωτικού πολυηλεκτρολύτη και καθίζηση. Τα δείγματα ελήφθησαν στην είσοδο των ακατέργαστων αποβλήτων στο σύστημα και στην έξοδο του δυλιστήρια (clarifier). Η ροή μέσω του συστήματος είναι περίπου 5000 gal / hr.

Σε αυτό το εργοστάσιο, τα επίπεδα TSS των λυμάτων ήταν κάτω από 15 mg / l για κάθε ημέρα, παρά τις μέσες συγκεντρώσεις TSS αποβλήτων πάνω οι οποίες ήταν πάνω από 3500 mg / l. Το pH των λυμάτων διατηρήθηκε στο 8 περίπου, η προσθήκη ασβεστίου για την κατακρήμνιση των διαλυμένων ιόντων μετάλλου ήταν επαρκής και με την προσθήκη κροκιδωτικού μέσου και με συγκράτηση στον δυλιστήρια απομακρύνθηκαν αποτελεσματικά τα στερεά τα οποία έχουν υποστεί καθίζηση.

Η κατακρήμνιση των σουλφιδίων χρησιμοποιείται μερικές φορές για την καταβύθιση των μετάλλων με αποτέλεσμα την βελτιωμένη απομάκρυνση τους. Τα περισσότερα σουλφίδια των μετάλλων είναι λιγότερο διαλυτά από τα υδροξείδια και τα ιζήματα απομακρύνονται πιο εύκολα από το νερό. Η διαλυτότητα για ιζήματα επιλεγμένων μετάλλων υδροξειδίου, ανθρακικού και σουλφιδίων φαίνονται στον Πίνακα 3.4. Η κατακρήμνιση με θειούχες ενώσεις είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την απομάκρυνση συγκεκριμένων μετάλλων όπως το ασήμι και ο υδράργυρος. Παρακάτω, στον Πίνακα 3.5 βλέπουμε την δειγματοληψία από κάποιες εγκαταστάσεις.

Πίνακας 3.4: Θεωρητικές διαλυτότητες των υδροξειδίων και των σουλφιδίων διαφόρων μετάλλων στο νερό (18)

<u>Μέταλλο</u>	<u>Διαλυτότητα μεταλλικών ιόντων, mg/l</u>		<u>Ως σουλφίδιο</u>
	<u>Ως υδροξείδιο</u>	<u>Ως ανθρακικό</u>	
Κάδμιο (Cd ^{**})	2.3×10^{-5}	1.0×10^{-4}	6.7×10^{-1}
Χρώμιο (Cr ^{***})	8.4×10^{-4}		
Κοβάλτιο (Co ^{**})	2.2×10^{-1}		1.0×10^{-8}
Χαλκός (Cu ^{**})	2.2×10^{-2}		5.8×10^{-1}
Σίδηρος (Fe ^{**})	8.9×10^{-1}		3.4×10^{-5}
Μόλυβδος (Pb ^{**})	2.1	7×10^{-3}	3.8×10^{-9}
Μαγγάνιο (Mn ^{**})	1.2		2.1×10^{-3}
Υδράργυρος (Hg ^{**})	3.9×10^{-4}	3.9×10^{-2}	9×10^{-2}
Νικέλιο (Ni ^{**})	6.9×10^{-3}	1.9×10^{-1}	6.9×10^{-8}
Άργυρος (Ag ^{**})	13.3	2.1×10^{-1}	7.4×10^{-1}
Κασσίτερος (Sn ^{**})	1.1×10^{-4}		3.8×10^{-8}
Ψευδάργυρος (Zn ^{**})	1.1	7×10^{-4}	2.3×10^{-7}

Σ' όλες τις περιπτώσεις εκτός του σιδήρου οι συγκεντρώσεις λυμάτων, σε ότι αφορά τρία εργοστάσια, που έχουν μελετηθεί, είναι κάτω από 0.1 mg/l, ενώ σε πολλές άλλες κάτω από 0.01 mg/l. Η δειγματοληψία δεδομένων

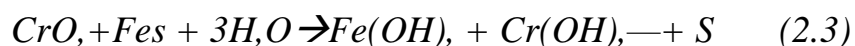
χλωριούχου καλίου, από διάφορα εργοστάσια παραγωγής ,που χρησιμοποιούν καθίζηση με θειούχα , αποδεικνύουν συγκεντρώσεις λυμάτων υδραργύρου, που ποικίλουν μεταξύ 0.009 και 0.03 mg/l. Όπως παρουσιάστηκε νωρίτερα στο Σχήμα 3.2, η διαλυτότητα των PBS , Ag, S είναι χαμηλότερη σε αλκαλικό pH είτε των αντίστοιχων υδροξειδίων είτε άλλων ενώσεων θείου.

Πίνακας 3.5: Δειγματοληψία από διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας αλουμινίου(9)

<i>Treatment</i>	<i>Lime, FeS, Poly-electrolyte, settle, filter</i>		<i>Lime, FeS, Poly-electrolyte, settle, filter</i>		<i>NaOH, Ferric, Chloride, Na₂S, Clarify</i>	
	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
<i>pH(mg/l)</i>	5.0-6.8	8-9	7.7	7.38		
<i>Cr+6</i>	25.6	<0.014	0.022	<0.020	11.45	<0.005
<i>Cr</i>	32.3	<0.04	2.4	<0.1	18.35	<0.005
<i>Cu</i>	-	-	-	-	0.029	0.003
<i>Fe</i>	0.52	0.10	108	0.6	-	-
<i>Ni</i>	-	-	0.68	<0.1	-	-
<i>Zn</i>	39.5	<0.005	33.9	<0.1	0.060	0.009

Αυτό συνεπάγεται ότι η απόδοση απομάκρυνσης για τα σουλφίδια του μολύβδου και του αργύρου ,πρέπει να είναι συγκρίσιμη ή καλύτερη από αυτή που παρουσιάζεται για τα μέταλλα, στα οποία αυτά αναφέρονται και ότι η σύνθεση των λυμάτων δείχνει ότι η απομάκρυνση των μετάλλων σε επίπεδο λιγότερο του 0.05 mg/l και μερικές φορές λιγότερο του 0.01 mg/l είναι κοινή σε συστήματα που χρησιμοποιούν καθίζηση με θειούχα ακολουθούμενη από εναργέστερη επεξεργασία . Μερικά από τα δεδομένα εργαστηριακής κλίμακας, ιδίως στην περίπτωση του μολύβδου, δεν υποστηρίζουν αυτές τις χαμηλές συγκεντρώσεις εκροής. Ωστόσο, ο μόλυβδος είναι σταθερά αφαιρούμενος σε πολύ χαμηλά επίπεδα (κάτω από 0.02 mg/l) κυρίως σε συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν υδροξείδιο και ανθρακικό όπως ,επίσης , και τις προσφιλείς τεχνικές της κατακρήμνισης και καθίζησης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ικανότητα των σουλφιδίων να προκαλούν καθίζηση εξασθενούς χρωμίου, χωρίς προηγούμενη αναγωγή σε τρισθενή κατάσταση , όπως απαιτείται στην διαδικασία ,που ακολουθεί το υδροξείδιο. Σε περίπτωση που τα σιδηρούχα σουλφίδια, χρησιμοποιούνται ως ιζήματα ,σίδηρος και σουλφίδια λειτουργούν ως αναγωγικά μέσα του εξασθενούς χρωμίου βάσει της παρακάτω αντίδρασης :



Η ιλύς που παράγεται σε αυτή την αντίδραση αποτελείται κυρίως από τρισθενή σίδηρο,υδροξείδια του χρωμίου και διάφορα μεταλλικά σουλφίδια.

Μερικά απ' τα υπολείποντα ιόντα υδροξυλίου, που παράγονται σ' αυτή τη διαδικασία σηματοδοτούν την εκ νέου φθίνουσα, ρύθμιση του pH.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, ο Πίνακας 3.6 δείχνει τις ελάχιστες συγκεντρώσεις σε πραγματικά λύματα των θειούχων ενώσεων. Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των προβλέψεων στις επιδόσεις των συστημάτων κατακρήμνισης και καθίζησης των θειούχων.

Πίνακας 3.6: Επιδόσεις συστημάτων κατακρήμνισης και καθίζησης των θειούχων

<i>Parameter</i>	<i>Treated Effluent (mg/l)</i>
Cd	0.01
Cr	0.05
Cu	0.05
Pb	0.01
Hg	0.03
Ni	0.05
Ag	0.05
Zn	0.01

Η καθίζηση με ανθρακικές ενώσεις, με τη σειρά της, χρησιμοποιείται μερικές φορές για την καταβύθιση των μετάλλων. Η διαλυτότητα των περισσότερων ανθρακικών αλάτων ενός μετάλλου, είναι ενδιάμεση μεταξύ του υδροξειδίου και του σουλφιδίου του. Ιδιαίτερα όταν καταβυθίζονται μέταλλα οι τιμές πρέπει να ανακτώνται, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με την καθίζηση του ανθρακικού, το οποίο χρησιμοποιείται μερικές φορές για καταβύθιση μετάλλων. Επιπλέον, στη μορφή των ανθρακικών υφίσταται εύκολα διήθηση.

Τα ανθρακικά ιόντα, πιο συγκεκριμένα, είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην καταβύθιση μολύβδου και αντιμονίου. Το ανθρακικό νάτριο προστίθεται στη διαδικασία για τη βελτίωση της καθίζησης μολύβδου και της απομάκρυνσης του από κάποια βιομηχανικά εργοστάσια..

3.2.2.3 *Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί*

Η χημική κατακρήμνιση έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική τεχνική για αφαίρεση πολλών ρύπων από βιομηχανικά λύματα. Λειτουργεί σε συνθήκες περιβάλλοντος και είναι κατάλληλη για αυτόματο έλεγχο. Η αποτελεσματικότητα της χημικής καθίζησης μπορεί να περιορίζεται λόγω πιθανής χημικής παρεμβολής, όταν τα λύματα και τα χημικά προϊόντα της επεξεργασίας αναμειγνύονται ή λόγω της δυνητικά επικίνδυνης κατάστασης,

που έχει σχέση με την αποθήκευση και το χειρισμό αυτών των χημικών ουσιών. Συνήθως, το υλικό ,που προστίθεται στην καθίζηση είναι ο άνθρακας τον οποίο πολτοποιούμε . Ο πολτός πρέπει να διατηρείται και να αναμειγνύεται καλά με τα προστιθέμενα στερεά, που ελέγχονται περιοδικά. Επίσης , η καθίζηση των υδροξειδίων βοηθά στην κατακρήμνιση μετάλλων.

Το κύριο πλεονέκτημα της διαδικασίας κατακρήμνισης θεικών είναι ότι η εξαιρετικά χαμηλή διαλυτότητα των περισσότερων θειούχων μετάλλων, προωθεί σε πολύ υψηλό επίπεδο την αποτελεσματικότητα της αφαίρεσης του μετάλλου. Η διαδικασία αυτή έχει, επίσης, τη δυνατότητα της αφαίρεσης χρωμικών και διχρωμικών χωρίς προκαταρκτική διεργασία μείωσης του τρισθενούς χρώμιου . Επιπροσθέτως , τα θειικά μπορεί να υποστούν καθίζηση σε συνδυασμό με τους περισσότερους απ' τους παράγοντες σύμπλεξης. Πρόκειται για διαδικασία που απαιτεί μεγάλη προσοχή για να διατηρηθεί το pH του διαλύματος κοντά στο 10 , έτσι ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία του τοξικού αερίου , του υδροθείου. Για το λόγο αυτό ο εξαερισμός κατά την επεξεργασία μπορεί να θεωρηθεί ένα απαραίτητο μέτρο προφύλαξης στις περισσότερες εγκαταστάσεις. Η χρήση των θεικών αλάτων του σιδήρου μειώνει ή ακόμη κι εξαλείφει το πρόβλημα σχετικά το υδρόθειο.

Όπως συμβαίνει και με την καθίζηση υδροξειδίου , για να οδηγηθεί η αντίδραση σε ολοκληρωτική καθίζηση πρέπει να εμφανίζεται περίσσειμα θεικών ιόντων. Δεδομένου βέβαια ότι τα θειικά ιόντα είναι τοξικά , η προσθήκη αυτή πρέπει να είναι ελεγχόμενη ,ώστε να μεγιστοποιηθεί η κατακρήμνιση , μ' ένα ελάχιστο περίσσειμα θεικών ,προκειμένου να αποφευχθεί η μετέπειτα αναγκαία επεξεργασία. Σε πολύ υψηλή περίσσεια θεικών μπορούν να σχηματιστούν ενώσεις διαλυτών θεικών αλάτων. Όπου τα θειικά βρίσκονται σε περίσσεια, ο αερισμός του ρεύματος της εκροής μπορεί να βοηθήσει στην οξείδωση υπολειμματικών θεικών με το λιγότερο επιβλαβές θεικό νάτριο (Na_2SO_4).

Ένα βασικό στοιχείο για την αποτελεσματική καθίζηση θεικών είναι η απομάκρυνση των καταβυθισμένων στερεών από τα λύματα και η ορθή διάθεσή τους σε κατάλληλη θέση. Επιπλέον, η καθίζηση σουλφιδίων θα παράξει μεγαλύτερο όγκο λάσπης απ' ότι η καθίζηση υδροξειδίου με αποτέλεσμα την υψηλότερη διάθεση και το μεγαλύτερο κόστος αποστράγγισης. Η κατακρήμνιση σουλφιδίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επεξεργασία μετά της στίλβωσης του υδροξειδίου. Αυτή η επεξεργασία ενδέχεται να παρέχει τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ως προς την απομάκρυνση των σουλφιδίων.

3.2.2.4 Παράγοντες λειτουργίας

Αξιοπιστία

Η αλκαλική χημική κατακρήμνιση είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη, αν και απαιτείται κατάλληλη παρακολούθηση και έλεγχος. Εδώ, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τα συστήματα καθίζησης ενώσεων θείου παρέχουν παρόμοια αξιοπιστία.

Συντήρηση

Οι κυριότερες ανάγκες συντήρησης περιλαμβάνουν την περιοδική συντήρηση του εξοπλισμού παρακολούθησης, του αυτόματου εξοπλισμού σίτισης, την ανάμειξη εξοπλισμών και άλλου υλικού. Η απομάκρυνση των συσσωρευμένων λασπών είναι αναγκαία για την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων κατακρήμνισης και καθίζησης.

Τα στερεά που καθιζάνουν απομακρύνονται σε μετέπειτα στάδιο επεξεργασίας. Τελικά, αυτά τα στερεά, τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνα όπως καθορίζεται από τους κανονισμούς της RCRA απαιτούν σωστή διάθεση.

3.2.2.5 Αποτέλεσμα

Η χημική κατακρήμνιση υδροξειδίων μετάλλων είναι μια κλασική τεχνολογία επεξεργασίας αποβλήτων, που χρησιμοποιείται από τα περισσότερα συστήματα επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων. Η χημική κατακρήμνιση μετάλλων στην ανθρακική της μορφή και μόνο, έχει βρεθεί ότι είναι εφικτή και χρησιμοποιείται εμπορικά για να επιτρέπεται η ανάκτηση μετάλλων και η επαναχρησιμοποίηση νερού. Όπως επισημάνθηκε νωρίτερα, η καθίζηση για την αφαίρεση των ιζημάτων θα αναφερθεί ξεχωριστά.

3.2.3 Καθαρισμός λυμάτων με διήθηση κοκκώδους κλίνης

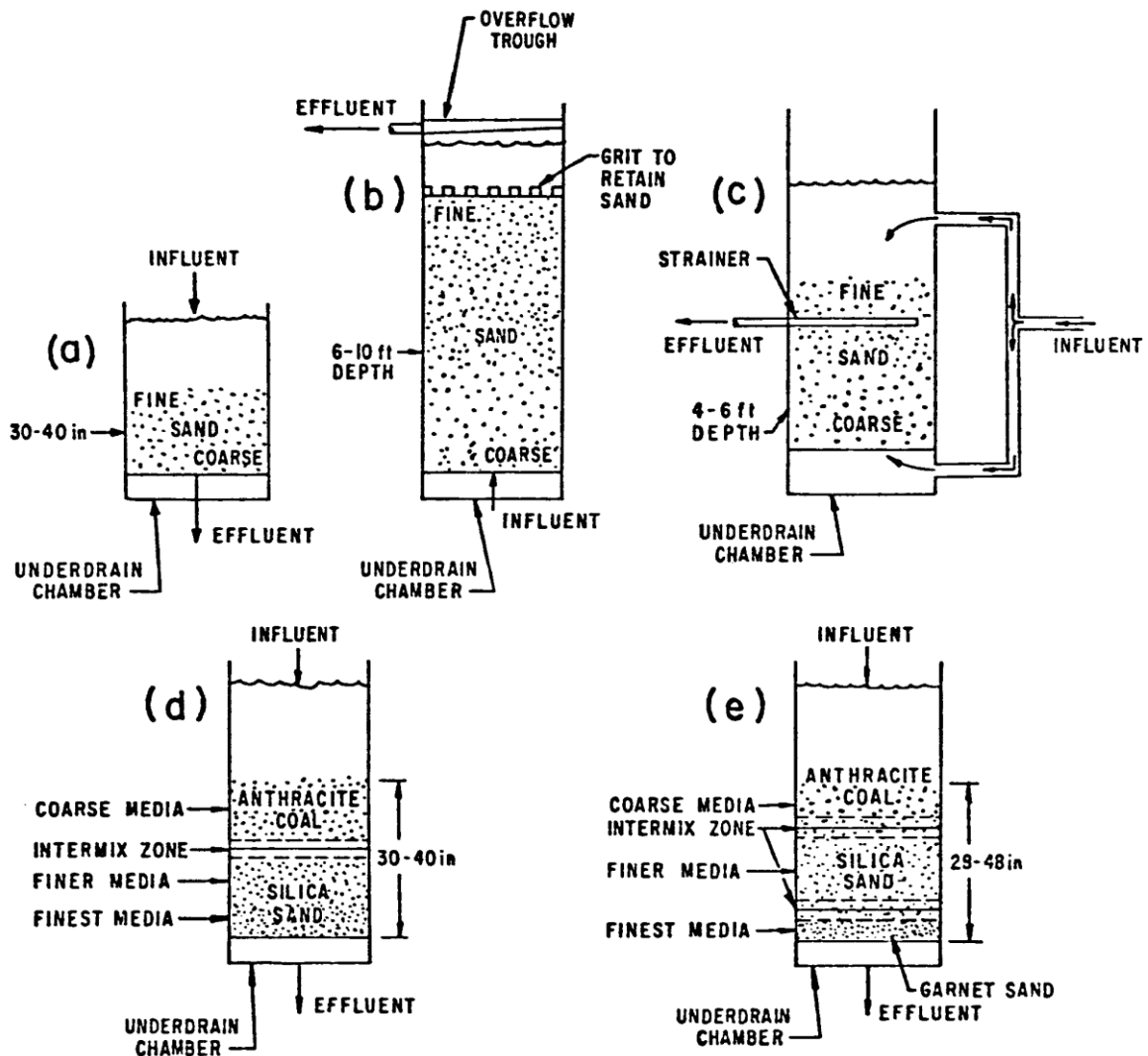
Η διήθηση είναι το ενδιάμεσο στράγγισμα των αιωρούμενων στερεών (*interstitial straining*). Αρκετά υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί ως κοκκώδη μέσα (*granular media*). Η πυριτική άμμος, ο γρανάτης άμμου και ο κοκκώδης. Η

αντίστροφη πλύση (*backwashing*) είναι η συνήθης μέθοδος καθαρισμού του φίλτρου. Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό ροής νερού προς τα πάνω, με καθαρισμό του αέρα και πλύσιμο της επιφάνειας αλλά και κάτω από αυτήν. Το βρώμικο νερό από την αντίστροφη πλύση συλλέγεται σε γούρνες (*εδαφικές κοιλότητες*) και είτε επανεισάγεται στην κεφαλή (*head*) της εγκατάστασης ή απορρίπτεται χωριστά.

Ο καθαρισμός του φίλτρου με αντίστροφη πλύση, είναι μια απαραίτητη λειτουργία συντήρησης ώστε να εξασφαλίζεται σωστή απόδοση του. Κατά τη διάρκεια του κύκλου σέρβις του φίλτρου τα σωματίδια απομακρύνονται από τα λύματα και συσσωρεύονται στην επιφάνεια των κόκκων των μέσων (*grains of the media*) και στα διαστήματα των πόρων μεταξύ των κόκκων. Η συνεχιζόμενη διήθηση μειώνει το πορώδες της κλίνης. Το φίλτρο πρέπει να αφαιρεθεί περιοδικά για καθαρισμό έτσι ώστε να αποφευχθεί υπερβολική απώλεια κεφαλής (*headloss*) και ο μειωμένος ρυθμός ροής ή μια πιθανή εισχώρηση των αιωρούμενων σωματιδίων μέσα στο φίλτρο. Κατά την διάρκεια της αντίστροφης πλύσης, η άμμος ανεβαίνει στην κορυφή του φίλτρου. Επομένως εάν ένα σωματίδιο δεν έχει συγκρατηθεί στην επιφάνεια, πιθανότατα να βρεθεί στα απόβλητα εφόσον η απορροφητικότητα του φίλτρου αυξάνει προς την κατεύθυνση της ροής.

Η σύσταση των φίλτρων πολλών μέσων προκαλεί μια διάταξη στρωματοποιημένων “κλινών” (*beds*) με μειωμένο μέγεθος κόκκων προς την φορά των λυμάτων. Αυτό επιτρέπει την απομάκρυνση των σωματιδίων από τα άνω στρώματα και στίλβωση στο κάτω μέρος με την οποία αποφεύγονται προβλήματα επιφάνειας (βουλώματα). Ένα παράδειγμα της εφαρμογής είναι η χρήση θρυμματισμένου ανθρακίτη στο επάνω στρώμα και πυριτική άμμο στο κάτω.

Η μορφή ροής είναι συνήθως από πάνω προς τα κάτω, αλλά υπάρχουν και άλλες μορφές ροής (Σχήμα 3.2) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα *up-flow* (ανοδικής ροής) φίλτρα χρησιμοποιούνται μερικές φορές. Σε ένα οριζόντιο φίλτρο η ροή είναι οριζόντια. Σε ένα φίλτρο *bi-flow*, η ροή μπαίνει τόσο από το πάνω όσο και από το κάτω μέρος και εξέρχεται πλευρικά. Το πλεονέκτημα ενός φίλτρου πάνω ροής είναι ότι με μια αντίστροφη πλύση προς την άνω ροή τα σωματίδια ενός ενιαίου μεσαίου φίλτρου διανέμονται και διατηρούνται σε μια «επιθυμητή (*bottom-to-top*) διάταξη.

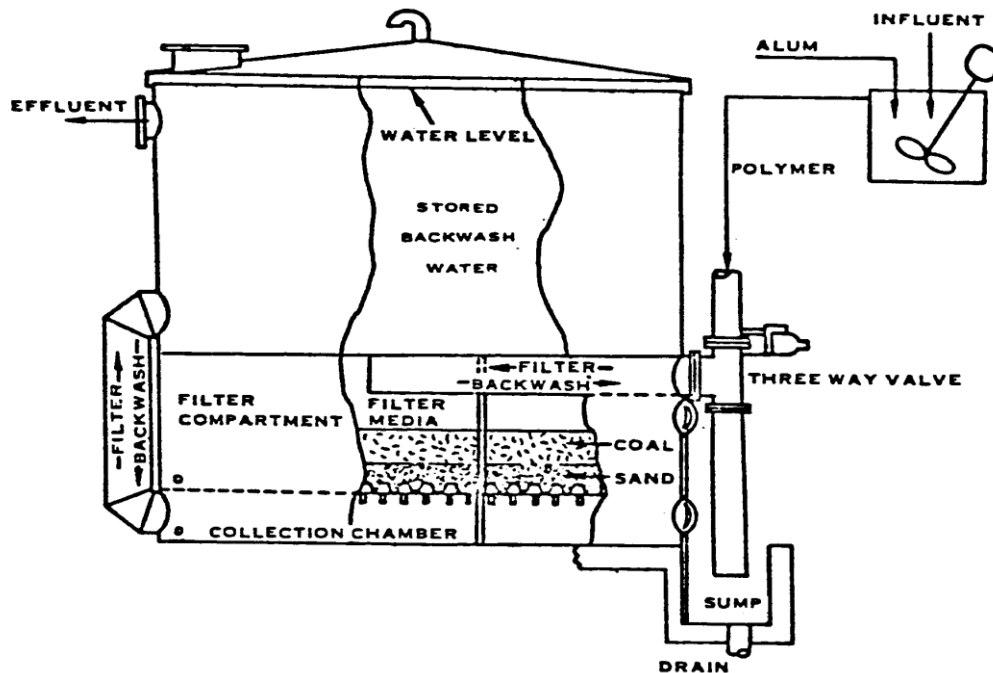


Σχήμα 3.2: Είδη φίλτρων με εφαρμογή σε διήθηση μέσω κοκκώδους κλίνης (9)

Το Σχήμα 3.3απεικονίζει ένα υψηλού βαθμού, διπλό κοκκώδες φίλτρο με ροή προς τα κάτω (*down-flow*). Τόσο τα φιλτραρισμένα νερά όσο και τα απόνερα διοχετεύονται με σωλήνες γύρω από την κλίνη του φίλτρου σε μία διάταξη που να επιτρέπει τα απόνερα να ρέουν προς τα πάνω και το αποθηκευμένο διήθημα (*filtrate*) να χρησιμεύει ως υλικό αντίστροφης πλύσης. Η προσθήκη θρομβωτικού και πολυηλεκτρολύτη συνήθως οδηγεί σε σημαντική βελτίωση στην απόδοση του φίλτρου.

Το βοηθητικό φίλτρο καθαρισμού, μερικές φορές, χρησιμοποιείται στο επάνω μέρος του φίλτρου. Αυτό συνήθως αναφέρεται ως επιφάνεια πλύσεως και επιτυγχάνεται με εκτοξευτήρες νερού ακριβώς κάτω από την επιφάνεια της κλίνης. Η διαδικασία λαμβάνει μέρος κατά την διάρκεια της αντίστροφης πλύσης.

Η λειτουργία του συστήματος φίλτρου μπορεί να είναι είτε χειροκίνητη είτε αυτόματη. Ο κύκλος πλυσίματος μπορεί να γίνεται σε προγραμματισμένη βάση, δηλαδή η αντίστροφη πλύση τίθεται σε λειτουργία με την βοήθεια ενός μετρητή πτώσης πίεσης. Τα παραπάνω συστήματα έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία.



Σχήμα 3.3: Απεικονίζει ένα υψηλού βαθμού, διπλό κοκκώδες φίλτρο με ροή προς τα κάτω (down-flow)

3.2.3.1 Εφαρμογές και απόδοση

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, συχνά χρησιμοποιούν φίλτρα με κοκκώδες στρώμα για διαύγαση μετά την καθίζηση, ή άλλες παρόμοιες διαδικασίες. Έτσι, λοιπόν, η διήθηση με κοκκώδες στρώμα έχει πιθανή εφαρμογή σε όλες σχεδόν τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Κανονικοί ρυθμοί ροής λειτουργίας για διάφορους τύπους φίλτρων έχουν ως εξής :

Τύπος φίλτρου	Κανονικοί ρυθμοί λειτουργίας
Slow Sand	2.04 – 5.30 l/sq m-hr
Rapid Sand	40.74 - 51.48 l/sq m-hr
High Rate Mixed Media	81.48 - 122 l/sq m-hr

Τα αιωρούμενα στερεά αφαιρούνται συνήθως από ρεύματα υγρών αποβλήτων από φιλτράρισμα μέσα από μια βαθιά 0,3-0,9 m (1-3 πόδια) κοκκώδη κλίνη διήθησης. Η πορώδης κλίνη που σχηματίζεται από τα κοκκώδη

μέσα μπορεί να σχεδιαστεί για την αφαίρεση σχεδόν όλων των αιωρούμενων σωματιδίων. Ακόμη και κολλοειδή αιωρήματα (περίπου 1 έως 100 μm) μπορεί να προσροφηθούν επί της επιφάνειάς του μέσου των κόκκων, καθώς περνούν κοντά στα περάσματα της κλίνης. Τα φίλτρα που λειτουργούν σωστά μετά από κάποια προ-επεξεργασία για τη μείωση των αιωρούμενων στερεών, συγκεκριμένα, κάτω από 200 mg / l θα πρέπει να παράγουν νερό με λιγότερο από 10mg/ITSS.

3.2.3.2 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Τα κύρια πλεονεκτήματα της διήθησης κοκκώδους κλίνης είναι ,αρχικά, το χαμηλό λειτουργικό κόστος της, οι μειωμένες απαιτήσεις γης, σε σχέση με άλλες μεθόδους για να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο αφαίρεσης στερεών , και η εξάλειψη των χημικών προσθηκών στην εκκένωση της ροής. Ωστόσο, το φίλτρο μπορεί να απαιτήσει προεπεξεργασία, εάν το επίπεδο των στερεών είναι υψηλό (πάνω από 100 mg / l).Η κατάρτιση του χειριστή πρέπει να είναι εκτενής λόγω των ελέγχων και της περιοδικής αντίστροφης πλύσης στην οποία συμμετέχει.

3.2.3.3 Λειτουργικοί παράγοντες

Αξιοπιστία

Οι πρόσφατες βελτιώσεις στην τεχνολογία των φίλτρων διήθησης έχουν προχωρήσει σημαντικά και η τεχνολογία έχει γίνει ιδιαίτερα αξιόπιστη. Τα συστήματα ελέγχου στερεών , η βελτιωμένη σχεδίαση στερεών , και οι καλές διαδικασίες λειτουργίας έχουν δημιουργήσει μια ιδιαίτερα αξιόπιστη μέθοδο της επεξεργασίας νερού.

Συντήρηση

Φίλτρα βαθιάς κλίνης μπορεί να λειτουργήσουν είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα . Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να είναι περιοδικά και να επιθεωρούνται για φθορά, μερική απόφραξη, και διαρροές.Όπου η αντίστροφη πλύση δεν χρησιμοποιείται,τα συλλεγόμενα στερεά πρέπει να απομακρύνονται με φτυάρισμα,και τα υλικά των φίλτρων πρέπει να αντικαθίσταται τουλάχιστον μερικώς.

Το αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο γενικά ανακυκλώνεται εντός του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων.Εναλλακτικά, το ρεύμα αντίστροφης

πλύσης μπορεί να αφυδατωθεί, άμεσα ή, αν δεν υπάρχουν απόνερα, να συλλεχθεί. Στερεά μπορούν να διατίθενται εντός ενός κατάλληλου χώρου υγειονομικής ταφής. Σε οποιαδήποτε από αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει μια απόρριψη στερεών, δηλαδή, πρόβλημα παρόμοιο με εκείνο της διαυγάσεως.

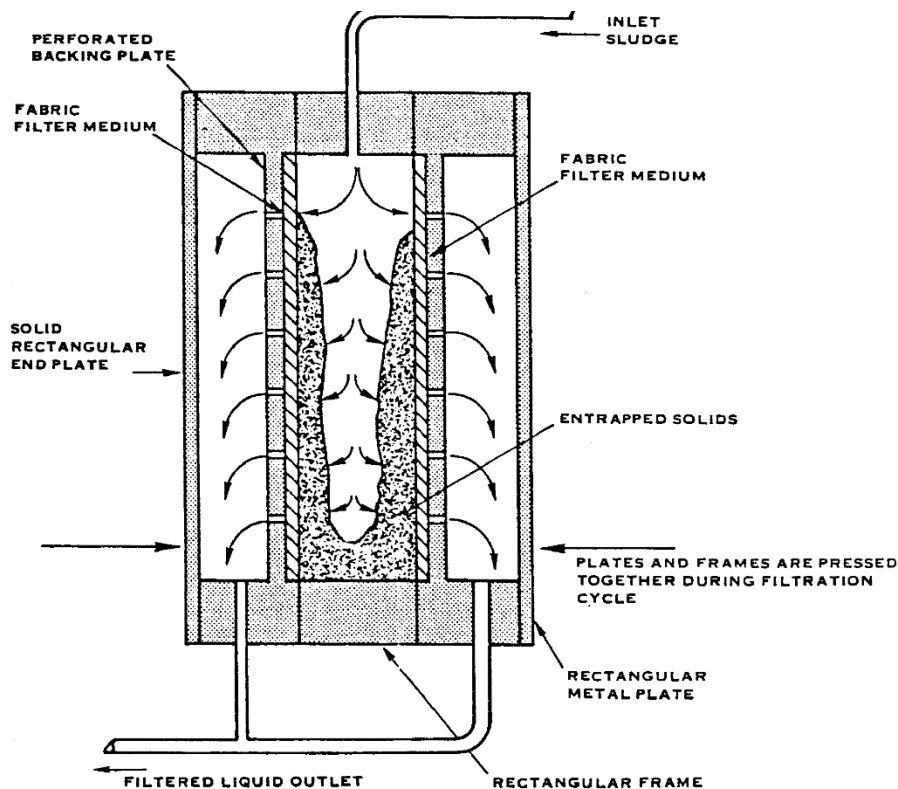
3.2.4 Διήθηση υπό πίεση

Το φιλτράρισμα ή διήθηση μέσω πίεσης λειτουργεί με την άντληση του υγρού μέσω ενός φίλτρου, το οποίο είναι αδιαπέραστο στα στερεά (στερεά φάση). Η αυξημένη πίεση που ασκείται από τις αντλίες τροφοδοσίας ή από άλλα μηχανικά μέσα παρέχει τη διαφορά πιέσεως η οποία είναι και η κύρια κινητήρια δύναμη.

Το Σχήμα 3.4 αντιπροσωπεύει τη λειτουργία του ενός τύπου φίλτρου πίεσης. Μία τυπική μονάδα διήθησης μέσω πίεσης αποτελείται από ένα αριθμό πλακών που συγκρατούνται άκαμπτες σε ένα πλαίσιο έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ευθυγράμμιση. Οι πλάκες αυτές πιέζονται μαζί μεταξύ ενός σταθερού άκρου και ενός κινούμενου.

Στην επιφάνεια της κάθε πλάκας είναι στερεωμένο ένα φίλτρο από ύφασμα ή από συνθετικές ίνες. Το ρεύμα τροφοδοσίας αντλείται εντός της μονάδος και περνά μέσα από οπές στους δίσκους κατά μήκος της πρέσας μέχρι τις κοιλότητες και τους θαλάμους και μεταξύ των δίσκων είναι εντελώς γεμάτο. Τα στερεά στη συνέχεια, είναι παγιδευμένα, και ένα πολυεπίπεδο μείγμα αρχίζει να σχηματίζεται στην επιφάνεια του υλικού του φίλτρου. Το νερό περνά μέσα από τις ίνες, και τα στερεά συγκρατούνται.

Στο κάτω μέρος των δίσκων υπάρχουν θύρες αποστράγγισης. Το προϊόν της διηθήσεως συλλέγεται και απορρίπτεται σε ένα κοινό αγωγό. Καθώς το μέσο του φίλτρου επικαλυφθεί με λάσπη, η ροή του διηθήματος μέσω του φίλτρου μειώνεται αισθητά, υποδεικνύοντας ότι η ικανότητα του υλικού του φίλτρου είχε εξαντληθεί. Η μονάδα πρέπει να καθαρίζεται από τη λάσπη και μετά τον καθαρισμό ή την αντικατάσταση του υλικού του φίλτρου, η μονάδα είναι έτοιμη πάλι για τη λειτουργία.



Σχήμα 3.4: Φίλτρο που χρησιμοποιείται στην διήθηση μέσω πίεσης (9)

3.2.4.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η διήθηση υπό πίεση χρησιμοποιείται στην διαμόρφωση του αλουμινίου για την αφαίρεση του ύδατος από την λάσπη και επίσης για την άμεση απομάκρυνση των βυθισμένων ή άλλων αιωρούμενων στερεών από τα υγρά απόβλητα. Επειδή η απομάκρυνση νερού είναι μια τόσο κοινή λειτουργία σε συστήματα επεξεργασίας, η διήθηση μέσω πίεσης είναι μια τεχνική η οποία μπορεί να βρεθεί σε πολλές βιομηχανίες που ασχολούνται με την αφαίρεση των στερεών από τη ροή των αποβλήτων. Σε ένα τυπικό φίλτρο πίεσης, χημικά επεξεργασμένη λάσπη κρατείται στη μονάδα για μία έως τρεις ώρες υπό ποικίλες πιέσεις, για παράδειγμα από 5 μέχρι 13 ατμόσφαιρες (atm) εμφάνισαν τελική περιεκτικότητα σε στερεά βρέθηκε μεταξύ 25 και 50 τοις εκατό.

3.2.4.2 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Οι πιέσεις μπορεί να εφαρμοστούν στη λάσπη για την απομάκρυνση του νερού με πρέσες φίλτρου που έχουν σήμερα διαθέσιμο εύρος, από 5 μέχρι 13 ατμόσφαιρες. Ως αποτέλεσμα, η πίεση διήθησης μπορεί να μειώσει την ποσότητα της χημικής προεπεξεργασίας που απαιτείται για αφυδάτωση της λάσπης. Η ιλύς διατηρούμενη υπό τη μορφή των πολυεπίπεδων στρώσεων φίλτρου, έχει ένα υψηλότερο ποσοστό στερεών από αυτό παρά του φυγόκεντρου ή κενού φίλτρου. Ως κύρια τεχνική απομάκρυνσης στερεών, η διήθηση υπό πίεση απαιτεί λιγότερο χώρο από ότι η διαύγαση, η οποία μάλιστα, είναι κατάλληλη για ρεύματα με υψηλά στερεά φορτία.

Η λάσπη που παράγεται μπορεί να διατεθεί χωρίς περαιτέρω απομάκρυνση νερού, αλλά το ποσό της ιλύος αυξάνεται με την χρήση φίλτρου προ-επικάλυσης υλικών. Επίσης, τα πάνινα φίλτρα πίεσεως συχνά δεν επιτυγχάνουν τόσο υψηλό βαθμό διαυγασμένης εκροής όπως οι διαυγαστές ή τα κοκκώδη φίλτρα.

Δύο μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη διήθηση υπό πίεση κατά το παρελθόν αποτελούσαν η σύντομη ζωή των πάνινων φίλτρων και η έλλειψη αυτοματισμού. Καινούργιες συνθετικές ίνες έχουν αντισταθμίσει σε μεγάλο βαθμό το πρώτο από αυτά τα προβλήματα. Επιπλέον είναι τώρα διαθέσιμες μονάδες με αυτόματη τροφοδοσία και κύκλους πίεσης.

Για τις μεγαλύτερες επιχειρήσεις, οι σχετικά υψηλές απαιτήσεις χώρου, σε σύγκριση με εκείνες ενός φυγόκεντρητή, θα μπορούσαν να είναι απαγορευτικές σε ορισμένες περιπτώσεις.

3.2.4.3 Λειτουργικοί παράγοντες

Αξιοπιστία

Με την κατάλληλη προεπεξεργασία, το σχεδιασμό, και τον έλεγχο, η διήθηση υπό πίεση είναι ένα εξαιρετικά αξιόπιστο σύστημα.

Συντήρηση

Η συντήρηση απαιτεί τον περιοδικό καθαρισμό ή αντικατάσταση των μέσων φίλτρων, δίκτυα αποχέτευσης, αποστράγγισης σωληνώσεων, λεκάνες φίλτρων, και σε άλλα μέρη του συστήματος. Αν η απομάκρυνση των πολυεπίπεδων στρώσεων λάσπης δεν είναι αυτοματοποιημένη, απαιτείται πρόσθετος χρόνος για αυτή τη λειτουργία.

Επειδή είναι γενικά ξηρότερες από άλλα είδη λασπών, οι πολυεπίπεδες στρώσεις φίλτρων λάσπης μπορεί να αντιμετωπιστούν με σχετική ευκολία. Η συσσωρευμένη λάσπη μπορεί να απορριφθεί από συστήματα οποιασδήποτε από τις αποδεκτές διαδικασίες, ανάλογα με τη χημική του σύνθεση. Τα επίπεδα των τοξικών μετάλλων, τα οποία βρίσκονται στην ύλη από την επεξεργασία του αλουμινίου και σχηματίζουν λύματα-υγρά απόβλητα, τα οποία απαιτούν κατάλληλη διάθεση. Η διήθηση πίεσης είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται συνήθως σε πάρα πολλές εμπορικές εφαρμογές.

3.2.5 Διεργασίες Καθίζησης

Καθίζηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία αφαιρούνται τα στερεά σωματίδια από ένα υγρό με την βοήθεια της βαρυτικής δύναμης. Αυτό γίνεται με τη μείωση της ταχύτητας της ροής τροφοδοσίας σε μια δεξαμενή μεγάλου όγκου έτσι ώστε η καθίζηση μπορεί να ολοκληρωθεί. Τα σχήματα 3.5α και 3.5β δείχνουν δύο τυπικές συσκευές καθίζησης.

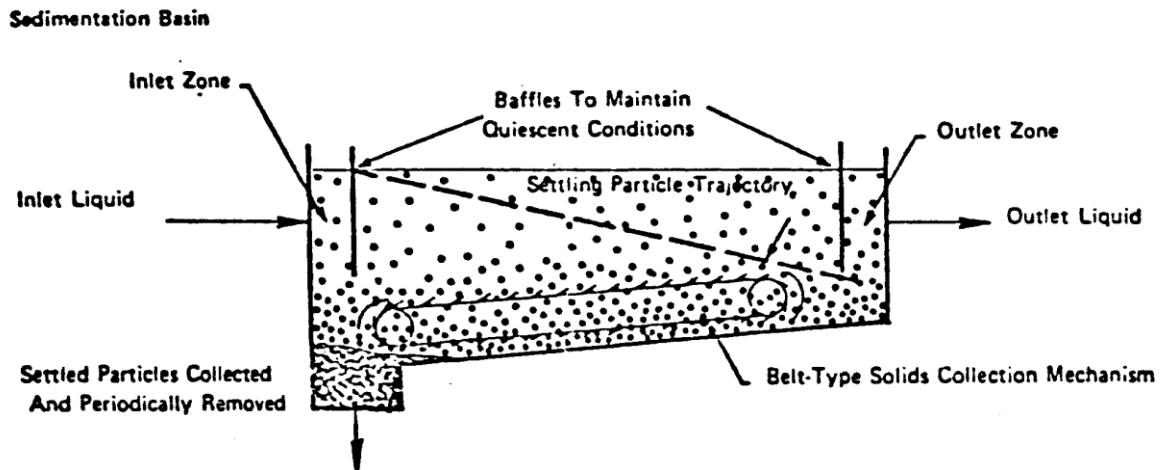
Της καθίζησης προηγείται συχνά η χημική κατακρήμνιση η οποία μετατρέπει τους διαλυμένους ρύπους σε στερεά μορφή, η οποία ενισχύει την καθίζηση με πήξη των αιωρούμενων σωματιδίων σε μεγαλύτερα, ταχύτερα καθιζάνοντα σωματίδια. Εάν δεν πραγματοποιηθεί καμία χημική προεπεξεργασία, τα λύματα τροφοδοτούνται σε μία δεξαμενή όπου χάνουν ταχύτητα έτσι ώστε τα αιωρούμενα στερεά να υπόκεινται σε καθίζηση. Γενικά απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι παραμονής.

Η συσσωρευμένη λάσπη μπορεί να συλλεχθεί είτε κατά διαστήματα είτε συνεχώς και είτε με το χέρι είτε με μηχανικά μέσα. Η απλή καθίζηση απαιτεί υπερβολικά μεγάλη λεκάνη απορροής, καθώς και μεγάλη παραμονή (ημέρα σε σύγκριση με ώρες) για να έχουμε υψηλή αποτελεσματικότητα. Για να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιούμε ενισχυτικά καθίζησης, όπως κροκιδωτικά μέσα από διάφορα πολυμερή.

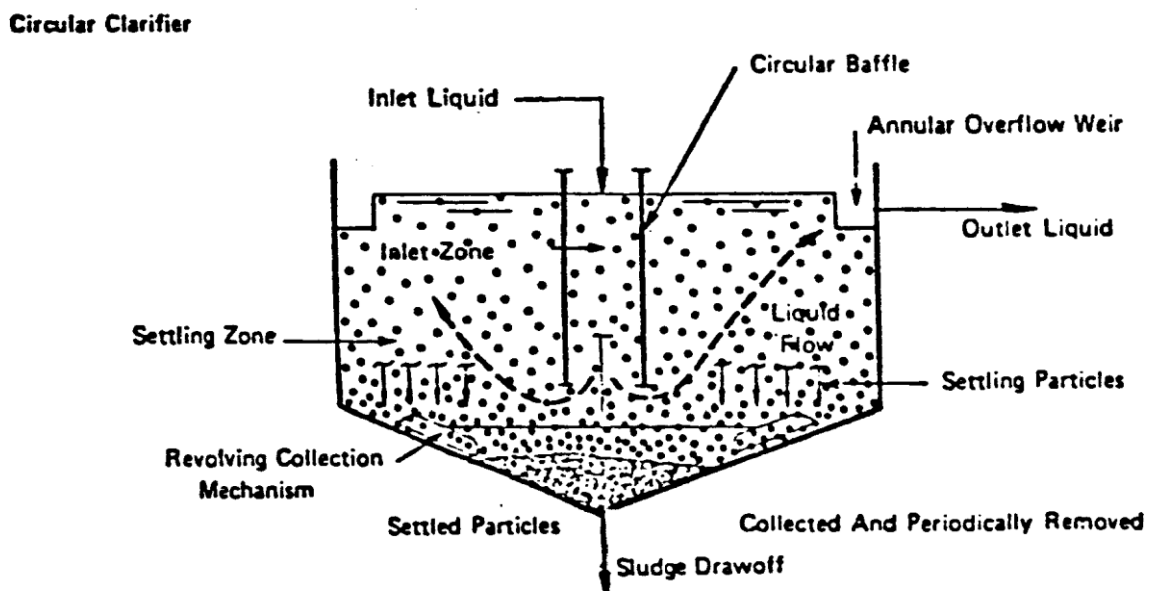
Στην πραγματικότητα η χημική κατακρήμνιση προηγείται συχνά της καθίζησης και συνήθως προστίθενται ανόργανα θρομβωτικά ή κροκιδωτικά μέσα συνήθως πολυηλεκτρολύτες. Τα κοινά θρομβωτικά περιλαμβάνουν θειικό νάτριο, αργλικό νάτριο, θειικό δισθενή ή τρισθενή και χλωριούχο σίδηρο. Οι οργανικοί πολυηλεκτρολύτες διαφέρουν ως προς τη δομή, αλλά επιτυγχάνουν συνήθως μεγαλύτερη συσσωμάτωση σωματιδίων σε σύγκριση με την χρήση μονάχα θρομβωτικών.

Μετά από την προεπεξεργασία, τα λύματα τροφοδοτούνται σε μια δεξαμενή καθίζησης, αλλά πιο συχνά διοχετεύεται σε ένα διαυγαστήρα (*clarifier*) για τον ίδιο σκοπό. Ο διαυγαστήρας μειώνει τις απαιτήσεις χώρου, μειώνει τον χρόνο παραμονής, και αυξάνει την απόδοση της αφαίρεσης των

στερεών. Οι συμβατικοί διαυγαστήρες γενικά αποτελούνται από μια κυκλική ή ορθογώνια δεξαμενή με μηχανική συσκευή συλλογής λάσπης ή με ένα επικλινές σε σχήμα χωνιού που έχει σχεδιαστεί για την συλλογή της λάσπης.



Σχήμα 3.5α : Συσκευή καθίζησης



Σχήμα 3.5β : Συσκευή καθίζησης

Σε προηγμένες συσκευές καθίζησης, κεκλιμένες πλάκες, λοξοί σωλήνες,

ή ένα ελασματώδες δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνεται εντός της δεξαμενής διαυγάσεως, προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της καθίζησης. Ένα τμήμα της ροής της λάσπης ανακυκλοφορεί στην είσοδο, με αυτό να έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία πυκνότερης λάσπης.

3.2.5.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η καθίζηση και η διαύγαση χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία διαμόρφωσης αλουμινίου για την απομάκρυνση κατακρημνισμένων μετάλλων. Η καθίζηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση της πλειονότητας αιωρούμενων στερεών σε ένα συγκεκριμένο ρεύμα αποβλήτων. Έτσι, χρησιμοποιούνται ευρέως από πολλά διαφορετικά βιομηχανικά απόβλητα εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Επειδή οι περισσότεροι ρύποι μεταλλικών ιόντων εύκολα μετατρέπονται σε ιζήματα στερεού υδροξειδίου μετάλλου, η καθίζηση έχει εφαρμογή ιδιαίτερα σε εκείνες τις βιομηχανίες που συνδέονται με την παραγωγή μετάλλων, μεταλλικό φινίρισμα, επεξεργασία μετάλλων, όπως άλλωστε και κάθε άλλη βιομηχανία με υψηλές συγκεντρώσεις των μεταλλικών ιόντων στα υγρά απόβλητα τους. Επιπρόσθετα τοξικά μέταλλα, απομακρύνονται αποτελεσματικά με την καθίζηση συμπεριλαμβανομένου του αλουμινίου, του σιδήρου, του μαγγανίου, του κοβαλτίου, του αντιμονίου, του βηρυλλίου, του μολυβδαινίου, του φθορίου, των φωσφορικών και πολλών άλλων.

Ένα σωστά λειτουργικό σύστημα καθίζησης μπορεί να αφαιρέσει αποτελεσματικά τα αιωρούμενα στερεά, ιζήματα υδροξειδίων μετάλλων, και άλλες ακαθαρσίες από τα λύματα. Η απόδοση της μεθόδου εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της πυκνότητας και του μεγέθους σωματιδίων των στερεών, καθώς και του είδους των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στην προεπεξεργασία.

Με την προσθήκη κροκιδωτικών (*flocculant*) και πηκτικών (*coagulant*) μέσων θα επηρεαστεί κατά πολύ η αποτελεσματικότητα του καθαρισμού (*clarification*) των λυμάτων. Εάν το κροκιδωτικό αναμειχθεί αρκετά πριν την είσοδο του στον διωλιστήρα - διαυγαστή (*clarifier*), η αποτελεσματικότητα της καθίζησης μειώνεται.

Η απόδοση μιας απλής διαδικασίας καθίζησης εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής, το μέγεθος των σωματιδίων και την πυκνότητα και τέλος από την επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης. Ο παρακάτω πίνακας 3.7 μας δείχνει την αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων στα συστήματα καθίζησης.

Πίνακας 3.7: Αποτελεσματικότητα της απομάκρυνσης αιωρούμενων σωματιδίων στα συστήματα καθίζησης(9)

Plants	Settling device	Suspended solids concentration (mg/l)					
		Day 1		Day 2		Day 3	
		In	Out	In	Out	In	Out
1	Lagoon	54	6	56	6	50	5
2	Clarifier Settling Ponds	1100	9	1900	12	1620	5
3	Clarifier	451	17	-	-	-	-
4	Settling Ponds	284	6	242	10	502	14
5	Settling tank	170	1	50	1	-	-
6	Clarifier & Lagoon	-	-	1662	16	1298	4
7	Clarifier	4390	9	3595	12	2805	13
8	Clarifier	182	13	118	14	174	23
9	Settling tank	295	10	42	10	153	8

3.2.5.2 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Το μεγάλο πλεονέκτημα της διαδικασίας της απλής καθίζησης είναι η απλότητα, όπως αυτή αποδεικνύεται από την βαρυτική καθίζηση στερεών σωματιδίων από απόβλητα σε μια δεξαμενή συγκράτησης. Το μεγάλο πρόβλημα με την απλή καθίζηση είναι ο μεγάλος χρόνος παραμονής των αποβλήτων στην δεξαμενή που είναι αναγκαίος για μια πλήρη και αποτελεσματική καθίζηση, ειδικότερα όταν η πυκνότητα των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ κοντά σε αυτήν του νερού. Τέλος υπάρχουν κάποια υλικά που δεν μπορούν να αφαιρεθούν μονάχα με καθίζηση.

Η καθίζηση που πραγματοποιείται στις ειδικές λεκάνες καθίζησης, clarifiers, είναι αποτελεσματικότερη στην απομάκρυνση σωματιδίων αργής καθίζησης σε μικρότερο χρόνο σε σύγκριση με την απλή καθίζηση. Επίσης η ποιότητα των απεξεργασμένων λυμάτων είναι ποιοτικά καλύτερη. Το αρνητικό είναι πως το κόστος ενός διαυγαστή είναι αρκετά υψηλότερο σε σχέση με τη δεξαμενή μιας απλής καθίζησης.

3.2.5.3 Λειτουργικοί παράγοντες

Αξιοπιστία

Η καθίζηση μπορεί να είναι μια ιδιαίτερα αξιόπιστη τεχνολογία για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Ο επαρκής χρόνος παραμονής και τακτική απομάκρυνση της λάσπης είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία όλων των συστημάτων καθίζησης. Ο σωστός έλεγχος της ρύθμισης του pH και η πρόσθεση πηκτικών ή κροκιδωτικών υλικών είναι επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των συστημάτων καθίζησης.

Συντήρηση

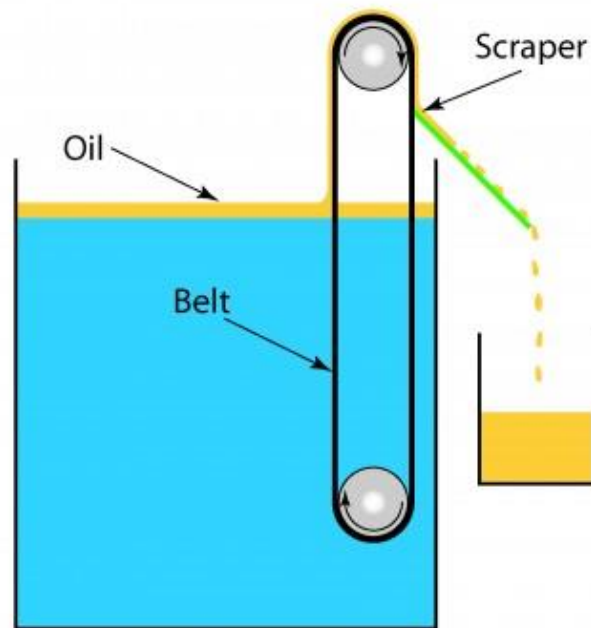
Όταν οι διαυγαστές ή άλλες συσκευές καθίζησης είναι σε λειτουργία, το σύστημα που χρησιμοποιείται για την χημική προεπεξεργασία και για την απομάκρυνση της λάσπης θα πρέπει να συντηρείται και να ελέγχεται σε τακτική βάση.

3.2.6 Διαχωρισμός (skimming)

Ρύποι με ειδικό βάρος μικρότερο από του νερού συχνά θα επιπλέουν χωρίς βοήθεια προς την επιφάνεια των λυμάτων. Η διαδικασία του διαχωρισμού αφαιρεί αυτά επιπλέοντα απόβλητα. Η επεξεργασία αυτή κανονικά λαμβάνει χώρα σε μια δεξαμενή που ο στόχος είναι να επιπλέουν τα σωματίδια, να συσσωματώνονται και παραμένουν στην επιφάνεια, ενώ η υγρό ρέει σε μια έξοδο η οποία βρίσκεται κάτω από το στρώμα των σωματιδίων.

Ως εκ τούτου, οι συσκευές διαχωρισμού ενδείκνυνται για την απομάκρυνση των μη-γαλακτωματοποιημένων λιπαντικών (*non-emulsified oils*) από τις πρώτες ροές των αποβλήτων. Κοινοί μηχανισμοί διαχωρισμού περιλαμβάνουν τον μηχανισμό περιστροφής (τύπου τύμπανου), ο οποίος παραλαμβάνει τις λιπαντικές ουσίες από την επιφάνεια του νερού καθώς περιστρέφεται. Ένα έλασμα (*doctor blade*) ξύνει τις λιπαρές ουσίες που συλλέγονται για επαναχρησιμοποίηση. Το νερό αφήνεται να ρέει κάτω από το περιστρεφόμενο τύμπανο. Επίσης για περισσότερη αποτελεσματικότητα υπάρχει διαχωριστικό μετά το τύμπανο έτσι ώστε να συγκρατεί το λιπαντικό που ξεφεύγει από το διαχωριστή-έλασμα του τυμπάνου (το εξάρτημα που περιστρέφεται στην επιφάνεια).

Ο διαχωριστής τύπου ζώνης Σχήμα 3.6 τραβιέται κατακόρυφα μέσα στο νερό, συλλέγοντας τα έλαια που απομακρύνονται από την επιφάνεια του νερού και συλλέγονται. Οι διαχωριστές βαρύτητας, όπως ο τύπος API (*oil separator*) Σχήμα 3.7, χρησιμοποιούν συστήματα διαχωριστικών πάνω και κάτω από την επιφάνεια, έτσι ώστε να ξεχωρίζουν το στρώμα του λιπαντικού από την επιφάνεια των λυμάτων. Τα παραπάνω διαχωριστικά επιτρέπουν σε μια μικρή ποσότητα των λυμάτων (το τμήμα έλαιο) να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται, ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού ρέει κάτω από το διαχωριστικό.



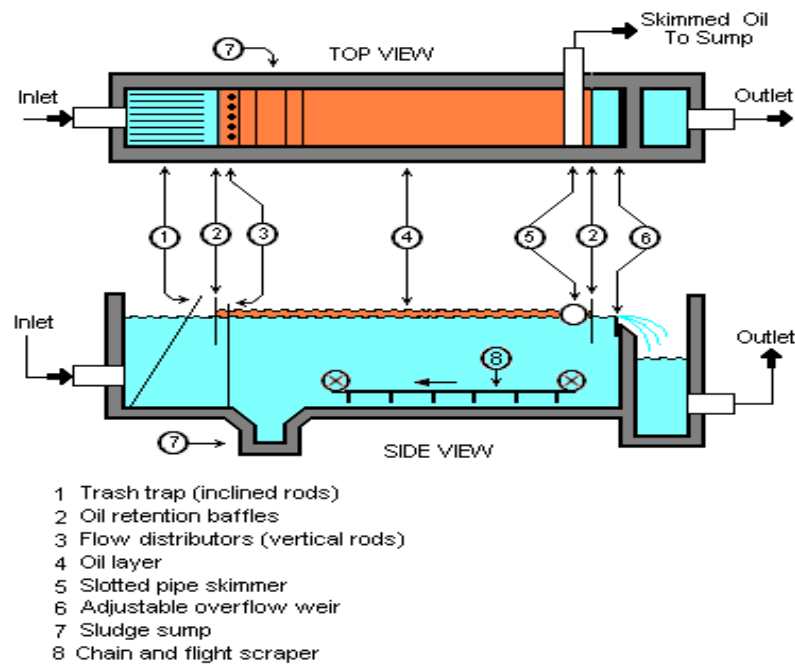
Σχήμα 3.6 : Διαχωριστής τύπου ζώνης

Αυτό ακολουθείται από ένα διαχωριστικό υπερχειλίσσης, το οποίο ορίζεται σε ύψος σε σχέση με το πρώτο διαχωριστικό έτσι ώστε μόνο το τμήμα που φέρει το λιπαντικό να ρέει πάνω από την πρώτη πλάκα εκτροπής κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης. Μια συσκευή διάχυσης, όπως ένα κάθετο διαχωριστικό σχισμής, βοηθάει για τη δημιουργία μιας ομοιόμορφης ροής αλλά και στην αύξηση της αποδοτικότητας αφαίρεσης του λιπαντικού.

3.2.6.1 Εφαρμογές και απόδοση

Ο διαχωρισμός εφαρμόζεται σε όλα τα απόβλητα που περιέχουν ρύπους και επιπλέον στην επιφάνεια. Συνήθως χρησιμοποιείται για την αφαίρεση

λαδιού, γράσου, και σαπουνιών. Η τεχνική αυτή συχνά χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την επίπλευση αέρα προκειμένου να αυξήσει την αποτελεσματικότητά του. Η απόδοση αφαίρεσης μιας συσκευής διαχωρισμού είναι εν μέρει μια λειτουργία που εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής του νερού στη δεξαμενή. Μεγαλύτερα, σωματίδια απαιτούν λιγότερο χρόνο παραμονής από απ' ό,τι μικρότερα σωματίδια. Παρόλα αυτά, η αποτελεσματικότητα εξαρτάται επίσης από την σύνθεση του ρεύματος των αποβλήτων. Ο χρόνος παραμονής που απαιτείται για να επιτρέψει το διαχωρισμό των φάσεων κυμαίνεται από 1 έως 15 λεπτά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των λυμάτων.



Σχήμα 3.7: Διαχωριστής τύπου API

Οι διαχωριστές API (Σχήμα 3.8) ή άλλου τύπου-βαρύτητας διαχωριστές τείνουν να είναι καταλληλότεροι για χρήση, εκεί όπου η ποσότητα του ελαίου που ρέει διαμέσου της επιφάνειας του συστήματος είναι σημαντική. Οι συσκευές διαχωρισμού εφαρμόζονται στα ρεύματα αποβλήτων, και συλλέγουν μικρότερες ποσότητες επιπλέοντος ελαίου σε περιπτώσεις που η ποσότητα πετρελαίου είναι μικρή.

Χρησιμοποιώντας ένα API σύστημα διαχωρισμού σε συνδυασμό με έναν διαχωριστή τύπου κυλινδρικού δοχείου έχουμε μια πολύ αποτελεσματική μέθοδο για την απομάκρυνση ρυπαντών από τα επιπλέοντα μη γαλακτωματοποιημένα ελαιώδη συστατικά των αποβλήτων. Βάσει δεδομένων δειγματοληψίας, που παρουσιάζονται κατωτέρω οι δυνατότητες της τεχνολογίας

είναι μεγάλη σε εξαιρετικά υψηλά και μέτρια επίπεδα επίπλευσης λαδιού.

Με βάση τα δεδομένα από τις εγκαταστάσεις σε μια ποικιλία εργοστασίων παραγωγής, είναι σίγουρο ότι τα λύματα της στάθμης λαδιού μπορεί να μειωθούν αξιόπιστα κάτω από 10 mg / l με μέτριες συγκεντρώσεις εισροής. Οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις του λαδιού, όπως το 22% που εμφανίζεται παραπάνω μπορεί να απαιτήσει απομάκρυνση με διαδικασία δύο βημάτων για την επίτευξη αυτού του επιπέδου.

Πίνακας 3.8: Απόδοση των 2 διαφορετικώνελαιοδιαχωριστών(9)

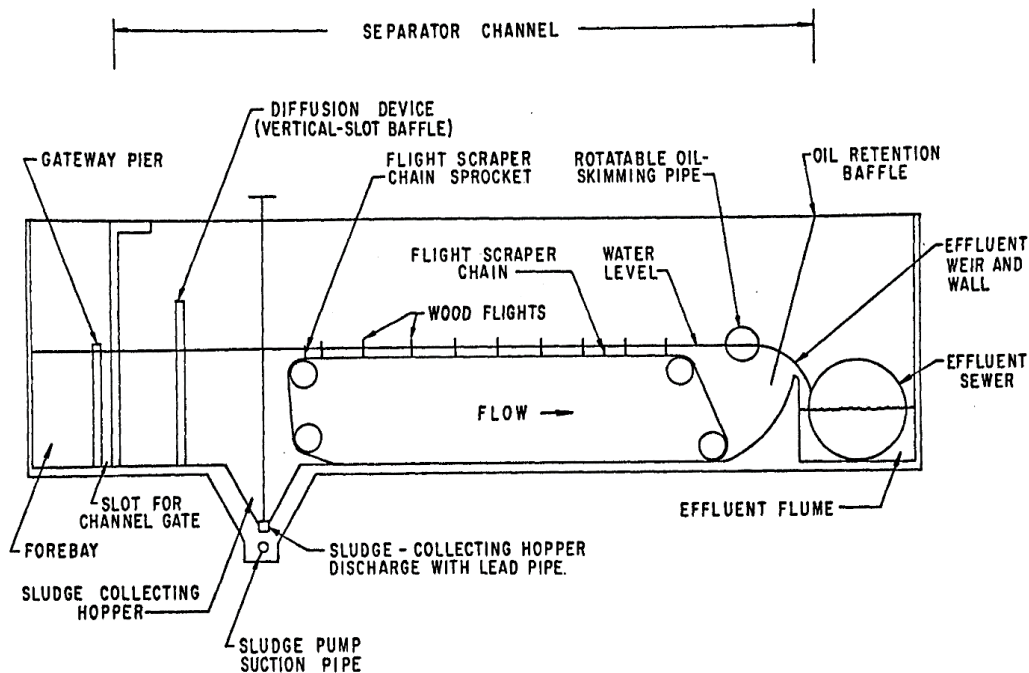
<i>Plant</i>	<i>Skimmer type</i>	<i>Oil and Grease (Έλαιο-γράσσο)</i>	
		<i>In (mg/l)</i>	<i>Out (mg/l)</i>
1	API	224.669	17.9
2	Belt	19.4	8.3

Ο διαχωριστής που αφαιρεί τα έλαια μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αφαίρεση οργανικών ενώσεων όταν η περιεκτικότητά τους στα λύματα είναι μικρή. Δεδομένα δειγματοληψίας εργοστασίων δείχνουν ότι πολλές οργανικές ενώσεις τείνουν να αφαιρεθούν σε τυποποιημένο εξοπλισμό επεξεργασίας λυμάτων. Οι διαχωριστές ελαίου αφαιρούν όχι μόνο το έλαιο, αλλά και οργανικές ενώσεις που είναι πιο διαλυτές σε λάδι παρά σε νερό. Η διαύγαση (*clarification*) αφαιρεί οργανικά στερεά αμέσως και πιθανώς αφαιρεί διαλυμένα οργανικά υλικά λόγω προσρόφησης σε ανόργανα στερεά. Η πηγή αυτών των οργανικών ρύπων δεν είναι πάντα γνωστή με βεβαιότητα, αν και φαίνεται να προέρχονται κυρίως από διάφορες διαδικασίες των λιπαντικών. Επίσης, μερικές φορές περιέχονται στην ύδρευση των εργοστασίων, ως πρόσθετα σε σκευάσματα καθαρισμού, ή λόγω της απόπλυσης σε πλαστικές γραμμές και άλλα υλικά.

Στο σύστημα API οδιαχωρισμός λαδιού-νερού και η θερμική αποσταθεροποίηση γαλακτώματος που επιτυγχάνεται φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 3.9(όλες οι τιμές σε mg /l).

Πίνακας 3.9: Στοιχεία για απόδοση API διαχωριστή(9)

	API		TEB	
	Inf	Eff.	Inf.	Eff.
Oil & Grease	225	14.6	2590	10.3
Chloroform	0.023	0.007	0	0
Methylene Chloride	0.013	0.012	0	0
Naphthalene	2.31	0.004	1.83	0.003
N-nitrosodiphenylamine	59	0.182	-	-
Bis-2-ethyl-hexylphthalate	11	0.027	1.55	0.018
Diethyl phthalate	-	-	0.017	0.005
Butylbenzylphthalate	0.005	0.002	-	-
Di-n-octyl phthalate	0.019	0.002	-	-
Anthracene-phenanthrene	16.4	0.014	0.144	0.002
Toluene	0.02	0.012	-	-



Σχήμα3.8: Διαχωριστής τύπου API (τύπου βαρύτητας) (9)

Η διεργασία που εφαρμόζεται συχνότερα για την απομάκρυνση κάθε ίχνους οργανικών (priority organics) είναι η απορρόφηση και η χημική

οξειδωση κατά δεύτερον. Η βιολογική αποδόμηση δεν εφαρμόζεται τόσο συχνά διότι οι οργανικές ενώσεις δεν παρουσιάζουν επαρκή συγκέντρωση έτσι ώστε να διατηρηθεί μια βιομάζα και επειδή οι περισσότερες από τους οργανικές είναι ανθεκτικές στην βιοαποικοδόμηση.

3.2.6.2 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Η διαδικασία του διαχωρισμού λαδιού - νερού ,είναι αποτελεσματική στο να αφαιρεί τα σωματίδια των αποβλήτων,τα οποία επιπλέουν φυσικά. Επίσης βελτιώνει την απόδοση των επόμενων σταδίων επεξεργασίας. Πολλές ρυπογόνες ουσίες όπως για παράδειγμα το γαλακτωματοποιημένο πετρέλαιο-έλαιο δεν μπορούν να επιπλεύσουν φυσικά, οπότε θα χρειαστούν επιπλέον επεξεργασία.

3.2.6.3 Λειτουργικοί παράγοντες

Αξιοπιστία

Λόγω της απλότητας του ,η διαδικασία του διαχωρισμού είναι μια πολύ αξιόπιστη τεχνική.

Συντήρηση

Ο μηχανισμός διαχωρισμού απαιτεί περιοδική λίπανση, ρύθμιση, και αντικατάσταση των φθαρμένων εξαρτημάτων.

Τα μπάζα συλλέγονται και τοποθετούνται σε ένα μέρος όπου υπόκεινται σε ταφή ή σε αποτέφρωση. Το πρόβλημα υπάρχει όταν μέσα στα μπάζα υπάρχει ποσότητα νερού και έτσι η μέθοδος της αποτέφρωσης δεν συστήνεται.

3.2.7 Χημική διάσπαση γαλακτώματος (Chemical emulsion breaking)

Χημική επεξεργασία χρησιμοποιείται συχνά για να σπάσει το σταθερό έλαιο σε γαλάκτωμα. Ένα γαλάκτωμα νερού σε λάδι (*waterinoil*) αποτελείται από έλαιο-λιπαντικό διασπαρμένο σε νερό, το οποίο σταθεροποιείται με ηλεκτρικά φορτία και γαλακτωματοποιητές. Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στην σταθεροποίηση ή στον σχηματισμό

των γαλακτωμάτων. Οι γαλακτωματοποιητές είναι επιφανειοδραστικές ουσίες οι οποίες μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου και του νερού. Αυτές οι επιφανειοδραστικές ουσίες έχουν μακρά πολικά μόρια (*polarmolecules*) . Το ένα άκρο του μορίου είναι ιδιαίτερα διαλυτό σε νερό (π.χ., καρβοξύλιο, θειικό, υδροξύλιο, ή σουλφονικές ομάδες) και το άλλο άκρο είναι εύκολα διαλυτό σε έλαια (μία οργανική ομάδα η οποία διαφέρει σε μεγάλο βαθμό σε διαφορετικά είδη επιφανειοδραστικών). Έτσι, το επιφανειοδραστικό βοηθά στην γαλακτωματοποίηση και στην διασπορά του οργανικού υλικού (λάδι) στο νερό.

Οι γαλακτωματοποιητές μειώνουν την διεπιφανειακή τάση του γαλακτώματος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν συνήθως την σταθερότητα του γαλακτώματος είναι το pH, το ιζώδες, το ειδικό βάρος, η θερμοκρασία, η περιεκτικότητα ελαίου στο γαλάκτωμα και ο χρόνος διατήρησης.

Η επεξεργασία των *oil-water* γαλακτωμάτων περιλαμβάνει τη χρήση χημικών ουσιών για την διάσπαση του γαλακτώματος ακολουθούμενη από διαχωρισμό λόγω διαφοράς βαρύτητας-βάρους (*gravity differential separation*). Χημικές ουσίες, όπως π.χ. πολυμερή, χλωριούχος σίδηρος, και διαχωριστές οργανικών γαλακτωμάτων, σπάνε τα γαλακτώματα εξουδετερώνοντας τις απωθητικές δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων, με καταβύθιση ή εξαλάτωση των παραγόντων γαλακτωματοποίησης, ή μεταβάλλοντας την διεπιφανειακή μεμβράνη μεταξύ του ελαίου και του νερού κι έτσι είναι εύκολος ο διαχωρισμός. Ενεργά κατιόντα όπως, π.χ., το $H^{+(+1)}$, $Al_{(3)}$, $Fe_{(3)}$, και κατιονικά πολυμερή, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε στον διαχωρισμό αραιών ο-w γαλακτωμάτων.

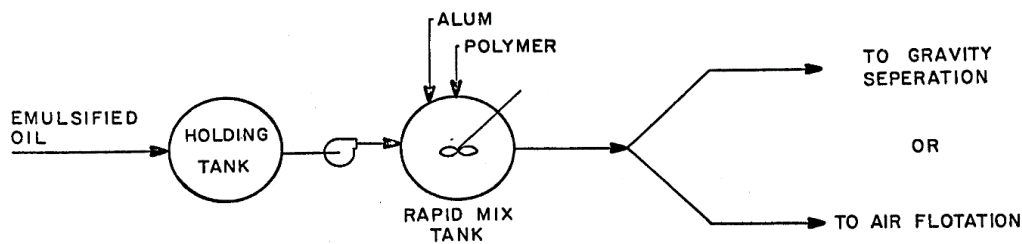
Μόλις η διεπιφανειακή μεμβράνη σπάσει, τα μικρά σταγονίδια ελαίου συσσωματώνονται και επιπλέουν στην επιφάνεια. Διάφοροι τύποι χημικών διαχωριστών χρησιμοποιούνται για τους διάφορους τύπους ελαίων. Εάν απαιτούνται περισσότερες από μία χημικές ουσίες, η αλληλουχία της προσθήκης των ουσιών αυτών μπορεί κάνει μεγάλη διαφορά στην αποδοτικότητα του διαχωρισμού. Το pH παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην διάσπαση του γαλακτώματος, ιδιαίτερα αν κατιονικά ανόργανα χημικά, χρησιμοποιούνται σαν θρομβωτικά (*coagulants*).

Ένα χαμηλό pH της τάξεως του 2 με 4 διατηρεί το ιόν αλουμινίου σε θετική κατάσταση όπου μπορεί να λειτουργήσει πιο αποτελεσματικά για να ξεκινήσει εξουδετέρωση. Όταν κάποια ποσότητα του λαδιού έχει διαχωριστεί, αυξάνοντας το pH σε τιμές 6 με 8, με την βοήθεια του ασβέστη (*lime*) προκαλεί το αλουμίνιο να υδρολυθεί και να καθιζάνει (*to hydrolyze and precipitate*) ως υδροξείδιο του αργιλίου. Αυτή η συνάθροιση (*floc*) παγιδεύει ή απορροφά αποσταθεροποιημένες σταγόνες ελαίου το οποίο μπορεί στη συνέχεια να διαχωριστεί από την υδατική φάση. Τα κατιονικά πολυμερή μπορεί να σπάσουν γαλακτώματα σε μία ευρύτερη περιοχή του pH. Ωστόσο, ένα ανόργανο κροκιδωτικό μέσο απαιτείται, συνήθως, για να συμπληρώσει τις προσροφητικές ιδιότητες του πολυμερούς κοκκιδωτήτου γαλακτώματος.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η ανάμιξη είναι σημαντική στη διάσπαση ο-

ωγαλακτωμάτων. Η σωστή χημική τροφοδοσία και διασπορά είναι απαραίτητη για ουσιαστικά αποτελέσματα. Η ανάμιξη προκαλεί, επίσης, συγκρούσεις οι οποίες βοηθούν να σπάσει το γαλακτώμα, και στη συνέχεια να συσσωματωθούν τα σταγονίδια. Σε όλα τα γαλακτώματα, ο συνδυασμός των δύο μη αναμίξιμων υγρών έχει μια συγκεκριμένη βαρύτητα, η οποία προσεγγίζει αυτή του νερού. Η θέρμανση χαμηλώνει το ιξώδες και αυξάνει την φαινομενικά ειδική απόκλιση βάρους μεταξύ ελαίου και νερού. Επιπλέον, η θέρμανση, που προαναφέρθηκε, αυξάνει τη συχνότητα συγκρούσεων των σταγονιδίων, η οποία βοηθά στη θραύση της ενδοεπιφανειακής μεμβράνης.

Μόλις το γαλακτώμα αποσταθεροποιηθεί, η διαφορά στην πυκνότητα επιτρέπει στο λάδι να επιπλέει στην επιφάνεια του νερού. Στερεά σχηματίζουν συνήθως ένα στρώμα μεταξύ του ελαίου και του νερού, δεδομένου ότι κάποια ποσότητα λαδιού διατηρείται στα στερεά. Όσο περισσότερος είναι ο χρόνος παραμονής στη δεξαμενή, τόσο πιο πλήρης και διακριτός γίνεται ο διαχωρισμός μεταξύ του ελαίου, στερεού και νερού. Συχνά, άλλες μέθοδοι διαφορικής βαρύτητας διαχωρισμού, όπως ο αέρας επίπλευσης, ή ο περιστροφικός διαχωρισμός (π.χ. φυγοκέντρωση) χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της ταχύτητας της διεργασίας. Ένα σχηματικό διάγραμμα ροής ενός τύπου εφαρμογής φαίνεται στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.9: Διάγραμμα ροής χημικής διάσπασης γαλακτώματος(9)

Ο κυριότερος εξοπλισμός που απαιτείται για τη χημική διάσπαση του γαλακτώματος περιλαμβάνει: θαλάμους αντίδρασης με αναδευτήρες, δεξαμενές

αποθήκευσης χημικών,χημικά συστήματα τροφοδοσίας, αντλίες και σωληνώσεις.Συντήρηση απαιτείται στις αντλίες, στους κινητήρες, και στις βαλβίδες,κι επιπλέον, πρέπει να συντελείται περιοδικός καθαρισμός της δεξαμενής επεξεργασίας για να απομακρύνονται τυχόν συσσωρευμένα στερεά. Η χρήση ενέργειας περιορίζεται σε αναμεικτήρες και αντλίες.Η ποσότητα του επιφανειακού λαδιού και της ελαιώδους λάσπης που παράγεται συνήθως μεταφέρεται μακριά από ένα αδειοδοτημένο ανάδοχο. Εάν το ανακτηθέν έλαιο έχει επαρκώς χαμηλό ποσοστό νερού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο ή για μεταποίηση και επαναχρησιμοποίηση.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των χημικών ουσιών για τη διάσπαση ο-w των γαλακτώματων είναι η υψηλή αποτελεσματικότητα και η δυνατότητα ανάκτησης των ελαιωδών αποβλήτων.Τα μειονεκτήματα είναι τα προβλήματα στη διάβρωση ,εξειδικευμένες απαιτήσεις για την επεξεργασία , χημικές λάσπες που παράγονται, και η κακή σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας για χαμηλές συγκεντρώσεις πετρελαίου.

Πολλά εργοστάσια στην κατηγορία μορφοποίησης αλουμινίου προς το παρόν διασπούν τα γαλακτώματα με χημικά. Κάποια εργοστάσια διαλύουν το παραγόμενο πετρέλαιο από την διάσπαση των γαλακτώματων με χημικά.Ένα εργοστάσιο διαλύει λάδια έλασης και διαλύτες απολίπανσης.Ένα άλλο εργοστάσιο χρησιμοποιεί για την διάσπαση του γαλακτώματος χημικά,ψύξη του νερού και μειώνει τη θερμική επεξεργασία εξώθησης.

Αυτό το είδος της επεξεργασίας έχει αποδειχθεί ότι είναι αξιόπιστο και θεωρείται τελευταίας τεχνολογίας για το αλουμίνιο σχηματίζοντας γαλακτωματοποιημένα ελαιώδη υγρά απόβλητα.

3.2.8 Επίπλευση (flotation)

Επίπλευση είναι η διαδικασία που προκαλεί σωματίδια όπως τα υδροξείδια των μετάλλων ή το λάδι να επιπλέουν στην επιφάνεια μιας δεξαμενής όπου μπορούν να συγκεντρωθούν και να αφαιρεθούν. Αυτό επιτυγχάνεται με την απελευθέρωση φυσαλίδων αερίου που προσκολλούνται στα στερεά σωματίδια αυξάνοντας έτσι την ικανότητα επίπλευσης τους ,δηλ. προκαλώντας τα να επιπλέουν.Αυτή η διαδικασία είναι το αντίθετο της καθίζησης.Τα Σχήματα 3.10α, 3,10β, 3.10γ δείχνουν 3 τύπους συστημάτων επίπλευσης.

Η επίπλευση χρησιμοποιείται κυρίως στη διαδικασία των ρευμάτων των υγρών αποβλήτων,που μεταφέρει μεγάλα φορτία λεπτο διαμερισμένων αιωρούμενων στερεών ή λαδιού.Τα στερεά που έχουν ειδικό βάρος, ελάχιστα μεγαλύτερο από 10 θα απαιτούσαν υπερβολικά μεγάλους χρόνους καθιζήσεως,

είναι δυνατόν να απομακρυνθούν σε πολύ λιγότερο χρόνο μέσω της επίπλευσης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους όπως: με αφρολέξ, με διασκορπισμένο αέρα, με διαλυμένο αέρα, τη βαρύτητα, και επίπλευση σε κενό αέρος είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνικές. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται διάφορα χημικά πρόσθετα για την ενίσχυση της απόδοσης της διαδικασίας επίπλευσης.

Η κύρια διαφορά μεταξύ των τύπων επίπλευσης είναι η μέθοδος της δημιουργίας των φυσαλίδων αερίου σε ένα εναιώρημα νερού και μικρών σωματιδίων. Χημικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας με οποιαδήποτε από τις βασικές μεθόδους. Ακολούθως περιγράφονται οι διαφορετικές τεχνικές επίπλευσης και οι μέθοδοι της δημιουργίας φυσαλίδας για κάθε διαδικασία.

3.2.8.1 Επίπλευση αφρού

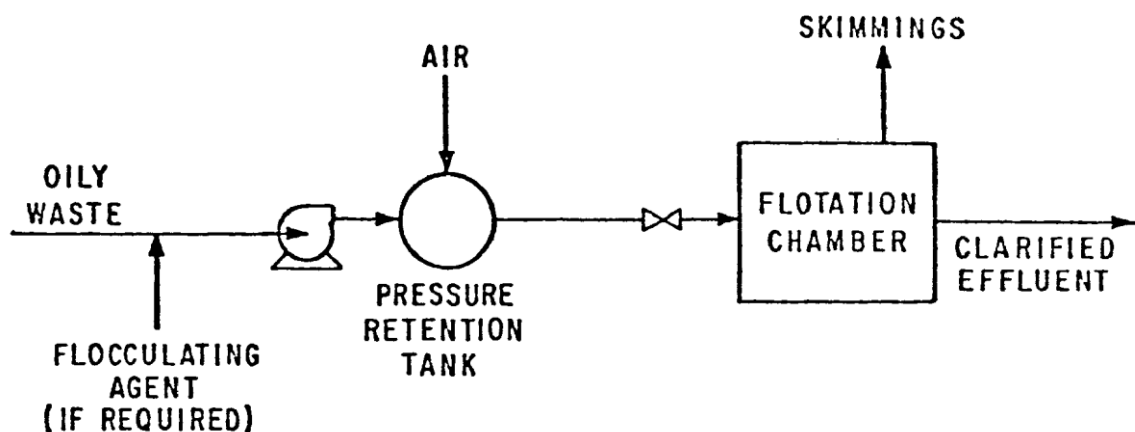
Η επίπλευση αφρού βασίζεται σε διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των διαφόρων σωματιδίων. Η διαβρεκτικότητα και οι επιφανειακές ιδιότητες επηρεάζουν την ικανότητα των σωματιδίων να προσκολλώνται σε φυσαλίδες αερίου σε ένα υδατικό μέσο. Στην επίπλευση αφρού, αέρας διοχετεύεται μέσω του διαλύματος που περιέχει αντιδραστήρια επίπλευσης. Τα σωματίδια με αδιάβροχες επιφάνειες προσκολλώνται σε φυσαλίδες αέρα, και ανεβαίνουν προς στην επιφάνεια. Ένα άμορφο στρώμα αφρού σχηματίζεται, με μεταλλικά σωματίδια που συνδέονται με φυσαλίδες αέρα. Σωματίδια άλλων μεταλλικών στοιχείων διαβρέχονται από νερό για να μην κολλήσουν οι φυσαλίδες αέρα και παραμένουν σε αιωρήματα.

3.2.8.2 Επίπλευση με διασκορπισμένο αέρα

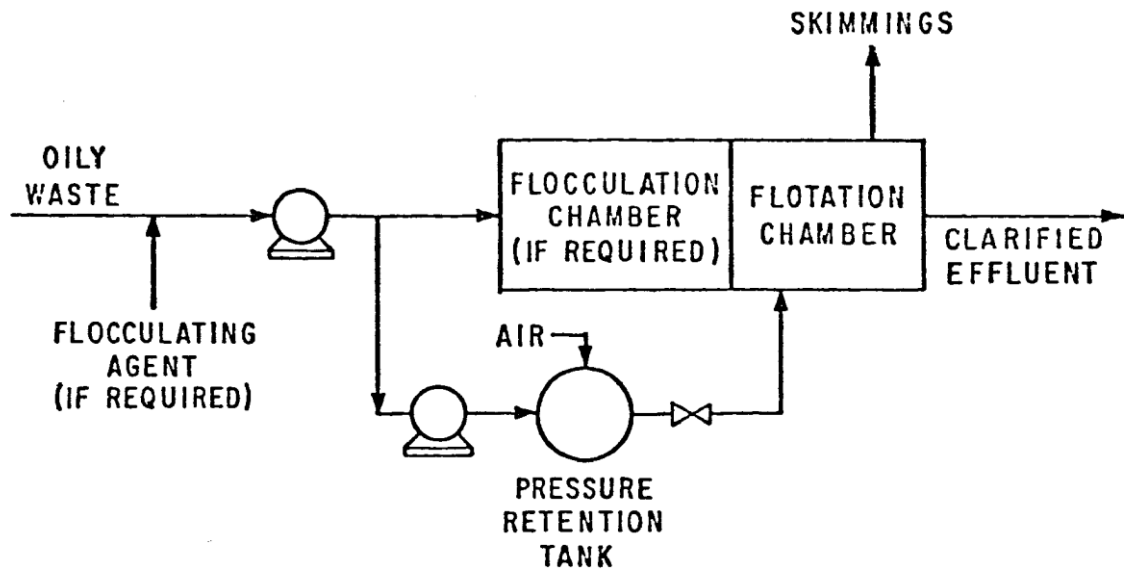
Στην επίπλευση με διασκορπισμένο αέρα, οι φυσαλίδες αερίου παράγονται με την εισαγωγή του αέρα με την μέθοδο της ανάδευσης με πτερωτές ή σπρώχνοντας τον αέρα μέσω πορωδών μέσων. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως στη μεταλλουργική βιομηχανία.

3.2.8.3 Επίπλευση με διαλυμένο αέρα

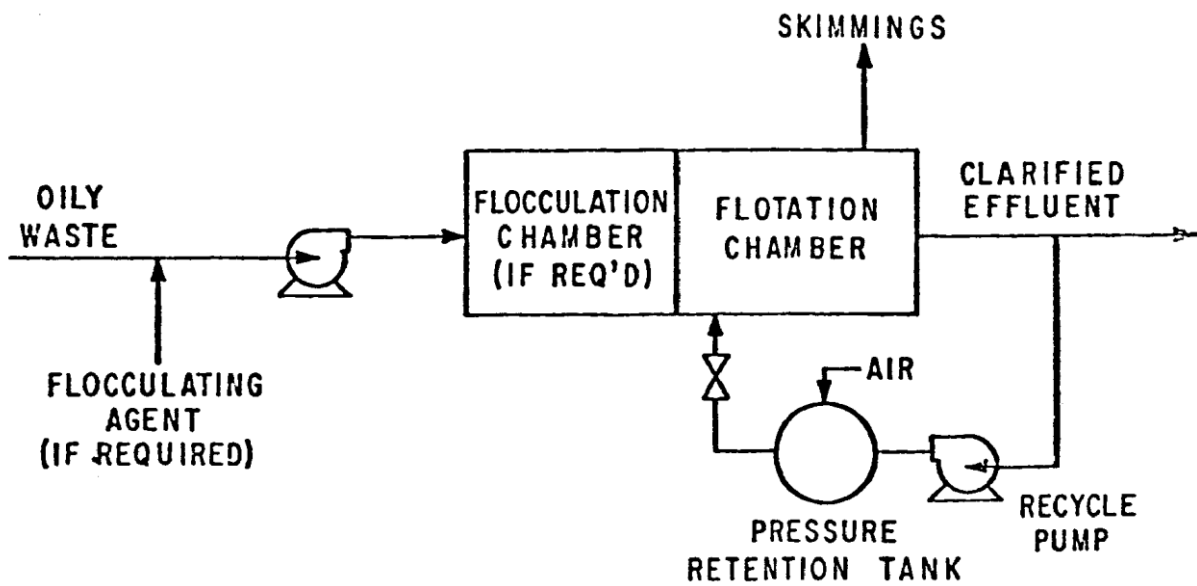
Στην επίπλευση με διαλυμένο αέρα, οι φυσαλίδες παράγονται απελευθερώνοντας αέρα από ένα υπερκορεσμένο διάλυμα κάτω από σχετικά υψηλή πίεση. Υπάρχουν δύο τύποι επαφών μεταξύ των φυσαλίδων αερίου και των σωματιδίων. Ο πρώτος τύπος και ο πιο συνηθής στην επίπλευση των κροκιδωμένων υλικών, περιλαμβάνει την παγίδευση των ανερχόμενων φυσαλίδων αερίου στα κροκιδωμένα σωματίδια καθώς αυξάνουν σε μέγεθος. Ο δεύτερος τύπος είναι μία επαφή πρόσφυσης. Η πρόσφυση είναι αποτέλεσμα των διαμοριακών έλξεων που ασκούνται στις επιφάνειες μεταξύ του στερεού σωματιδίου και αέριων φυσαλίδων.



Σχήμα 3.10α: Ροή με πλήρη διήθηση(9)



Σχήμα 3.10β: Ροή μέρος της οποίας καταλήγει σε διήθηση(9)



Σχήμα 3.10γ: Η ροή ανατροφοδότησης υπόκειται σε διήθηση πριν την λεκάνη επίπλευσης(9)

3.2.8.4 *Επίπλευση σε κενό αέρος*

Αυτή η διαδικασία συνίσταται από τον κορεσμό των λυμάτων με αέρα είτε απευθείας σε μια δεξαμενή αερισμού, ή επιτρέποντας στον αέρα να εισέλθει στην αναρρόφηση της αντλίας λυμάτων. Εφαρμόζεται ένα μικρό κενό αέρος, το οποίο προκαλεί τον διαλυμένο αέρα να βγει από το διάλυμα ως μικροσκοπικές φυσαλίδες. Οι φυσαλίδες έρχονται σε επαφή με τα στερεά σωματίδια και ανεβαίνουν προς την επιφάνεια για να σχηματίσουν ένα στρώμα αφρού, το οποίο κανονικά απομακρύνεται με έναν μηχανισμό διαχωρισμού. Χαλίκια και άλλα βαριά στερεά που καθιζάνουν στον πυθμένα οδηγούνται συνήθως σε μια κεντρική αντλία λάσπης για να αφαιρεθούν. Μια τυπική μονάδα επίπλευσης κενού αέρος αποτελείται από μια καλυπτόμενη κυλινδρική δεξαμενή στην οποία ένα μερικό κενό αέρος διατηρείται. Η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με μηχανισμό για την απομάκρυνση της λάσπης. Το υλικό που επιπλέει σκουπίζεται από την περιφέρεια της δεξαμενής και αφαιρείται από την μονάδα μέσω αντλίας. Ο βοηθητικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μια δεξαμενή αερισμού για τον κορεσμό των λυμάτων με αέρα, μια δεξαμενή με ένα σύντομο χρόνο παραμονής των λυμάτων για την απομάκρυνση των μεγάλων φυσαλίδων, αντλίες κενού και ιλύος.

3.2.8.5 *Εφαρμογές και απόδοση*

Οι κύριες μεταβλητές στον σχεδιασμό της διαδικασίας επίπλευσης είναι η πίεση, η συγκέντρωση των στερεών σωματιδίων και η περίοδος της λειτουργίας (παραμονή των λυμάτων στο σύστημα). Αυξάνοντας τον χρόνο λειτουργίας τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια μειώνονται ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η συγκέντρωση των σωματιδίων που επιπλέουν. Όταν η διαδικασία της επίπλευσης χρησιμοποιείται για καθαρισμό λυμάτων (clarification), ο χρόνος συγκράτησης κυμαίνεται περίπου στα 30 λεπτά.

3.2.8.6 *Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί*

Η διαδικασία της επίπλευσης έχει το πλεονέκτημα ότι επιτυγχάνονται υψηλά επίπεδα διαχωρισμού των στερεών στις περισσότερες εφαρμογές. Είναι επίσης οι σχετικά χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, και η ευκολία με την οποία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις πολλών διαφορετικών τύπων. Περιορισμοί της επίπλευσης είναι ότι συχνά απαιτείται προσθήκη χημικών ουσιών για να

ενισχύσει την απόδοση της διαδικασίας και επίσης δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων.

3.2.8.7 *Λειτουργικοί παράγοντες*

Αξιοπιστία

Τα συστήματα επίπλευσης συνήθως είναι αρκετά αξιόπιστα όταν υφίστανται την κατάλληλη συντήρηση ο συλλέκτης λάσπης, ο μηχανισμός, οι κινητήρες και αντλίες που χρησιμοποιούνται για τον αερισμό.

Συντήρηση

Τακτική συντήρηση απαιτείται στις αντλίες και στους κινητήρες. Ο μηχανισμός συλλογής λάσπης υπόκειται σε πιθανή διάβρωση ή ρήξη και μπορεί να απαιτείται αντικατάσταση.

Χημικές ουσίες χρησιμοποιούνται συνήθως για να βοηθήσουν στην επίπλευση δημιουργώντας μια επιφάνεια που μπορεί εύκολα να απορροφήσει ή εγκλωβίσει φυσαλίδες αέρα. Τα προστιθέμενα χημικά μαζί τα σωματίδια στο διάλυμα συνδυάζονται για να σχηματίσουν έναν μεγάλο όγκος λάσπης που πρέπει να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία.

3.2.9 Προσρόφηση σε άνθρακα (Carbon adsorption)

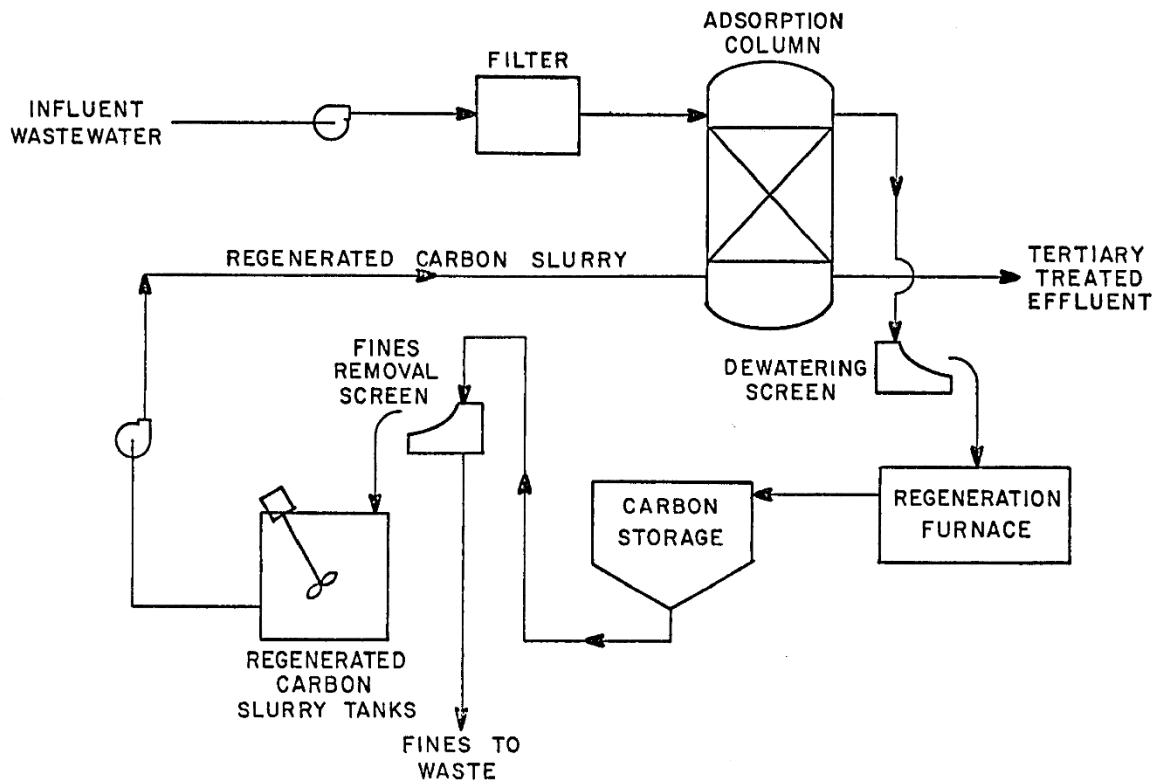
Η χρήση ενεργού άνθρακα για να την απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ενώσεων από το νερό και από τα λύματα έχει αποδειχθεί με τα χρόνια μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος απομάκρυνσης. Αυτή η διαδικασία απορρόφησης είναι αναστρέψιμη, επιτρέποντας στον ενεργό άνθρακα να ανακτηθεί για επαναχρησιμοποίηση με την εφαρμογή θερμότητας και ατμού ή διαλύτη. Ο ενεργός άνθρακας έχει επίσης αποδειχθεί ότι είναι ένας αποτελεσματικός προσροφητής για πολλά τοξικά μέταλλα, συμπεριλαμβανομένου του υδραργύρου. Η ανάκτηση του άνθρακα ο οποίος έχει απορροφήσει σημαντικά μέταλλα, ωστόσο, μπορεί να είναι δύσκολη.

Ο όρος ενεργός άνθρακας ισχύει για οποιοδήποτε άμορφη μορφή άνθρακα, που έχει υποστεί ειδική επεξεργασία για να αποκτήσει υψηλές ικανότητες προσρόφησης. Τυπικές πρώτες ύλες περιλαμβάνουν άνθρακα, ξύλο, πετρέλαιο και κάρβουνο από την πυρόλυση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων-λυματολάσπης. Μία προσεκτικά ελεγχόμενη διαδικασία αφυδάτωσης,

ανθρακοποίησης και οξείδωσης δίδει ένα προϊόν το οποίο ονομάζεται ενεργός άνθρακας. Αυτό το υλικό έχει μια υψηλή ικανότητα για προσρόφηση η οποία οφείλεται κυρίως στην μεγάλη περιοχή της επιφάνειας που είναι διαθέσιμη για προσρόφηση, περίπου 500-1500 m² / gm (ειδική επιφάνεια) που προκύπτει από ένα μεγάλο αριθμό των εσωτερικών πόρων. Τα μεγέθη του πόρου γενικά κυμαίνονται από 10-100 angstroms σε ακτίνα. Ο ενεργός άνθρακας απομακρύνει τους ρυπαντές από το νερό με τη μέθοδο της απορρόφησης ή με έλξη και με συσσώρευση της μιας ουσίας στην επιφάνεια της άλλης. Ο ενεργός άνθρακας απορροφά κατά προτίμηση οργανικές ενώσεις και, λόγω αυτής της επιλεκτικότητας, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην απομάκρυνση οργανικών ενώσεων από υδατικά διαλύματα.

Η τεχνολογία απορρύπανσης με απορρόφηση άνθρακα απαιτεί προεπεξεργασία για την απομάκρυνση των περισσευόμενων αιωρούμενων στερεών. Τα αιωρούμενα στερεά στην είσοδο θα πρέπει να έχουν μάζα μικρότερη από 50 mg / l για την ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων αντίστροφης έκπλυσης. Μια κλίνη άνθρακα στο τέλος της ροής μπορεί να χειριστεί πολύ υψηλότερα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων (μέχρι 2000 mg / l), αλλά απαιτεί καθαρισμό περισσότερες φορές. Η χρήση της αντίστροφης έκπλυσης, δηλαδή η αντιστροφή της ροής, περισσότερο από δύο ή τρεις φορές την ημέρα δεν είναι επιθυμητό. Στα 50 mg/l αιωρούμενα στερεά μια αντίστροφη έκπλυση θα είναι αρκετή. Το πετρέλαιο και τα λίπη θα πρέπει να είναι μικρότερα από περίπου 10 mg/l. Υψηλές τιμές του διαλυμένου ανόργανου υλικού στο εισροή μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με την επανενεργοποίηση του άνθρακα, εκτός εάν έχουν ληφθεί τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα. Τέτοια μπορεί να περιλαμβάνουν τον έλεγχο του pH ή τη χρήση ενός οξέος πλύσης του άνθρακα πριν από την επανενεργοποίηση.

Ο ενεργός άνθρακας είναι διαθέσιμος σε σκόνη ή σε κοκκώδη μορφή. Ένα διάγραμμα ροής της κατεργασίας και αναγέννησης του ενεργού άνθρακα φαίνεται στο Σχήμα 3.11. Ο κονιοποιημένος άνθρακας είναι λιγότερο ακριβός ανά μονάδα βάρους και μπορεί να έχει ελαφρώς υψηλότερη χωρητικότητα απορρόφησης.



Σχήμα 3.11: Διάγραμμα ροής της κατεργασίας και αναγέννησης (regeneration) του ενεργού άνθρακα (9)

3.2.9.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η προσρόφηση σε άνθρακα χρησιμοποιείται για την αφαίρεση υδραργύρου από τα λύματα. Ο ρυθμός απομάκρυνσης επηρεάζεται από το επίπεδο του υδραργύρου στο εισρέον υγρό στη μονάδα προσρόφησης. Τα επίπεδα αφαίρεσης που βρέθηκαν σε τρεις εγκαταστάσεις παραγωγής φαίνονται στο παρακάτω Πίνακα 3.10:

Πίνακας 3.10: Επίπεδα αφαίρεσης υδραργύρου

Plant	Mercury Levels	
	In (mg/l)	Out (mg/l)
A	2.57	0.024
B	0.14	0.09
C	0.46	0.14

Στο σύνολο αυτά τα δεδομένα δείχνουν ότι πολύ χαμηλά επίπεδα εκροής θα μπορούσαν να επιτευχθούν σε οποιαδήποτε ακατέργαστα απόβλητα με την χρήση πολλαπλών σταδίων προσρόφησης. Αυτό είναι χαρακτηριστικό των διεργασιών προσρόφησης.

Ισοθερμικές δοκιμές έχουν δείξει ότι ο ενεργός άνθρακας είναι πολύ αποτελεσματικός στην απορρόφηση 65% των υψηλής προτεραιότητας οργανικών ρύπων και είναι αρκετά αποτελεσματικός για ένα άλλο 22%. Συγκεκριμένα, για τους οργανικούς ρύπους ειδικού ενδιαφέροντος, ο ενεργός άνθρακας είναι πολύ αποτελεσματικός στην αφαίρεση 2,4-διμεθυλοφαινόλης, φθορανθενίου, ισοφερόνης, ναφθαλίνης, όλων των φθαλικών ενώσεων, και φαινανθρενίου. Ήταν αρκετά αποτελεσματικός στην απομάκρυνση 1, 1, 1-τριχλωροαιθανίου, 1, 1-διχλωροαιθανίου, φαινόλης και τολουολίου.

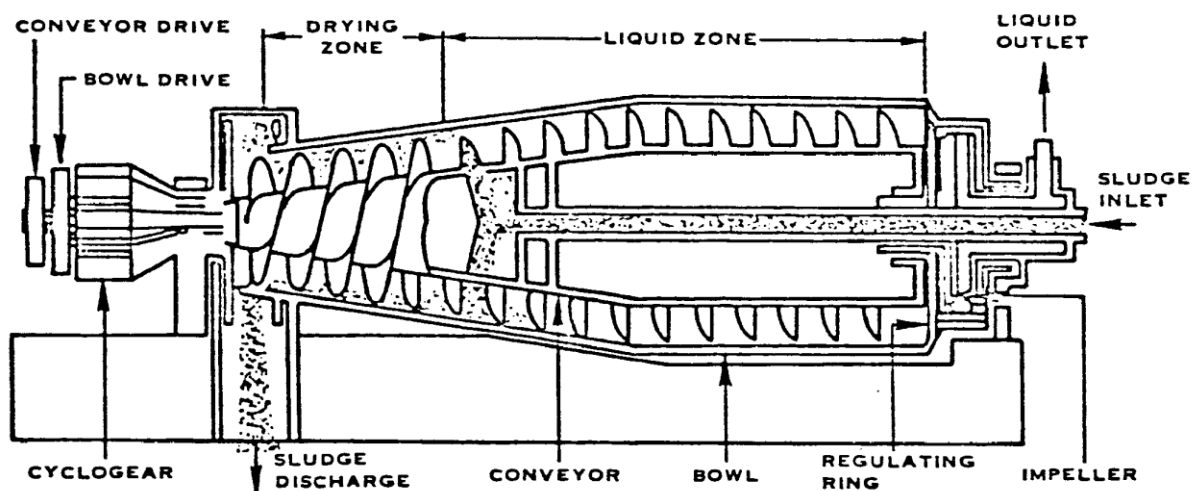
3.2.9.2 *Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί*

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα της κατεργασίας με άνθρακα είναι το μεγάλο εύρος εφαρμοσιμότητας σε μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ουσιών και τα υψηλά επίπεδα αφαίρεσης τους. Ανόργανες ουσίες όπως το κυάνιο, το χρώμιο, και ο υδράργυρος αφαιρούνται επίσης αποτελεσματικά. Διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση και στον ρυθμό της ροής διαχειρίζονται εύκολα. Το σύστημα είναι συμπαγές, και η ανάκτηση των προσροφημένων υλικών είναι μερικές φορές εύκολη. Ωστόσο, η καταστροφή των προσροφημένων ενώσεων εμφανίζεται συχνά κατά τη διάρκεια της θερμικής αναγέννησης- ανάκτησης. Εάν ο άνθρακας δεν μπορεί να εκροφάται θερμικά, θα πρέπει να απορρίπτεται μαζί με τους ρύπους. Οι δαπάνες λειτουργίας της θερμικής αναγέννησης είναι σχετικά υψηλές. Έρευνες κόστους δείχνουν ότι η θερμική αναγέννηση αποτελεί οικονομική λύση μόνον όταν η χρήση του άνθρακα υπερβαίνει περίπου 1.000lb /ημέρα. Ο άνθρακας δεν μπορεί να αφαιρέσει οργανικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους ή πολύ διαλυτές στο νερό.

Τα συστήματα απορρόφησης με άνθρακα έχει αποδειχθεί ότι είναι πρακτικά όσο και οικονομικά στην μείωση των COD, BOD και γενικά σε παρόμοιες παραμέτρους στα δευτεροβάθμια αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, στην απομάκρυνση τοξικών οργανικών ουσιών από βιομηχανικά απόβλητα, στην αφαίρεση και την ανάκτηση ορισμένων οργανικών ουσιών από τα υγρά απόβλητα.

3.2.10 Απομάκρυνση ρύπων με φυγοκέντριση

Η φυγοκέντριση είναι η εφαρμογή φυγόκεντρης δύναμης για το διαχωρισμό στερεών και υγρών σε ένα μίγμα υγρού-στερεού. Η εφαρμογή της φυγόκεντρης δύναμης είναι αποτελεσματική, λόγω της διαφοράς πυκνότητας που συνήθως συναντάμε μεταξύ των αδιάλυτων στερεών και του υγρού στο οποίο περιέχονται. Ως διαδικασία επεξεργασίας αποβλήτων, η φυγοκέντρωση εφαρμόζεται για να στραγγιστεί η λάσπη. Ένας τύπος φυγοκέντρωσης φαίνεται στο Σχήμα 3.12. Υπάρχουν τρεις κοινοί τύποι μηχανών φυγοκέντρωσης: ο δίσκος, το καλάθι και ο τύπος μεταφοράς. Και οι τρεις λειτουργούν με βάση την αφαίρεση των στερεών μέσω της επίδρασης της φυγόκεντρης δύναμης. Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των τριών τύπων είναι η μέθοδος με την οποία τα στερεά συλλέγονται και αποβάλλονται από την λεκάνη.



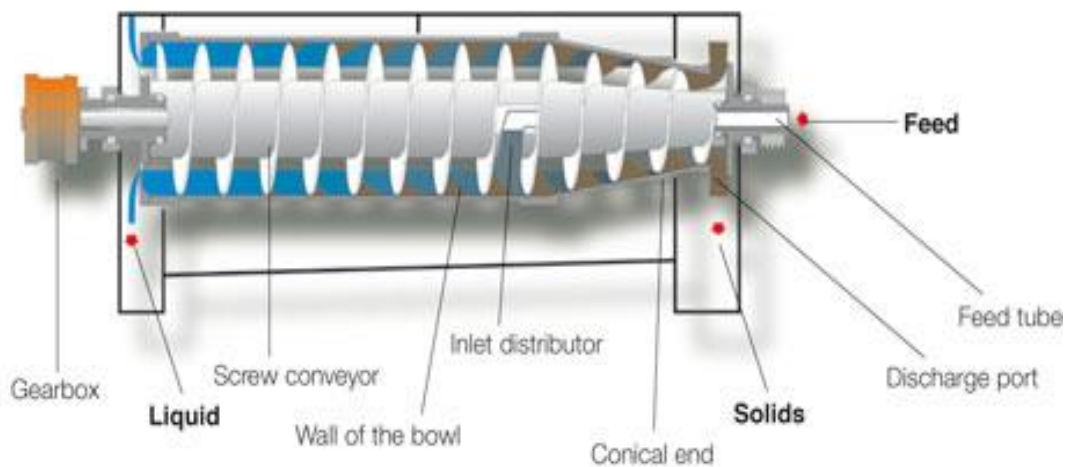
Σχήμα 3.12: Μηχανή φυγοκέντρωσης

Στην φυγοκεντρική τύπου “ δίσκου “, η τροφοδοσία λάσπης κατανέμεται μεταξύ στενών καναλιών που ουσιαστικά είναι χώροι μεταξύ των στοιβαγμένων κωνικών δίσκων. Τα αιωρούμενα σωματίδια συλλέγονται και απορρίπτονται στην συνέχεια μέσω μικρών στομιών στο τοίχωμα της λεκάνης. Το καθαρό απόβλητο απορρίπτεται μέσω ενός υπερχειλιστή.

Ο δεύτερος τύπος φυγοκέντρωσης, ο οποίος είναι χρήσιμος για την απομάκρυνση νερού από την λάσπη είναι το καλάθι φυγοκέντρωσης. Σε αυτόν τον τύπο φυγοκέντρωσης, η λάσπη εισάγεται στο κάτω μέρος του καλάθιου, και τα στερεά συλλέγονται στον τοίχο της λεκάνης, ενώ τα λύματα ξεχειλίζουν έξω από το καλάθι κατά την περιστροφή. Το αρνητικό είναι ότι για να συλλεχθούν τα στερεά που έχουν μαζευτεί στο πάτο του καλάθιου θα πρέπει να διακοπεί η

λειτουργία για λίγο.

Ο τρίτος τύπος φυγοκέντρισης, ο οποίος συνήθως χρησιμοποιείται για το στράγγισμα της λάσπης, είναι ο τύπος μεταφορέα – conveyor. Η λάσπη τροφοδοτείται μέσω ενός σταθερού σωλήνα στην περιστρεφόμενη λεκάνη. Λόγω της φυγόκεντρου δύναμης, τα στερεά κατευθύνονται στην λεκάνη, έξω από τον περιστροφέα και από εκεί με σωλήνα όπου εναποτίθενται. Το υγρό χωρίς τα στερεά, αφού περάσει τον περιστροφέα, φτάνει στο τέλος της λεκάνης όπου κι αυτό βγαίνει από ειδικά διαμορφωμένη έξοδο. Παρακάτω στο Σχήμα 3.13 βλέπουμε έναν τέτοιο τύπο φυγοκεντρικής μονάδας.



Σχήμα 3.13: Μονάδα φυγοκέντρισης τύπου conveyor

3.2.10.1 Εφαρμογές και απόδοση

Σχεδόν όλα τα συστήματα επεξεργασίας βιομηχανικών αποβλήτων που παράγουν ιλύ (λάσπη) μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη φυγοκέντριση για να αφυδάτωση αυτής. Η φυγοκέντριση χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή από ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Η απόδοση της αφυδάτωσης της λάσπης με φυγοκέντριση εξαρτάται από το ρυθμό τροφοδοσίας της λάσπης, την ταχύτητα περιστροφής, τη σύνθεση της ιλύος και τη συγκέντρωση της. Υποθέτοντας ότι υπάρχει κατάλληλη σχεδίαση και λειτουργία, η περιεκτικότητα σε στερεά της ιλύος μπορεί να αυξηθεί σε 20-35%.

3.2.10.2 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Οι μηχανές φυγοκέντρισης για την αφυδάτωση της ιλύος έχουν ελάχιστες απαιτήσεις όσον αφορά τον χώρο που καταλαμβάνουν και επίσης παρουσιάζουν υψηλό βαθμό καθαρότητας κατά την έξοδο της λάσπης. Η λειτουργία είναι απλή, καθαρή, και σχετικά φθηνή. Η περιοχή που απαιτείται για μια εγκατάσταση ενός συστήματος φυγοκέντρισης είναι μικρότερη από αυτή που απαιτείται για ένα σύστημα φίλτρου ή ενός συστήματος ξήρανσης λάσπης ίσης χωρητικότητας, καθώς και το αρχικό κόστος είναι χαμηλότερο. Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην παροχή ανθεκτικών θεμελίων - δηλαδή κατασκευής της βάσης και στην ηχομόνωση, λόγω των κραδασμών και του θορύβου που προκύπτουν από τη λειτουργία της φυγοκέντρισης. Πρέπει επίσης να παρέχεται επαρκής ηλεκτρική ενέργεια δεδομένου ότι απαιτούνται μεγάλοι κινητήρες. Η κύρια δυσκολία που αντιμετωπίζεται κατά τη λειτουργία φυγοκεντρικών μηχανών υπάρχει στην διάθεση του συμπυκνώματος λάσπης το οποίο έχει πολλά αιωρούμενα στερεά.

3.2.10.3 Λειτουργικοί παράγοντες

Αξιοπιστία

Η διαδικασία της φυγοκέντρισης, με κατάλληλο έλεγχο παραγόντων όπως η εισαγωγή της ιλύος, η συνέπεια της διαδικασίας και τέλος η θερμοκρασία, μπορεί να γίνει μ πολύ αξιόπιστη. Ανάλογα με τη σύνθεση της ιλύος και το είδος της φυγοκέντρισης που χρησιμοποιείται, μπορεί να χρειαστεί κάποιο είδος προεπεξεργασίας όπως πχ. αφαίρεση χαλικιού (gritremoval).

Συντήρηση

Συντήρηση περιοδικά περιλαμβάνει την λίπανση, τον καθαρισμό και την επιθεώρηση. Η συχνότητα και ο βαθμός ελέγχου που απαιτείται ποικίλλει ανάλογα με το είδος της λάσπης που αφυδατώνεται και τις συνθήκες συντήρησης. Οι φυγοκεντρικές μηχανές που δεν είναι εξοπλισμένες με ένα σύστημα συνεχούς εκκένωσης λάσπης απαιτούν περιοδικές διακοπές λειτουργίας για την αφαίρεση του στρώματος λάσπης που έχει μαζευτεί. Η αποξηραμένη λάσπη μετά την διαδικασία της φυγοκέντρισης μπορεί να μεταφερθεί και να ταφεί σε χώρους υγειονομικής ταφής. Εάν στα λύματα υπάρχουν διαλυμένα ή αιωρούμενα στερεά είναι πιθανόν να χρειαστεί περαιτέρω επεξεργασία πριν από την απόρριψη τους.

3.2.11 Απομάκρυνση κυανίου Cn^- με καθίζηση

Μια μέθοδος επεξεργασίας του κυανίου, όταν αυτό βρίσκεται σε υγρά απόβλητα, είναι η κατακρήμνιση (*precipitation*). Στην προκειμένη περίπτωση όμως δεν έχει αποτέλεσμα καθώς το κυάνιο δεν καταστρέφεται, αλλά παραμένει στο ίζημα. Επίσης από μελέτες γνωρίζουμε πως αν εκτεθούν ενώσεις κυανίου στο φως του ηλίου, θα μετατραπούν σε ελεύθερο κυάνιο. Αυτός είναι και ο λόγος που για την παραπάνω επεξεργασία, η λάσπη πρέπει να διατίθεται με προσοχή.

Το κυάνιο μπορεί να κατακάτσει και να αφαιρεθεί από τα υγρά απόβλητα με την προσθήκη θεικού ψευδάργυρου ή θεικού σιδήρου. Ο σίδηρος κάνει το κυάνιο να δημιουργήσει σταθερές ενώσεις. Η προσθήκη του θεικού ψευδαργύρου ή θεικού σιδήρου σχηματίζει σιδηροκυανιούχο ψευδάργυρο ή κράματα σιδήρου και σιδηροκυανιούχες ενώσεις (σύμπλοκα).

Για την επαρκή απομάκρυνση του κυανίου απαιτείται το pH να βρίσκεται περίπου στο 9.0 και να υπάρχει ένας κατάλληλος χρόνος κατακρήμνισης. Ο σχηματισμός των συμπλόκων εξαρτάται άμεσα από την τιμή του pH. Εάν το pH βρίσκεται μεταξύ 8.0 και 10.0, τα υπολείμματα των συγκεντρώσεων του κυανίου είναι περίπου διπλάσια από όταν βρίσκεται στο 9.0. Η αποδοτικότητα της αφαίρεσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον χρόνο κατακρήμνισης. Ο σχηματισμός των συμπλόκων εξελίσσεται με αργό ρυθμό. Ανάλογα με την ποσότητα του θεικού ψευδαργύρου ή του θεικού σιδήρου που προστίθεται, χρειάζεται τουλάχιστον 30 λεπτά κατακρήμνισης μέχρι να σχηματιστεί το σύμπλοκο κυανίου.

Σε ένα πείραμα, κυάνιο με αρχική συγκέντρωση 10 mg/l έδειξε πως το 98% μετατράπηκε σε σύμπλοκο 10 λεπτά αφότου προστέθηκε η διπλάσια ποσότητα θεικού σιδήρου. Οι παρεμβολές από άλλα μεταλλικά ιόντα, όπως το κάδμιο, μπορούν να οδηγήσουν σε ανάγκη για μεγαλύτερους χρόνους κατακρήμνισης.

Πίνακας 3.11: Συγκέντρωση κυανίου σε απόβλητα εργοστασίου (9)

<i>Plant</i>	<i>Method</i>	<i>In (mg/l)</i>	<i>Out (mg/l)</i>
1	$FeSO_4$	2.57	0.024
		2.42	0.015
		3.28	0.032
2	$FeSO_4$	0.14	0.09
		0.16	0.09
3	$ZnSO_4$	0.46	0.14
		0.12	0.06
Mean			0.07

Οι συγκεντρώσεις (Πίνακας 3.11) είναι αυτές που εισέρχονται και εξέρχονται από το σύστημα επεξεργασίας. Ένα εργοστάσιο είχε χρόνο κατακρήμνισης 27 λεπτά για να σχηματιστούν τα σύμπλοκα. Τα στοιχεία μας δείχνουν ότι η συγκέντρωση του κυανίου στα απόβλητα κατά την εκροή μπορεί να μειωθεί στο 0.15 mg/l.

3.2.11.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η κατακρήμνιση κυανίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά, όταν η απομάκρυνση των κυανιούχων δεν είναι εφικτή λόγω της παρουσίας των συμπλόκων του, τα οποία είναι δύσκολο να καταστραφούν.

3.2.11.2 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί

Η κατακρήμνιση κυανίου είναι μια φθηνή μέθοδος. Ωστόσο, προβλήματα μπορεί να προκύψουν, όταν μεταλλικά ιόντα παρεμβαίνουν στο σχηματισμό των συμπλόκων.

3.2.12 Οξείδωση κυανίου με χλώριο

Η οξείδωση του κυανίου με χλώριο χρησιμοποιείται ευρέως στην κατεργασία βιομηχανικών αποβλήτων. Το χλώριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στην στοιχειώδη μορφή του είτε στην υποχλωριώδη. Η διαδικασία απεικονίζεται από την ακόλουθη χημική αντίδραση δύο σταδίων:



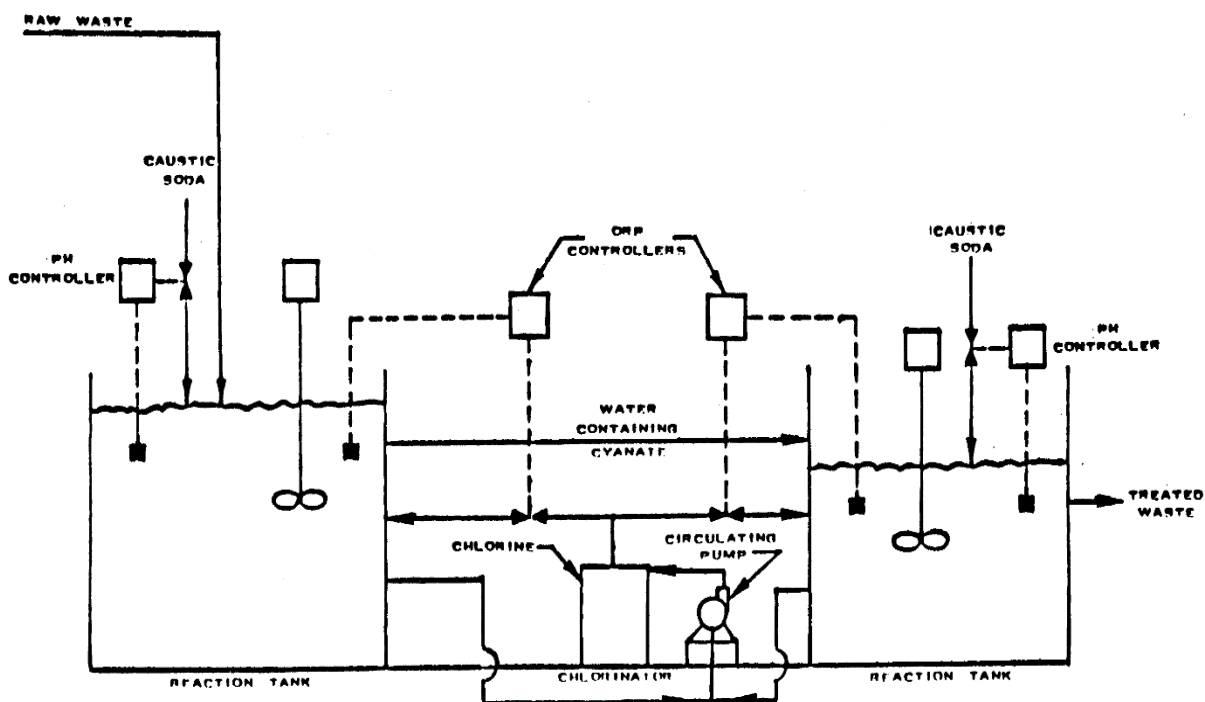
Η αντίδραση που παρουσιάζεται ως εξίσωση (2) για την οξείδωση του κυανίου είναι το τελικό βήμα για την οξείδωση του και φαίνεται στο Σχήμα 3.14.

Η διαδικασία της αλκαλικής χλωρίωσης οξειδώνει τα κυανιούχα

(cyanides) σε διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο. Ο εξοπλισμός συχνά αποτελείται από μία δεξαμενή εξισορρόπησης που ακολουθείται από δύο δεξαμενές αντίδρασης αν και η αντίδραση μπορεί να διεξαχθεί και σε μια δεξαμενή μόνο. Κάθε δεξαμενή έχει ένα ηλεκτρονικό καταγραφέα-ελεγκτή έτσι ώστε να διατηρεί τις απαιτούμενες προϋποθέσεις σε σχέση με το pH και τις δυνατότητες μείωσης του βαθμού οξειδωσης (*oxidation reduction potential* ή *ORP*).

Στην πρώτη δεξαμενή της αντίδρασης, οι συνθήκες προσαρμόζονται για να οξειδωθεί το κυάνιο σε κυανίδιο. Η ποσότητα του χλωρίου είναι τέτοια στη δεξαμενή αντίδρασης ώστε να διατηρηθεί η ORP στα 350 με 400 mV και 50% υδατική καυστική σόδα, προστίθεται για να διατηρηθεί το pH μεταξύ 9.5 έως 10. Στη δεύτερη δεξαμενή αντίδρασης οι συνθήκες διατηρούνται για την οξείδωση κυανίου σε διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο.

Τα επιθυμητά ORP και pH για την αντίδραση αυτή είναι αντίστοιχα 600 mV και 8,0. Κάθε μία από τις δεξαμενές αντίδρασης είναι εξοπλισμένη με έναν αναδευτήρα σε σχήμα προπέλας και έχουν σχεδιαστεί ώστε να παρέχουν περίπου ένα κύκλο εργασιών ανά λεπτό. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο δεξαμενών, μία για τη συλλογή του νερού σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, και μία δεξαμενή για την εξισορρόπηση συσσωρευμένων λυμάτων.



Σχήμα 3.14: Οξείδωση του κυανίου με χλώριο (9)

3.2.12.1 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Μερικά από τα πλεονεκτήματα, της οξείδωσης με χλώριο των βιομηχανικών αποβλήτων είναι η λειτουργία σε συνθήκες περιβάλλοντος, η επιλογή χειρισμού αυτομάτου ελέγχου και το σχετικά χαμηλό κόστος. Κάποια μειονεκτήματα είναι ο συνεχής έλεγχος του pH, οι πιθανές χημικές παρεμβολές σε μια κατεργασία μικτών αποβλήτων και ο πιθανός κίνδυνος κατά την αποθήκευση αέριου χλωρίου.

3.2.13 Οξείδωση Κυανίου με Όζον

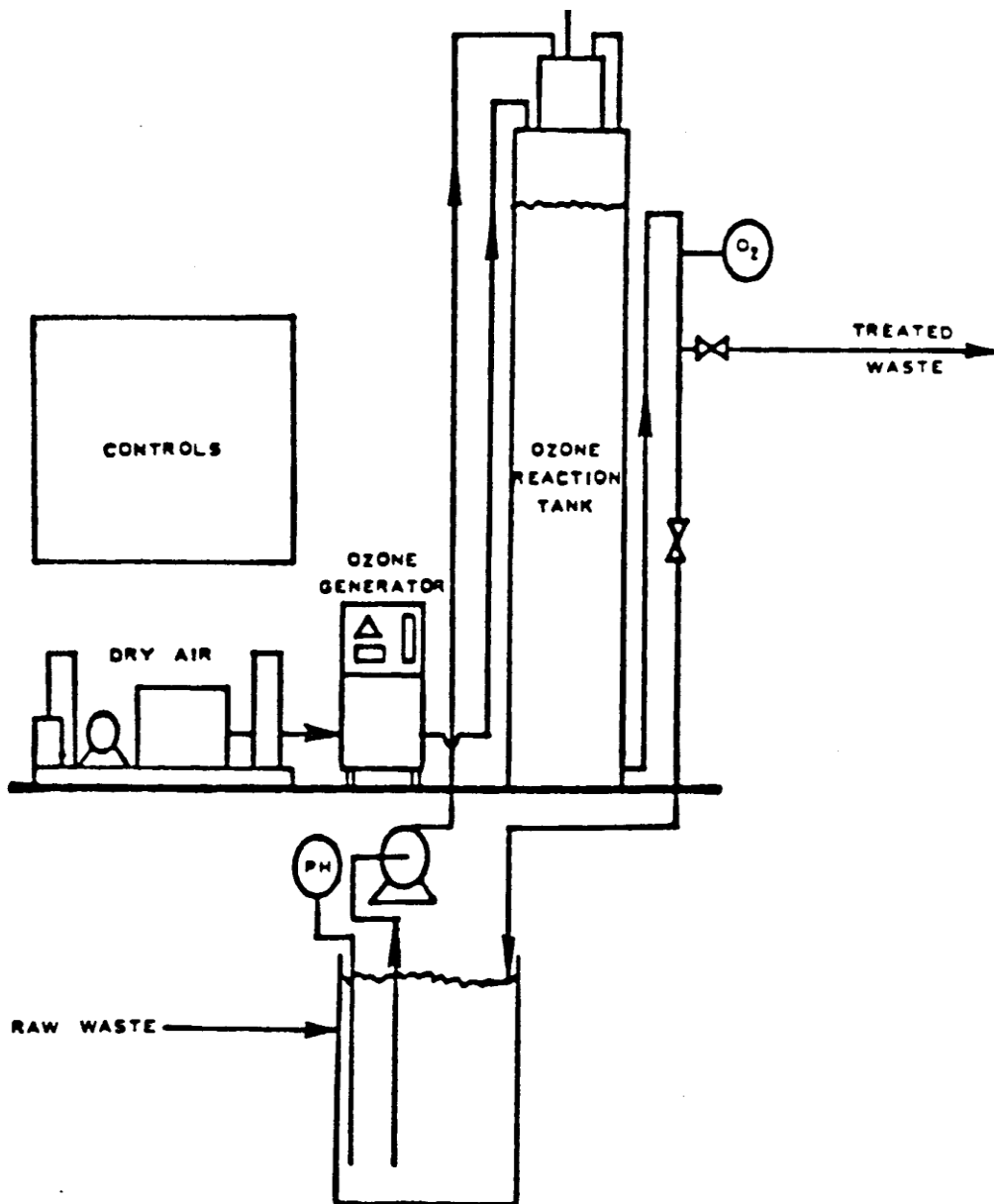
Το όζον είναι ένας ιδιαίτερα δραστικός οξειδωτικός παράγοντας ο οποίος είναι περίπου δέκα φορές περισσότερο διαλυτός από οξυγόνο σε νερό. Το όζον μπορεί να παραχθεί με διάφορες μεθόδους, αλλά προτιμάται η μέθοδος της ηλεκτρικής εκκένωσης κυριαρχεί. Η διαδικασία της ηλεκτρικής εκκένωσης παράγει όζον με το πέρασμα οξυγόνου ή αέρα μεταξύ 2 ηλεκτροδίων που διαχωρίζονται από ένα μονωτικό υλικό. Ένα πλήρες σύστημα οζονισμού απεικονίζεται στο Σχήμα 3.15.

3.2.13.1 Εφαρμογές και απόδοση

Ο οζονισμός χρησιμοποιείται εμπορικά για την οξείδωση κυανίου, φαινολικών παραγώγων και οργανομεταλλικών συμπλόκων. Η εφαρμογή του στην επεξεργασία των αποβλήτων είναι σχετικά νέα και βασίζεται στα πολύ καλά αποτελέσματα πειραματικών εργαστηριακών μελετών. Στην επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων χρησιμοποιείται κυρίως για την οξείδωση κυανίου προς κυανίδιοφαινόλων και αποχρωματισμό.

3.2.13.2 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Μερικά πλεονεκτήματα της οξείδωσης με όζον ως προς τον χειρισμό αποβλήτων είναι η καταλληλότητά του για αυτόματο έλεγχο και το γεγονός ότι τα προϊόντα της αντίδρασης δεν είναι χλωριωμένα οργανικά προϊόντα και ότι δεν προστίθενται διαλυμένα στερεά στη φάση της επεξεργασίας. Το όζον με την παρουσία ενεργού άνθρακα, μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του χρόνου της αντίδρασης και στη βελτίωση της διεργασίας, αλλά η διαδικασία προς το παρόν περιορίζεται από το υψηλό κόστος.



Σχήμα 3.15: Σύστημα οζονισμού για οξείδωση κυανίου (9)

3.2.14 Οξείδωση Κυανίου με Όζον και ακτινοβολία (cyanide oxidation by ozone with radiation)

Μία από τις τροποποιήσεις της μεθόδου οζονισμού είναι η ταυτόχρονη εφαρμογή του υπεριώδους φωτός και του όζοντος για την επεξεργασία των λυμάτων, συμπεριλαμβανομένης της διάσπασης των οργανικών ουσιών, οι οποίες περιλαμβάνουν ενώσεις αλογόνου. Η συνδυασμένη δράση αυτών των δύο μεθόδων προάγει αντιδράσεις με διαδικασίες όπως φωτόλυση, φωτοευαισθητοποίηση, υδροξυλίωση, οξυγόνωση και οξείδωση.

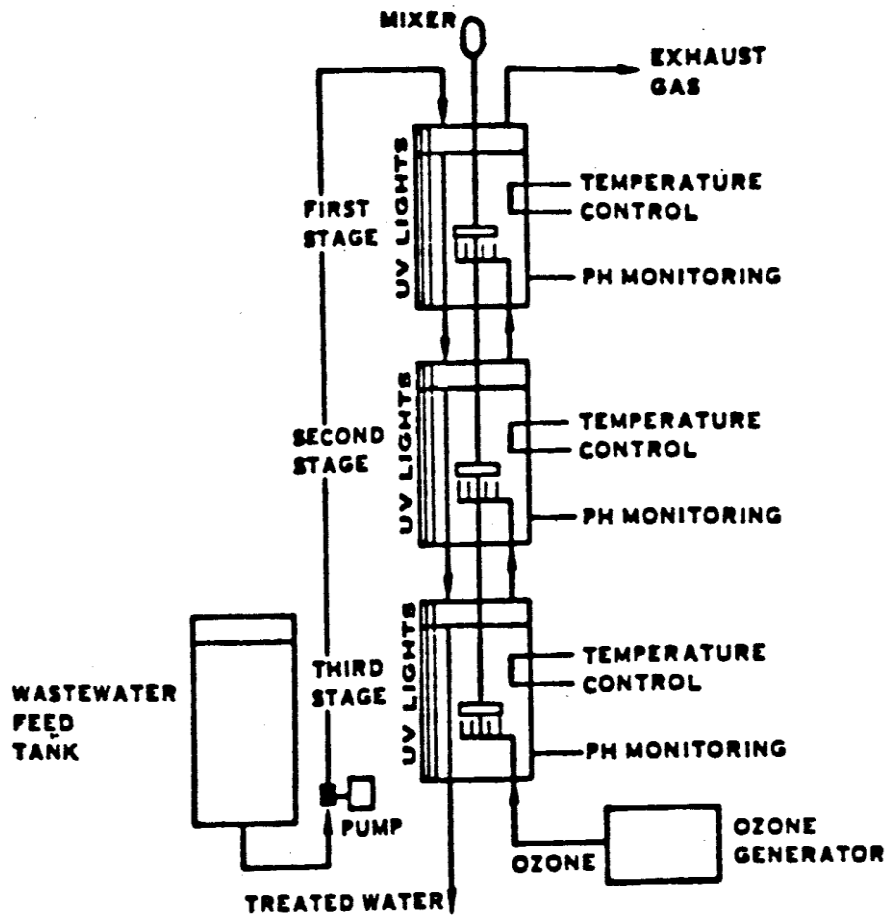
Ο οζονισμός διευκολύνεται από την υπεριώδη απορροφητικότητα, επειδή, τόσο το όζον όσο και τα αντιδρώντα μόρια ανέρχονται σε μια υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση, έτσι, ώστε να μπορούν να αντιδρούν πιο γρήγορα. Επιπλέον, οι ελεύθερες ρίζες υδρολύονται εύκολα από το νερό που υπάρχει. Η ενέργεια της αντίδρασης με την εισαγωγή του υπεριώδους και του όζοντος μειώνεται σημαντικά σε σύγκριση με ένα σύστημα που χρησιμοποιεί μόνο το όζον.

Το Σχήμα 3.16 δείχνει ένα σύστημα όζοντος U-V τριών σταδίων. Πρόκειται για ένα σύστημα, που αφορά στην επεξεργασία συμπλόκων ενώσεων κυανίου και απαιτεί στάδιο προεπεξεργασίας που περιλαμβάνει πήξη, καθίζηση, εξίσορρόπηση, καθώς επίσης και τη ρύθμιση του pH.

3.2.14.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η διαδικασία ακτινοβολίας UV αναπτύχθηκε κυρίως για την επεξεργασία κυανιδίων στην επιμετάλλωση και στην επεξεργασία φωτοχρωμικών περιοχών. Έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε μικτές κυανιούχες ενώσεις καθώς επίσης και σε οργανικές ουσίες από παραπροϊόντα χημικής βιομηχανίας. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επεξεργασία των συμπλοκοποιημένων κυανιδίων, όπως σιδηρικού κυανιούχου, κυανιούχου χαλκού και νικελοκυανιδίου, τα οποία είναι ανθεκτικά μόνο στο όζον.

Το όζον σε συνδυασμό με την υπεριώδη ακτινοβολία αποτελεί μια σχετικά νέα τεχνολογία. Τέσσερις μονάδες βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία και όλες τους ασχολούνται με την επεξεργασία αποβλήτων του κυανίου.



Σχήμα3.16: Σύστημα οζονισμού με U-V ακτινοβολία (9)

3.2.15 Οξείδωση κυανίου με υπεροξείδιο του υδρογόνου

Η οξείδωση με υπεροξείδιο του υδρογόνου απομακρύνει τόσο κυανιούχα, όσο και μεταλλικά άλατα του κυανίου που περιέχουν τα λύματα. Σε αυτή τη διαδικασία τα κυανιούχα λύματα θερμαίνονται στους 49 - 54 ° C (120 - 130 ° F) και το pH τους ρυθμίζεται σε 10,5 -11.8. Στη συνέχεια, προστίθεται φορμαλίνη (37 τοις εκατό φορμαλδεΐδη) ενώ η δεξαμενή αναδεύεται έντονα. Μετά από 2-5 λεπτά, προστίθεται ένα ιδιοσκεύασμα υπεροξυγόνου (υπεροξείδιο του υδρογόνου 41 τοις εκατό με έναν καταλύτη και πρόσθετα) . Μετά από μια ώρα ανάμιξης, η αντίδραση είναι πλήρης. Τα κυανιούχα μετατρέπονται σε κυανικά και τα μέταλλα κατακρημνίζονται ως οξείδια ή υδροξείδια. Τα μέταλλα στη συνέχεια απομακρύνονται από το διάλυμα είτε

μέσω καθιζήσεως είτε μέσω διηθήσεως.

Ο κύριος εξοπλισμός που απαιτείται για τη διαδικασία αυτή είναι δύο δεξαμενές συγκράτησης εξοπλισμένες με συσκευές θέρμανσης και διάτρητους σωλήνες ψεκασμού και μηχανικούς αναδευτήρες. Αυτές οι δεξαμενές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια παρτίδα ή κατά συνεχή τρόπο, με μία δεξαμενή, η οποία χρησιμοποιείται για την επεξεργασία ενώ η άλλη γεμίζει. Μια καθίζηση δεξαμενής ή ένα φίλτρο είναι απαραίτητο για να συγκεντρωθεί το ίζημα.

3.2.15.1 Εφαρμογές και απόδοση

Η διαδικασία της οξειδωσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου είναι εφαρμόσιμη στα κυανιούχα λύματα, ιδίως σε εκείνα που περιέχουν σύμπλοκα κυανιούχων μεταλλικών αλάτων. Όσον αφορά τη μείωση της απόδοσης των αποβλήτων, θα λέγαμε ότι πρόκειται για διαδικασία που μπορεί να μειώσει το συνολικό επίπεδο κυανιούχων σε λιγότερο από 0,1 mg/l και τον ψευδάργυρο ή το κάδμιο σε λιγότερο από 1.0 mg/L

3.2.15.1 Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί

Το κόστος είναι παρόμοιο με εκείνο που απαιτείται για την αλκαλική χλωρίωση χρησιμοποιώντας χλώριο και χαμηλότερο από εκείνο με τα υποχλωριώδη. Όλα τα ελεύθερα κυανιούχα αντιδρούν και είναι πλήρως οξειδωμένα. Επιπλέον, τα μέταλλα καθιζάνουν γρήγορα, και μπορεί να είναι ανακτήσιμα σε πολλές περιπτώσεις. Ωστόσο, η διαδικασία απαιτεί δαπάνη ενέργειας για να θερμαίνονται τα λύματα πριν από την επεξεργασία.

4. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού είναι η πρακτική της επανακυκλοφορίας νερού που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ξανά για τον ίδιο σκοπό. Ένα παράδειγμα ανακύκλωσης του νερού διεργασίας είναι η επιστροφή νερού ψύξης για τη διαδικασία χύτευσης αφού όμως πρώτα το νερό περάσει μέσα από ένα πύργο ψύξης. Η ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου νερού εφαρμόζεται σήμερα, όπου είναι οικονομικά αποδοτικό, όπου είναι αναγκαίο, λόγω έλλειψης νερού, ή όταν η τοπική αρχή το επιτρέπει. Η ανακύκλωση, σε σύγκριση με τη χρήση νέου νερού, είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για την εξοικονόμηση νερού

4.1 ΤΥΠΟΙ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ

Η ανακύκλωση του νερού προσφέρει οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Η κατανάλωση νερού μειώνεται και εγκαταστάσεις διαχείρισης των υγρών αποβλήτων (αντλίες, σωληνώσεις, clarifiers, κ.λ.π.) μπορούν να είναι κατασκευασμένες για μικρότερες ροές. Με συμπύκνωση-συγκέντρωση των ρύπων σ' ένα πολύ μικρότερο όγκο (το ρεύμα διαρροής-bleedstream), μπορούμε να αυξήσουμε την αποδοτικότητα απομάκρυνσης με οποιαδήποτε εφαρμοζόμενη τεχνολογίες επεξεργασίας. Ωστόσο, η ανακύκλωση δύναται να απαιτήσει κάποια επεξεργασία του νερού πριν από την επαναχρησιμοποίησή του.

Υπάρχουν δύο τύποι ανακύκλωσης: η ανακύκλωση *bleedstream* (*blowdown*) και η συνολική ανακύκλωση. Η συνολική ανακύκλωση μπορεί να μην είναι δυνατή λόγω της παρουσίας διαλυμένων στερεών. Διαλυμένα στερεά (π.χ., θειικά και χλωριούχα) τα οποία εισέρχονται σε ένα εντελώς ανακυκλωμένο ρεύμα αποβλήτων μπορούν να καθιζάνουν, σχηματίζοντας ιζήματα σε περίπτωση που τα όρια διαλυτότητας των διαλυμένων στερεών υπερβούν το όριο. Ένα ρεύμα διαρροής (*bleedstream*) μπορεί να είναι αναγκαίο για την πρόληψη των προβλημάτων συντήρησης (έμφραξη σωλήνα) που θα δημιουργηθεί από την κατακρήμνιση των διαλυμένων στερεών. Ενώ ο όγκος του ρεύματος (*bleed*) που απαιτείται είναι μία συνάρτηση της ποσότητας των διαλυμένων στερεών στο ρεύμα των αποβλήτων, τέσσερα ή πέντε τοις εκατό απώλεια είναι μια κοινή τιμή για την κατηγορία διαμόρφωσης

αλουμινίου.

Το απώτερο όφελος της ανακύκλωσης του νερού είναι η μείωση του συνολικού όγκου των λυμάτων που απορρίπτονται αλλά και τα οφέλη των ρευμάτων χαμηλότερης ροής. Ένα πιθανό πρόβλημα είναι η συσσώρευση διαλυμένων στερεών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πιθανή μόλυνση του προϊόντος αλουμινίου.

Το απαιτούμενο υλικό το οποίο είναι απαραίτητο για την ανακύκλωση είναι πολύ συγκεκριμένο (*site-specific*). Βασικά στοιχεία περιλαμβάνουν αντλίες και σωληνώσεις. Επιπρόσθετα υλικά είναι απαραίτητα εάν η επεξεργασία του νερού λαμβάνει χώρα πριν την ανακύκλωση. Χημικές ουσίες μπορεί να είναι απαραίτητες για τον έλεγχο της συσσώρευσης λάσπης και για προβλήματα διάβρωσης, ειδικά με το ανακυκλωμένο νερό ψύξης.

4.1.1 Ανακύκλωση μέσω πύργων ψύξης

Η ανακύκλωση μέσω πύργων ψύξης είναι η πιο κοινή πρακτική. Ένας τύπος, τέτοιας εφαρμογής φαίνεται στο Σχήμα 4.1

Ο πύργος ψύξης είναι μια συσκευή η οποία ψύχει το νερό, φέρνοντας το σε επαφή με τον αέρα. Οι ροές του νερού και του αέρα κατευθύνονται με ένα τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχουν τη μέγιστη μεταφορά θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται στον αέρα, κυρίως, με εξάτμιση (περίπου 75 τοις εκατό), ενώ η υπόλοιπη αφαιρείται από την εύλογη μεταφορά θερμότητας που συμβαίνει κατά τη διαδικασία.

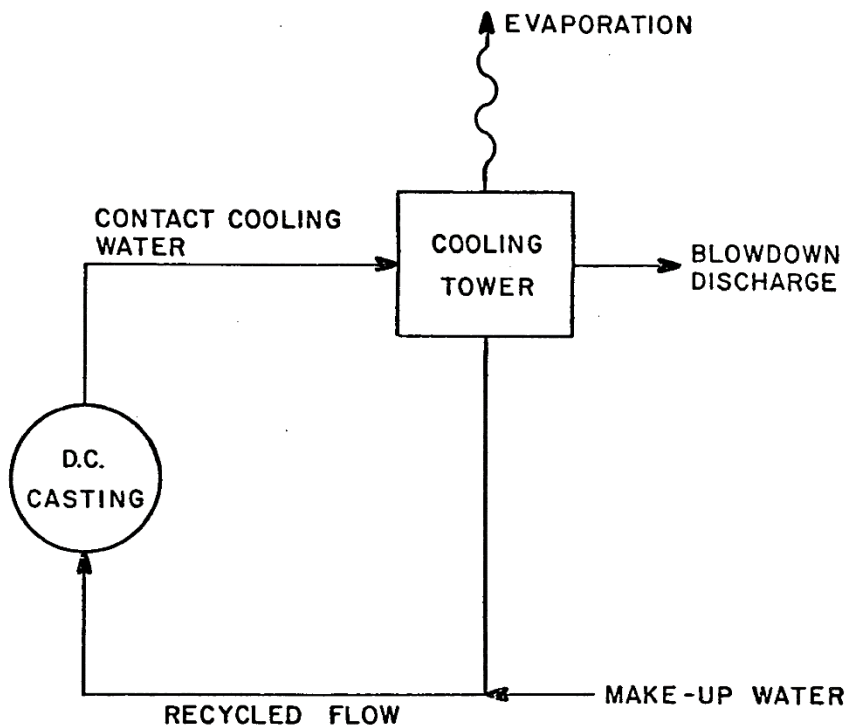
Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας και, τελικά, το εύρος θερμοκρασίας του πύργου περιλαμβάνουν την μεγάλη επιφάνεια νερού τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πύργου ψύξης, τη ροή του αέρα. Μία μεγάλη επιφάνεια νερού προάγει την εξάτμιση, και λογικά τα ποσοστά μεταφοράς θερμότητας είναι χαμηλότερα.

Σε μια δεδομένη ροή νερού το να αυξάνεται η ροή του αέρα σημαίνει την ταυτόχρονη αύξηση της ποσότητας θερμότητας που απομακρύνεται μέσω διατήρησης υψηλότερων θερμοδυναμικών δυναμικών.

Ένας πύργος ψύξης αποτελείται από τα ακόλουθα κύρια εξαρτήματα:

- 1) Διανομέας εισόδου νερού
- 2) Σκελετός κατασκευής
- 3) Ανεμιστήρες
- 4) Κλείστρα εισόδου αέρα
- 5) Αποθηκευτική ψυκτική λεκάνη νερού

Παρά το γεγονός ότι ο κύριο υλικό κατασκευής των πύργων ψύξης μηχανικού-σχεδιασμού είναι το ξύλο, χρησιμοποιούνται εκτενώς και άλλα υλικά. Για μεγάλη διάρκεια ζωής και ελάχιστη συντήρηση, το ξύλο υφίσταται επεξεργασία μέσω πίεσης με ένα συντηρητικό. Αν και ο σκελετός του πύργου είναι συνήθως από κατεργασμένο σεκόγιο (redwood), το έλατο έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Η επικάλυψη και τα κλείστρα είναι γενικά κατασκευασμένα από αμιαντοτσιμέντο, και οι ανεμιστήρες από fiberglass. Υπάρχει μια τάση να χρησιμοποιείται PVC με αντοχή στην φωτιά, το οποίο προσφέρει το πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας στη φωτιά. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του ξύλου είναι η ευαισθησία του στη φθορά και τη φωτιά. Η κατασκευή από χάλυβα χρησιμοποιείται περιστασιακά, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό. Το σκυρόδεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αλλά έχει σχετικά υψηλό κόστος εργασίας κατασκευής, ωστόσο δεν προσφέρει το πλεονέκτημα της πυροπροστασίας.

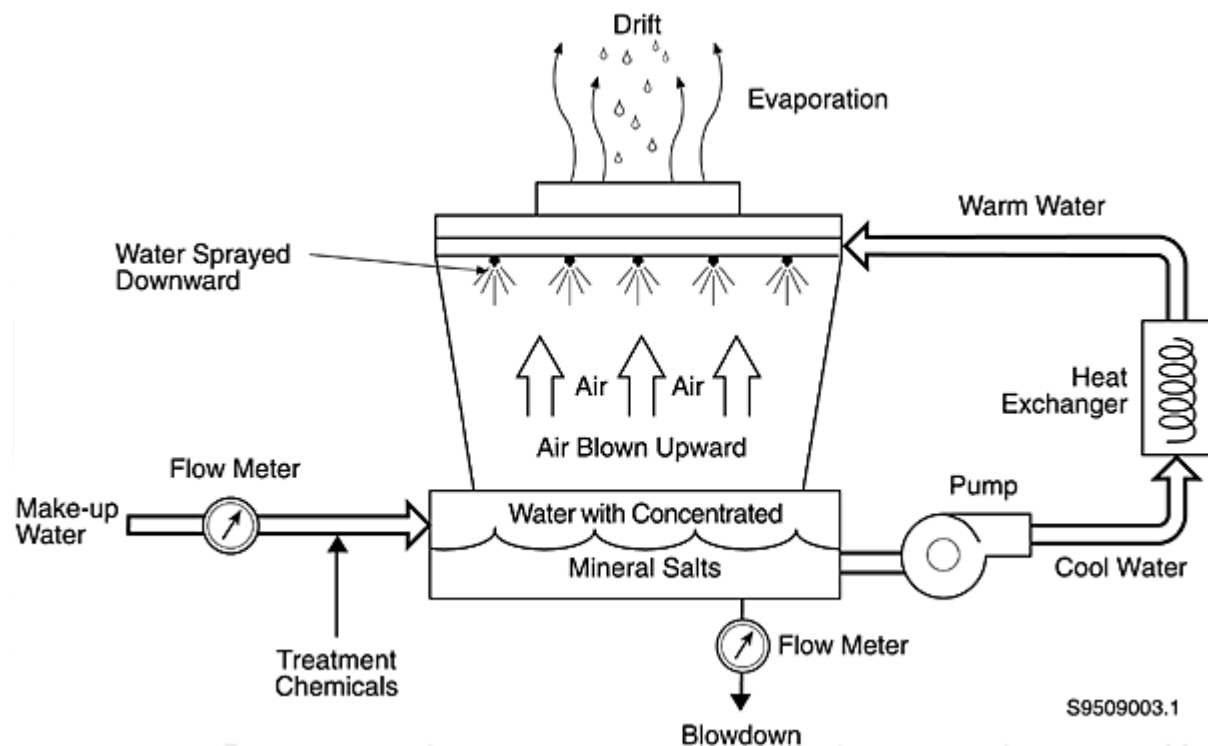


Σχήμα 4.1: Διάγραμμα ροής για ανακύκλωση μέσω πύργων ψύξης (9)

Διάφορα χημικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται στα συστήματα ψύξης νερού για τον έλεγχο της λάσπης και της διάβρωσης. Τα χημικά πρόσθετα που απαιτούνται εξαρτώνται από τον χαρακτήρα του νερού στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν..

4.1.1.1 Απαέρωση - Blowdown

Η απαέρωση ενός πύργου ψύξης(Σχήμα 4.2) είναι το άδειασμα ενός τμήματος του νερού, το οποίο έχει υψηλή συγκέντρωση σε μεταλλικά στοιχεία. Η ποσότητα αυτή αντικαθίσταται από φρέσκο νερό. Αυτή η διαδικασία προστατεύει το σύστημα από την υψηλή συγκέντρωση ορυκτών στο νερό, η οποία αυξάνεται λόγω της εξάτμισης του νερού.



Σχήμα 4.2: Απαέρωση ενός πύργου ψύξης (9)

4.1.2 Διαδικασία επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιημένου νερού

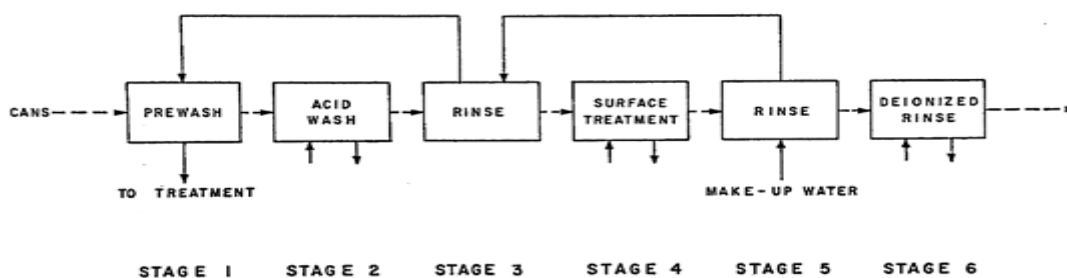
Η επαναχρησιμοποίηση του χρησιμοποιημένου νερού είναι η πρακτική της επανακυκλοφορίας του νερού που χρησιμοποιείται σε μια διαδικασία παραγωγής για μεταγενέστερη χρήση σε μια διαφορετική παραγωγική διαδικασία. Ένα παράδειγμα είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού έκπλυσης, που ακολουθεί την καυστική εξώθηση καθαρισμού καλουπιού ως φρέσκο νερό για το καυστικό διάλυμα καθαρισμού.

Τα πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης είναι παρόμοια με τα πλεονεκτήματα της ανακύκλωσης. Η κατανάλωση νερού μειώνεται και οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να έχουν μέγεθος ανάλογο με το μέγεθος των ροών. Επίσης, σε περιοχές όπου υπάρχει λειψυδρία, η επαναχρησιμοποίηση είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για την εξοικονόμηση νερού.

Ο εξοπλισμός που είναι αναγκαίος για την διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων ποικίλλει, ανάλογα με τη εφαρμογή. Τα βασικά στοιχεία περιλαμβάνουν αντλίες και σωληνώσεις. Η χημική προσθήκη, δεν είναι συνήθως αναγκαία, εκτός αν απαιτείται κάποια επεξεργασία πριν από την επαναχρησιμοποίηση. Όσον αφορά την συντήρηση και τη χρήση ενέργειας, αυτές περιορίζονται σε εκείνες που απαιτούνται από τις αντλίες. Η παραγωγή στερεών αποβλήτων εξαρτάται από το είδος της επεξεργασίας που ακολουθείται.

4.1.3 Μείωση του νερού χρήσης

Η μείωση του νερού χρήσης είναι η μείωση στην ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στις διάφορες διεργασίες (Σχήμα 4.3) που χρησιμοποιούνται σε μια παραγωγική διαδικασία ανά μονάδα παραγωγής. Το εύρος των τιμών δείχνει ότι μερικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν νερό πιο αποτελεσματικά από ότι άλλες για την ίδια λειτουργία. Ως εκ τούτου, μερικές εγκαταστάσεις μπορούν να περιορίσουν τη χρήση του νερού. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι τόσο απλό όσο το κλείσιμο μερικών βαλβίδων.



Σχήμα 4.3: Γραμμή καθαρισμού κουτιών αλουμινίου (9)

Υπάρχουν και άλλες διαδικασίες που μπορούν να προκαλέσουν μείωση στη χρήση του νερού που απαιτείται στις διάφορες διεργασίες. Μη επαφής νερά ψύξης μπορούν να αντικατασταθούν με νερά ψύξης “επαφής” σε ορισμένες εφαρμογές. Η ψύξη με αέρα για παράδειγμα, μπορεί επίσης να είναι μια εναλλακτική λύση αντί του νερού ψύξης “με επαφή”. Η χρήση ξηρού εξοπλισμού ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (που συζητείται αργότερα) είναι ένας άλλος τρόπος για να μειωθεί η χρήση του νερού. Η χρήση εξοπλισμού για τον περιβαλλοντικό έλεγχο του ξηρού αέρα είναι ένας άλλος τρόπος εξοικονόμησης του νερού.

4.1.4 Διαχωρισμός λυμάτων

Ο διαχωρισμός των ροών αποβλήτων είναι μια πολύτιμη τεχνολογία ελέγχου που ενδέχεται να μειώσει το κόστος της επεξεργασίας. Τα μεμονωμένα ρεύματα αποβλήτων μπορεί να παρουσιάζουν πολύ διαφορετικά χημικά χαρακτηριστικά, και διαχωρίζοντας τα ρεύματα είναι δυνατή η εφαρμογή της πιο αποτελεσματικής μεθόδου επεξεργασίας ή διάθεσης για κάθε ροή. Τα σχετικά καθαρά νερά, όπως αυτά του καθαρισμού της ανόπτησης και αυτά της ψύξης και της θερμής έλασης κατά τη θερμική επεξεργασία, πρέπει να διαχωρίζονται από τα πιο ρυπασμένα ρεύματα.

Ανόμοια ρεύματα δεν θα πρέπει να συνδυάζονται, π.χ., ένα ελαιώδες ρεύμα, όπως το νερού ψύξης άμεσης επαφής (direct chill contact cooling water) δεν θα πρέπει να συνδυαστεί με ένα μη λιπαρό-ελαιώδες ρεύμα όπως το απόσβεσης θερμικής επεξεργασίας (neat oil rolling heat treatment quench) ρεύμα. Ο διαχωρισμός θα πρέπει να βασίζεται στον τύπο της επεξεργασίας που πρέπει να πραγματοποιηθεί για συγκεκριμένο ρύπο, αποφεύγοντας τον

εξοπλισμό υπερβολικών διαστάσεων.

Παράδειγμα : δύο ρεύματα αποβλήτων, το ένα με υψηλή περιεκτικότητα σε χρώμιο και άλλα διαλυμένα στερεά και το άλλο, ένα νερό ψύξης χωρίς χρώμιο. Υπάρχουν σημαντικά πλεονεκτήματα στην διαχωρισμό των δύο αυτών ρευμάτων αποβλήτων. Εάν τα συνδυασμένα ρεύματα αποβλήτων υποβάλλονται σε επεξεργασία για τη μείωση του χρωμίου, το προκύπτον υψηλό κόστος επεξεργασίας θα είναι μη πρακτικό.

Επίσης, εάν πραγματοποιηθεί η απομάκρυνση του χρωμίου με καθίζηση ασβέστη (*limeprecipitation*), θα μειωθεί η αποτελεσματικότητα της αφαίρεσης με τον συνδυασμό των δύο ρευμάτων λόγω της μειωμένης συγκέντρωσης του χρωμίου. Επιπλέον, θα υπάρχει και αναποτελεσματικότητα όσον αφορά την ανακύκλωση διότι δεν μπορούμε να ενώσουμε μια καθαρή ροή με μια ροή γεμάτη με διαλυμένα στερεά. Πολλοί συνδυασμοί των ρευμάτων αποβλήτων υπάρχουν σε όλη την βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου, όπου ο διαχωρισμός προσφέρει πλεονεκτήματα.

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για το διαχωρισμό των υγρών αποβλήτων μπορεί να περιλαμβάνει σωληνώσεις και ενδεχομένως κάποια άντληση. Χημικά δεν χρειάζονται και η συντήρηση και η χρήση ενέργειας περιορίζεται στις αντλίες.

4.1.5 Ανακύκλωση ελαίων και διαλυτικών

Η ανακύκλωση των σχηματιζόμενων ελαίων είναι μια κοινή πρακτική στον κλάδο. Ο βαθμός της ανακύκλωσης εξαρτάται από την εκάστοτε επεξεργασία π.χ. διήθηση έτσι ώστε να αφαιρεθούν υπολείμματα αλουμινίου και άλλων ρύπων. Συνήθως για να συμβούν τα παραπάνω χρειάζεται συνεχής επανακυκλοφορία του ελαίου κατά τις οποίες θα υπάρχουν απώλειες στον βρόγχο ανακύκλωσης λόγω της εξάτμισης.

Σε κάποιες εγκαταστάσεις, ορισμένες φορές αντικαθίσταται όλο το έλαιο μόλις διαπιστωθεί ότι οι ιδιότητες του έχουν αλλοιωθεί. Σε άλλες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η μέθοδος *blowdown* όπου το “ακάθαρτο” μέρος του λαδιού αφαιρείται έτσι ώστε να διατηρείται ένα επίπεδο ποιότητας. Νέο έλαιο προστίθεται έτσι ώστε να αντισταθμιστούν οι απώλειες από το *blowdown* και από την επαναλαμβανόμενη διήθηση που υφίσταται.

Ορισμένες εγκαταστάσεις συλλέγουν και ανακυκλώνουν τα λιπαντικά. Κατά την διάρκεια της έλασης, τα λιπαντικά ψεκάζονται σαν ένα λεπτό στρώμα νέφους (σπρέϋ) επάνω στους κυλίνδρους καθώς λειτουργούν σαν ψυκτικά και λιπαντικά ταυτόχρονα. Μερική ποσότητα λιπαντικού μετατρέπεται σε αέριο και χάνεται.

Η επαναχρησιμοποίηση του λαδιού και των λιπαντικών από διάφορα γαλακτώματα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία της έλασης, αλλά και άλλων κατεργασιών, είναι μια ευρέως διαδεδομένη τεχνική. Το ελεύθερο έλαιο συλλέγεται μέσω των ελαιο-διαχωριστών βαρύτητας (API separator is a gravity separation device designed by using Stokes' law). Το έλαιο περιέχει στερεά σωματίδια και νερό και θα πρέπει να υποστεί κάποια επεξεργασία έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθεί.

Η παραδοσιακή επεξεργασία περιλαμβάνει την οξίνιση του ελαίου σε ένα θερμαινόμενο φούρνο, χρησιμοποιώντας πηνία ατμού ή ενεργό ατμό για τη θέρμανση του λαδιού. Όταν το λάδι θερμανθεί επαρκώς, διακόπτεται η παροχή του ατμού και το λάδι και το νερό αφήνονται να διαχωριστούν. Το επιπλέον συλλεγμένο στρώμα λαδιού είναι κατάλληλο για χρήση ως συμπληρωματικό καύσιμο λέβητα ή για κάποιο άλλο είδος επαναχρησιμοποίησης. Άλλες βιομηχανίες προτιμούν να πωλούν τα λιπαρά απόβλητα (oily wastes) στις αντίστοιχες εταιρίες καθαρισμού αντί να ανακτούν τα έλαια από μόνες τους. Η υδατική φάση από την παραπάνω διαδικασία στέλνεται για περαιτέρω επεξεργασία ή απορρίπτεται.

Η χρήση οργανικών διαλυτών για την απολίπανση του αλουμινίου συνήθως λαμβάνει χώρα πριν από την πώληση του ή πριν από την βαφή (coating). Η ανακύκλωση του χρησιμοποιημένου διαλυτικού μέσου έχει οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη. Μερικές εγκαταστάσεις είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούν μονάδες απόσταξης για να ανακτήσουν τον χρησιμοποιημένο διαλύτη για το ανακύκλωση. Η ιλύς συνήθως απορρίπτεται ή αποτεφρώνεται.

4.1.6 Έλεγχος ρύπανσης του ξηρού αέρα - (Dry Air Pollution Control Devices)

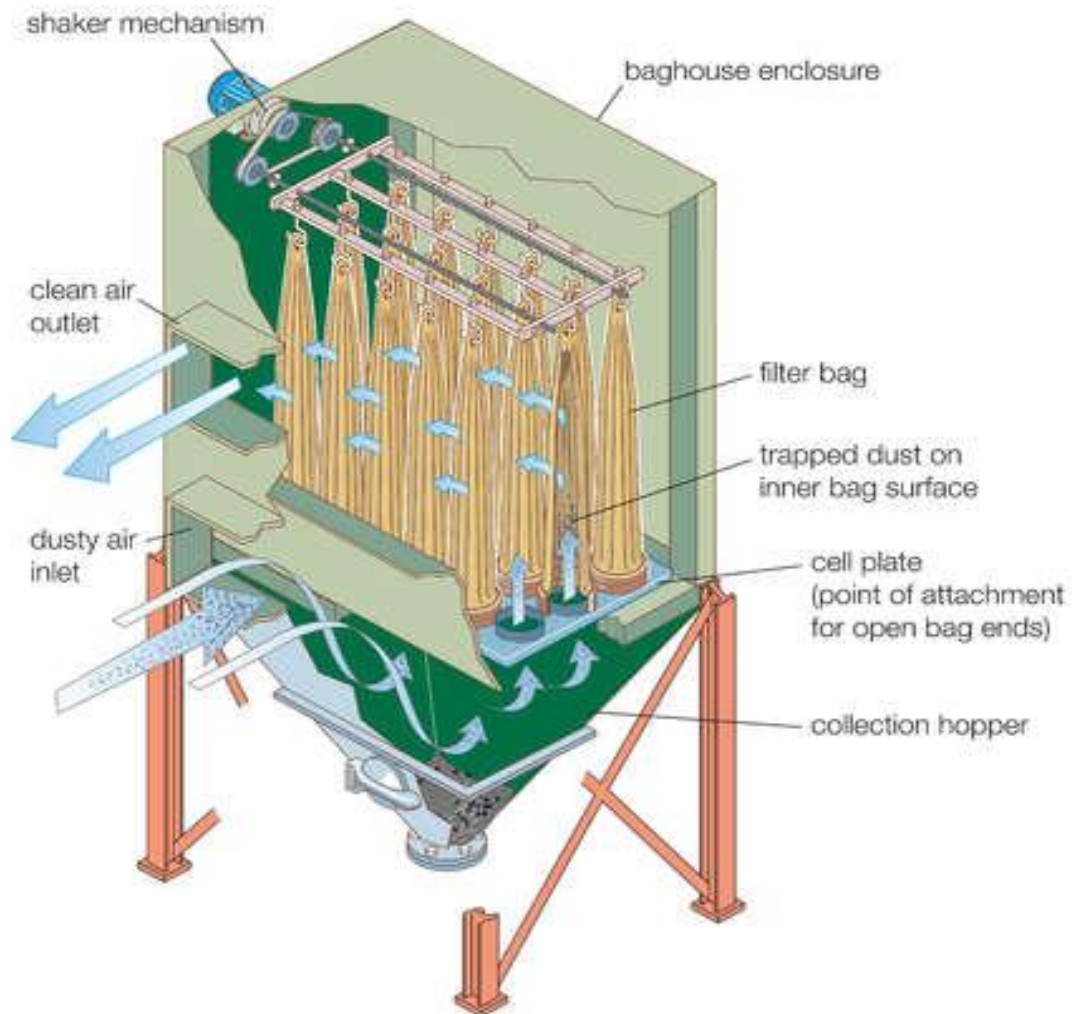
Η χρήση συσκευών για τον έλεγχο της ρύπανσης του ξηρού αέρα επιτρέπει την εξάλειψη των αποβλήτων με υψηλό δυναμικό ρύπανσης. Ωστόσο, η επιλογή του εξοπλισμού ελέγχου ρύπανσης του αέρα είναι περίπλοκη, και μερικές φορές ένα σύστημα για υγρό αέρα είναι η απαραίτητη επιλογή.

Εξοπλισμός για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών εκπομπών περιλαμβάνει κυκλώνες, ηλεκτροστατικά φίλτρα ξηρού αέρα (Σχήμα 4.8), σακκοφίλτρα (Σχήμα 4.7) και μετακαύστες. Αυτές είναι συσκευές αφαίρεσης σωματιδίων, οι τρεις πρώτες με παγίδευση και οι μετακαύστες με την καύση.

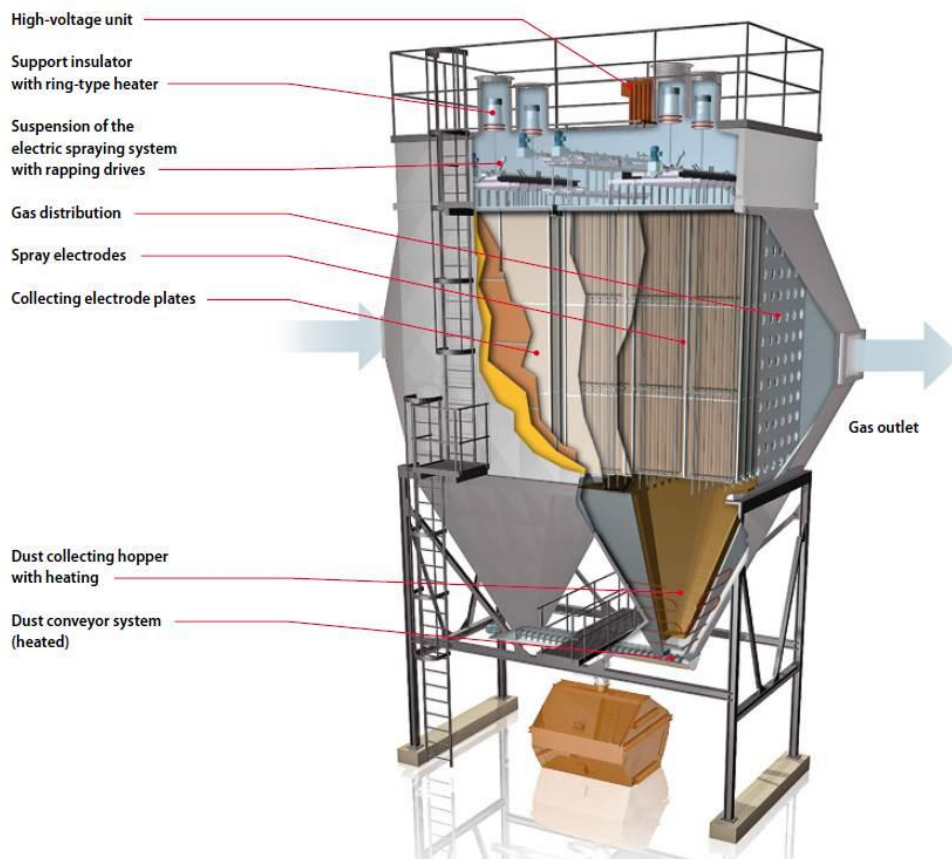
Η χρήση του μετακαύστη (afterburner) περιορίζεται στις εκπομπές του αέρα που περιλαμβάνει εύφλεκτα σωματίδια. Χαρακτηριστικά του σωματιδιακά-φορτωμένου αερίου που επηρεάζουν το σχεδιασμό και τη χρήση

μιας συσκευής είναι η πυκνότητα του αερίου, τη θερμοκρασία, το ιξώδες, την ευφλεκτότητα, διαβρωτικότητα, τοξικότητα, υγρασία και το σημείο δρόσου.

Η σωστή εφαρμογή μιας συσκευής ελέγχου ξηρού αέρα μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της αποτελεσματικότητας απομάκρυνσης των σωματιδίων μεγαλύτερη από 99 % κατά βάρος για τα φίλτρα υφάσματος, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα, και τους μετάκαύστες, και μέχρι 95% για τους κυκλώνες.



Σχήμα 4.3: Σακκοφίλτρο (FilterBag)



Σχήμα4.4: Συσκευή φιλτραρίσματος ξηρού αέρα-Electrostatic precipitator

Η σημαντική διαφορά μεταξύ των συσκευών για τον έλεγχο υγρού ή ξηρού αέρα είναι ότι οι συσκευές ελέγχου για υγρό αέρα έχουν εφαρμογή για αέριους ρύπους, καθώς και για σωματίδια. Κοινές διατάξεις ελέγχου της ρύπανσης του υγρού αέρα είναι υγρού αέρα-ηλεκτροστατικά φίλτρα, *venturi scrubbers* και *packed tower scrubbers*. Η απόδοση της συλλογής για τα αέρια εξαρτάται από την διαλυτότητα του ρυπαντικού - ρύπου στο υγρό έκπλυσης-καθαρισμού (*scrubbing liquid*). Ανάλογα με τον ρύπο που θα αφαιρεθεί, η αποδοτικότητα προσεγγίζει συνήθως το 99% για σωματίδια και αέρια.

Οι συσκευές υγρού αέρα συνήθως επιλέγονται σε σχέση με αυτές για ξηρό όταν βρίσκονται οποιοδήποτε από τους ακόλουθους παράγοντες: 1) το μέγεθος των σωματιδίων είναι κάτω από 20μm, 2) όταν τα εύφλεκτα σωματίδια ή αέρια πρέπει να αντιμετωπίζονται με ελάχιστο κίνδυνο καύσης, 3) ατμοί και σωματίδια έχουν τη δυνατότητα να αφαιρεθούν κατά τη διαδικασία και 4) όταν τα αέρια είναι διαβρωτικά, οπότε μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στις διατάξεις ελέγχου της ρύπανσης του ξηρού αέρα.

Η βιομηχανία διαμόρφωσης αλουμινίου αναφέρει τη χρήση τον έλεγχο της ρύπανσης του υγρού αέρα στους ακόλουθους τομείς: στην σφυρηλάτηση

(forging),στην καυστική χάραξη (caustic etching) και στον καθαρισμό της μήτρας των μηχανημάτων (*die cleaning*).

Όταν συμβαίνει η τήξη-λιώσιμο πριν από την χύτευση,απαιτείται έλεγχος της ρύπανσης για υγρό αέρα μόνο όταν υπάρχει αέριο χλώριο (*chlorine gas*), κι αυτό λόγω της διαβρωτικής ικανότητας που έχει αλλά και τα αέρια εξαγωγής – απαέρια.Οι μέθοδοι του ελέγχου για ξηρό αέρα (*Dry air pollution control methods*) με αδρανές αέριο ή με (*salt furnace fluxing*) χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τα σπουδαιότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα Εργασία είναι το πόσο σπουδαίο ρόλο έχει η αντιμετώπιση των ρυπογόνων ουσιών στις βιομηχανίες σήμερα.Μέσα από την εργασία αυτή φαίνεται και το πόσο πολύπλοκες και ταυτόχρονα διαφορετικές ,ανάλογα με την διεργασία διαμόρφωσης, είναι οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ρύπων και για την φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία των βιομηχανιών αυτών.

Επίσης μεγάλο ρόλο για την μείωση των λυμάτων στα συστήματα επεξεργασίας είναι η σωστή τοποθέτηση του εξοπλισμού,αλλά και η σωστή συντήρηση του.Ο έλεγχος για τυχόν διαρροές των ελαιών, των χημικών που χρησιμοποιούνται και λυμάτων από διάφορες διαδικασίες καθαρισμού,όπως αυτός των φίλτρων,μπορεί να βοηθήσει στην μείωση αλλά και στον διαχωρισμό τον λυμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Waste treatment in the metal manufacturing, forming, coating, and finishing industries ,edited by Lawrence K. Wang, Nazih K. Shamma, and Yung-Tse Hung, CRC Press (2009)
- 2) Industrial waste treatment handbook ,Frank Woodard (2001)
- 3)Aluminum ExtrusionTechnology ,Pradip K. Saha, ASM International (2000)
- 4)Aluminum recycling and processing for energy conservation and sustainability,John A.S. Green, ASM International (2007)
- 5) Best available techniques (bat).Reference document for the Non-Ferrous Metals Industries , EU commission (2014)
- 6)Encyclopedia of Lubricants and Lubrication ,Theo Mang, Springer Berlin Heidelberg (2014)
- 7)Best available techniques (bat).Reference document for the Non-Ferrous Metals Industries , EU commission (2014)
- 8) Handbook of solid waste management and waste minimization technologies, Nicholas P. Cheremisinoff, Butterworth-Heinemann (2003)
- 9) Developnmet Document for Effluent limitations,guidelines and standards for the aluminium forming point source category. William D. Ruckelshaus,Jack. E.Ravan,Steven Schatzow,Jeffery D.Denit,Ernst P.Hall,Janet K.Goodwin(1984)
- 10) Melting Standardized Aluminum Scrap:A Mass Balance Model for Europe , U.M.J. Boin and M. Bertram (2005)
- 11) A system for control of aluminum chloride fumes ,James P. Tomany, UOP Air Correction Division (1969, 2012)
- 12)Optimisation of rolling lubricants for improved operation of cold rolling mills ,European commission (European research area) (2009)
- 13) Progress in Environmental Engineering (water , wastewater treatment and environmental protection issues), Janunsz A. Tomaszek & Piotr Koszelnik (2015)

- 14) Gas Cleaning with Granular Bed Filter, Johnny Ødegård (2009)
- 15) Control of VOC emissions from nonferrous metal rolling processes, W. Scott Snow, Philindo J Marsosudiro (1992)
- 16) Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants, Leslie R. Rudnick, CRC Press (2006)
- 17) Reclamation of aluminium finishing sludges, Francis T. Mayo (1987)
- 18) «General Chemistry» Ebbing, Gammon 1999 Houghton-Mifflin Company
- 19) Fabrication of aluminium products, www.hydro.com
- 20) Cleaner Air from Aluminium Rolling Mills, Kurt Schmalz Sulzerchemtech (2000)
- 21) A Guide to Aluminum Casting Alloys, www.Mid-AtlanticCasting.com
- 22) Melting aluminium scrap, www.aluminiumtoday.com