



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

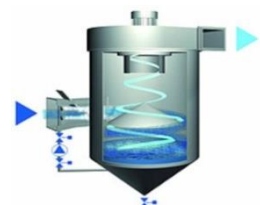
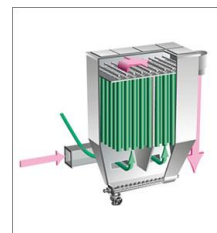
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Μελέτη συστήματος Αποκονίωσης στα πλαίσια της μείωσης
των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων στην Λάρκο

Διπλωματική Εργασία
Ψαρά Ασημίνα



Εξεταστική Επιτροπή:
Καθ. Κ. Κορνίτσας
Επικ. Καθ. Σ. Παπαευθυμίου
Καθ. Α. Αντωνιάδης



Χανιά Ιούνιος 2014

Στους γονείς μου Χρήστο και Δήμητρα
και στον αγαπημένο μου αδερφό
Λουκά.

Φυσικά, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, για την αμέριστη ηθική και υλική συμπαράστασή τους σε όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και υπεύθυνο για την διπλωματική μου εργασία κ. Κομνίτσα Κωνσταντίνο για όλη τη στήριξη και βοήθειά του, καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την διπλωματική μου εργασία στον επιστημονικό τομέα που επιθυμούσα. Η συνεργασία μαζί του ήταν πηγή εκμάθησης τρόπου σκέψης, συμπεριφοράς και λήψης αποφάσεων σε επιστημονικά και τεχνικά θέματα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παπαευθυμίου Σπύρο, υπεύθυνο της Σχολής μου για την παρούσα εργασία, τον κ. Α. Αντωνιάδη μέλος της τριμελούς επιτροπής, καθώς και τον κ. Ι. Γεντεκάκη για τη βοήθειά του στο κεφάλαιο 5 της εργασίας μου.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κ. Γ. Τσιτσάνη, μηχανικό της ΛΑΡΚΟ για την πολύ καλή συνεργασία, την επιστημονική βοήθειά του και τη συμπαράστασή του η οποία συντέλεσε ουσιαστικά στην επιτυχή ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Τον κ. Φώτιο Πασιούρα και την κ. Σαρρή Σταυρούλα, για τη χρήσιμη βοήθειά τους στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους – συναδέλφους – συμφοιτητές γιατί βοήθησαν τα χρόνια που πέρασα στα Χανιά να είναι διασκεδαστικά.

Τέλος το Θεό γιατί με κράτησε υγιή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή – Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Βασικές έννοιες	2
Κεφάλαιο 2.....	11
Γενική Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Α.Ε. Λάρκο	11
2.1 Γενικά.....	11
2.2 Μεταλλεία	12
2.3 Το σιδηρονικέλιο	13
2.3.1 Γενικά.....	13
2.3.2 Το νικέλιο	16
2.3.3 Μέθοδοι εξαγωγής του νικελίου	18
2.4 Παρουσίαση παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου της Λάρκο.....	19
2.4.1. Τμήμα Π0:.....	20
2.4.2 Τμήμα Π1	22
2.4.3 Τμήμα Pellets.....	30
2.4.4 Τμήμα Π2: Ηλεκτρικοί κλίβανοι	33
2.4.5 Τμήμα Π3: Χαλυβουργία	36
Κεφάλαιο 3	41
Οικονομικά Στοιχεία Παραγωγής.....	41
4.1 Στατιστικά Δεδομένα.....	41
4.2 Στατιστικά στοιχεία παραγωγής σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας	50
Κεφάλαιο 4.....	53
Παρουσίαση αντιρρυπαντικών βιομηχανικών τεχνικών	53
5.1 Μηχανικοί συλλέκτες	53
5.1.1 Βαρυτικοί συλλέκτες	53
5.1.2 Συλλέκτης εκτροπής με ανακυκλοφορία	54
5.1.3 Κυκλώνες υψηλής απόδοσης.....	56
5.2 Φίλτρα από ύφασμα (σακόφιλτρα)	60
5.3 Εκπλυτές (υγροί καθαριστές, πλυντρίδες).....	62
5.4 Ηλεκτροστατικά φίλτρα	63
Κεφάλαιο 5	68

Παρουσίαση υπάρχουσας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στο τμήμα των Π/Κ της ΛΑΡΚΟ	68
3.1 Ιστορικό εξέλιξης των εγκαταστάσεων απαγωγής των αερίων στην ατμόσφαιρα ..	68
3.2 Εγκαταστάσεις αποκονίωσης και τεχνική λειτουργίας των Π/Κ 1, 2, 3	68
3.3 Εγκαταστάσεις αποκονίωσης και τεχνική λειτουργία της Π/Κ 4	76
Κεφάλαιο 6	82
Πρόταση επιλογής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στη ΛΑΡΚΟ	82
6.1 Ελληνική νομοθεσία	82
6.2 Τεχνικά δεδομένα	84
6.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Περιστροφικής Καμίνου Π/Κ 1	84
6.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Περιστροφικών Καμίνων Π/Κ 2&3	85
6.3 Προτεινόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αποκονίωσης των Π/Κ 1 & Π/Κ 2 & Π/Κ 3	86
6.4 Προσφορές συστημάτων καθαρισμού καπναερίων των Π/Κ της Λάρκο	89
Κεφάλαιο 7	96
Συμπεράσματα - Προτάσεις	96
Βιβλιογραφία	98

Εισαγωγή – Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

1.1 Εισαγωγή

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται η μεταβολή της σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα, λόγω ρύπων. Εκτός από τη φυσική ρύπανση της ατμόσφαιρας που οφείλεται σε ηφαιστειακές δράσεις ή στη σήψη φυτών και ζώων, το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό της οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες που προέρχονται από τη βιομηχανία, τη θέρμανση και τα αυτοκίνητα. Οι ουσίες που προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση διακρίνονται σε σωματίδια και αέριους ρύπους.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι υλικά σε στερεή ή υγρή μορφή, προερχόμενα από βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως βιομηχανίες τσιμέντου, γύψου, καθώς και από αυτοκίνητα. Προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα και ιδιαίτερα προβλήματα σε ηλικιωμένους, παιδιά και άτομα που πάσχουν από άσθμα. Επίσης προκαλούν φθορές σε βαφές και μειώνουν την ορατότητα της ατμόσφαιρας

Με βάση τα παραπάνω είναι απαραίτητη η εφαρμογή αντιρρυπαντικής τεχνολογίας για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών από τις υπάρχουσες πηγές. Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους. Δραστικές, βιώσιμες λύσεις θα πρέπει να βασίζονται στην μείωση των εκπομπών των ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές.

Σήμερα και ειδικά στην Ελλάδα μία χώρα που ασχολείται ενεργά με τη διαδικασία παραγωγής νικελίου, για τη λύση των περιβαλλοντικών ζητημάτων της χώρας μας αναπόσπαστο μέρος αποτελεί η επιλογή των τεχνολογιών και ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων αποκονίωσης και τα συστήματα ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όταν πρόκειται για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ενώ σημαντική είναι και η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων αυτών.

Το αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη των αντιρρυπαντικών τεχνολογιών με στόχο την επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο εργοστάσιο της Γ.Μ.Μ. Α.Ε. ΛΑΡΚΟ που βρίσκεται στη Λάρυμνα Φθιώτιδος, ένα εργοστάσιο παραγωγής νικελίου το οποίο λειτουργεί από το 1966.

1.2 Βασικές έννοιες

Χάλυβες

Οι χάλυβες είναι κράματα που περιέχουν σίδηρο ως βασικό μέταλλο και άνθρακα σε περιεκτικότητα μέχρι 2%. Η περιεκτικότητα σε άνθρακα επηρεάζει σημαντικά τη μικροδομή τους και συνεπώς τις ιδιότητές τους. Για μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε άνθρακα 2-5% τα κράματα Fe-C αποτελούν τους χυτοσιδήρους. Ο χάλυβας είναι υλικό που προσφέρεται για πολλές χρήσεις. Μπορεί με μηχανική διαμόρφωση να γίνουν αλλαγές στο σχήμα του έτσι που να μετατραπεί σε λεπτά φύλλα (λαμαρίνες) ή λεπτά και μακριά σύρματα, μπορεί να γίνει αρκετά σκληρός για γρανάζια και ακόμη σκληρότερος για να χαράζει άλλους χάλυβες, μπορεί να γίνει μαγνήτης σκληρός ή μαλακός ανθεκτικός στη διάβρωση (ανοξειδωτος χάλυβας) κ.λ.π. [1]. Οι χάλυβες κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε κραματικά στοιχεία. Έτσι διακρίνονται σε α) κοινούς χάλυβες, β) ελαφρά κραματωμένους χάλυβες και γ) ισχυρά κραματωμένους χάλυβες.

Οι προσθήκες των διαφόρων στοιχείων στο χάλυβα έχουν σκοπό να δώσουν καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες ενισχύοντας έτσι τον χάλυβα να αποκτήσει κατά τη θερμική επεξεργασία τις απαραίτητες μηχανικές ιδιότητες, ώστε για κάθε περίπτωση να μπορεί ο τεχνικός με περισσότερη άνεση να κάνει την επιλογή του. Ο κοινός χάλυβας χωρίς προσμίξεις δεν έχει α) αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, β) αντοχή στη διάβρωση, γ) αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, δ) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή εργαλείων. Στην πράξη οι κυριότερες προσθήκες στο χάλυβα είναι: Ni-Mn-Cr-Si-Mo και οι δευτερεύουσες οι: V-W-Cu-Ti-Al-B-Pb-Nb [1].

Χάλυβες και νικέλιο

Το νικέλιο αυξάνει την αντοχή του χάλυβα χωρίς να ελαττώνει την πλαστικότητά του. Στον κοινό χάλυβα αντί να αυξήσουμε τον άνθρακα για να του δώσουμε σκληρότητα σε βάρος της πλαστικότητας και της δυσθραυστότητας μπορούμε να προσθέσουμε Ni. Έτσι η αντοχή του στην κόπωση και στην φθορά είναι καλύτερη [1]. Το Ni δεν χρησιμοποιείται σε χάλυβες με υψηλές περιεκτικότητες άνθρακα, χρησιμοποιείται σε χάλυβες με άνθρακα C<0,6% και κυμαίνεται από 3-4%. Οι νικελιούχοι χάλυβες είναι κατάλληλοι για ενανθράκωση επειδή μας δίνουν σκληρή μικροκρυσταλλική επιφάνεια.

Αιωρούμενα σωματίδια

Σωματίδια, σε μελέτες σχετικές με την ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι ένας πολύ ευρύς όρος που καλύπτει όλες τις ουσίες στην ατμόσφαιρα που δεν είναι αέρια. Τα σωματίδια είναι συνδυασμοί πολλών μορίων, άλλες φορές παρόμοιων και άλλες φορές διαφορετικών μεταξύ τους. Τα αέρια σωματίδια υπάρχουν σε ποικιλία από σχήματα και μεγέθη και μπορεί να είναι είτε υγρής μορφής σταγονίδια είτε ξηρές σκόνες με μεγάλο εύρος φυσικών και χημικών ιδιοτήτων. Τα σωματίδια εκπέμπονται από πολλές διαφορετικές πηγές συμπεριλαμβανομένων των βιομηχανικών διεργασιών με ή χωρίς καύση, των μεταλλευτικών ή κατασκευαστικών δραστηριοτήτων και της αποτέφρωσης απορριμμάτων.

Πληροφορίες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων είναι απαραίτητες πριν επιχειρηθεί η σχεδίαση οποιασδήποτε συσκευής απομάκρυνσής τους. Στα χαρακτηριστικά των σωματιδίων περιλαμβάνονται το μέγεθος, η κατανομή του μεγέθους, το σχήμα, η πυκνότητα, η κολλώδης υφή, η ικανότητα διάβρωσης, η αντιδραστικότητα και η τοξικότητα [11].

Συστήματα αποκονίωσης

Για κάθε μετρικό τόνο παραγόμενου χάλυβα παράγονται 10 έως 15 κιλά σκόνης. Επομένως δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι τα σύγχρονα συστήματα αποκονίωσης είναι μεγάλης σημασίας. Η σκόνη παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία στην κατανομή μεγέθους σωματιδίων, στο σχήμα, στη χημική σύσταση, στο ειδικό βάρος, στην πυκνότητα, στην ευθραυστότητα, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα, στην συνοχή, στο πόσο υγροσκοπική και κολλώδης είναι κ.τ.λ. Η επιλογή του εξοπλισμού για την αφαίρεση της σκόνης περιπλέκεται ακόμα περισσότερο από την ποσότητα και την ποιότητα του επεξεργαζόμενου αερίου. Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι στη βιομηχανία αξιοποίησης του ορυκτού πλούτου.

Πίνακας 1.1: Σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι στη βιομηχανία αξιοποίησης του ορυκτού πλούτου

Κατηγορία Βιομηχανίας	Βιομηχανική Μονάδα	Κύρια Αιτία Ρύπανσης
Σίδηρος-Χάλυβας	Συσσωμάτωσης (Pelletizing, Sintering, Briquetting)	Σκόνη
	Υψικάμινος, Ηλεκτρική κάμινος, Μεταλλάκτης	Σκόνη, CO
	Φρύξης, Τήξης, Μεταλλαγής	Σκόνη, SO ₂
Πρωτογενής Cu	Μονάδες φρύξης και τήξης (Inco, Outokumpu)	Σκόνη
	Μονάδες φρύξης, τήξης και μεταλλαγής (Noranda, Mitsubishi)	Σκόνη
Πρωτογενής Zn	Φρύξης, Συσσωμάτωσης (Sintering), Ηλεκτρική κάμινος (Imperial Smelting Process), Φρεατώδης κάμινος	Σκόνη, SO ₂ Σκόνη
	Φρύξης, Συσσωμάτωσης (Sintering)	Σκόνη, SO ₂
Πρωτογενής Pb	H/K (Imperial Smelting Process), Φρεατώδης κάμινος, Περιστροφική Κάμινος, Κάμινος	Σκόνη, Pb

Πίνακας 1.1 (Συνέχεια): Σημαντικότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι στη βιομηχανία αξιοποίησης του ορυκτού πλούτου

Κατηγορία Βιομηχανίας	Βιομηχανική Μονάδα	Κύρια Αιτία Ρύπανσης
Ni από λατερίτη	Περιστροφική κάμιнос, Ηλεκτρική κάμιнос, Μεταλλάκτης	Σκόνη
Ni από λατερίτη	Περιστροφική κάμιнос, Ηλεκτρική κάμιнос, Μεταλλάκτης	Σκόνη
Πρωτογενές Al	Κελιά ηλεκτρόλυσης, Περιστροφική κάμιнос	Σκόνη, Φθοριούχες ενώσεις
Σιδηροκράματα	Περιστροφική κάμιнос, Ηλεκτρική κάμιнос	Σκόνη, Σκόνη, CO
Εμπλουτισμός	Θραύση, Ταξινόμηση	Σκόνη
Πυρίμαχα	Περιστροφική κάμιнос	Σκόνη
Τσιμέντο	Περιστροφική κάμιнос	Σκόνη
Αδρανή	Θραύση, Ταξινόμηση	Σκόνη

Ο σύγχρονος μηχανικός έχει στη διάθεσή του αρκετές κατηγορίες εξοπλισμού για την συλλογή της σκόνης όπως: συσκευές βαρυτικής καθίζησης ή κυκλώνες, σακόφιλτρα, ηλεκτροστατικούς κατακρημιστές (ηλεκτρόφιλτρα), και πλυντρίδες υγρού καθαρισμού καθώς και συσκευές αποκονίωσης για την απομάκρυνση της σκόνης από τα απαέρια.

Υγροί αποκονιωτές

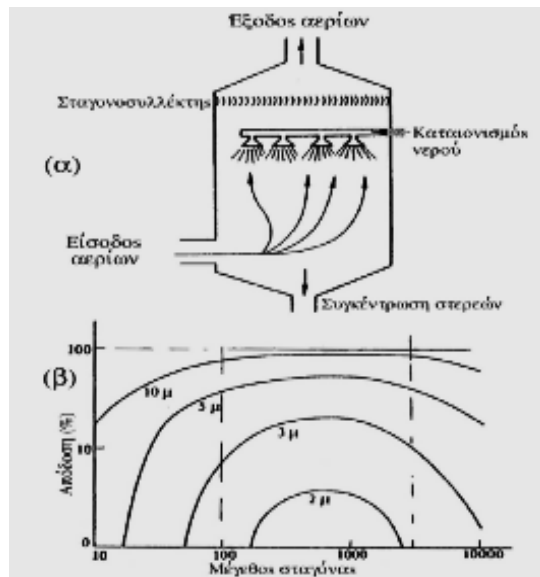
Συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν μίγματα υγρών για να απομακρύνουν τη σκόνη από τα απαέρια. (Τα υγρά δεσμεύουν την σκόνη και απομακρύνονται εύκολα, ενώ τα καθαρά απαέρια οδηγούνται στο επόμενο στάδιο της διαδικασίας) [14].

Τρόποι συγκράτησης σκόνης στους υγρούς αποκονιωτές

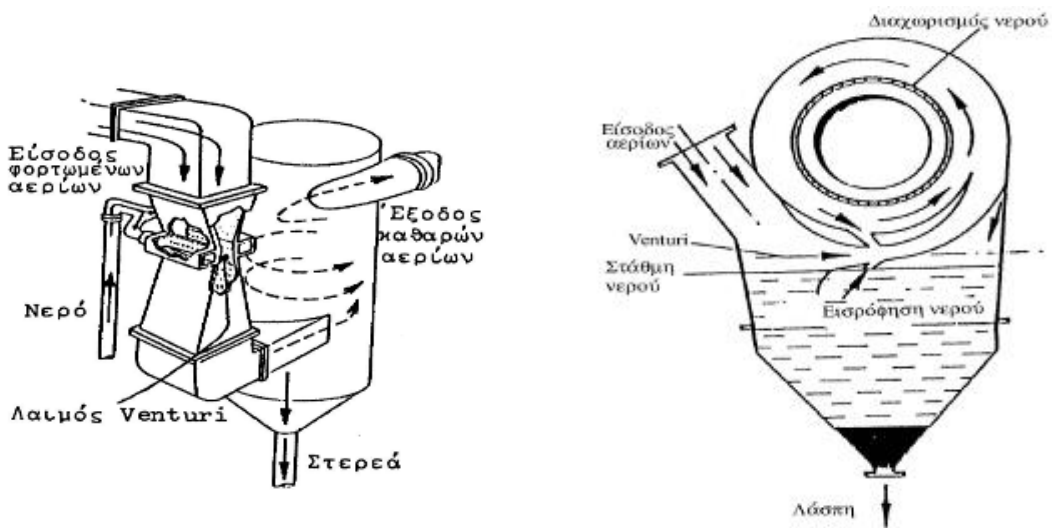
Η δέσμευση της σκόνης οφείλεται σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα: α) Συγκρούσεις μεταξύ σκόνης και σταγονιδίων υγρού. Όσο ισχυρότερες τόσο καλύτερη η δέσμευση, β) Ηλεκτροστατικές δυνάμεις μεταξύ σκόνης και σταγονιδίων υγρού. Συνήθως η σκόνη φέρει στατικό φορτίο, ενώ τα σταγονίδια φέρουν το δυναμικό της γης, γ) Φαινόμενα διάχυσης. Οι λεπτότατοι κόκκοι ακολουθούν την κίνηση Brown (παλμική κίνηση σωματιδίων μέσα σε υγρό) και συγκρούονται με τις σταγόνες του υγρού, δ) Συμπύκνωση (εκλεκτική) ατμών επάνω στους κόκκους της σκόνης και αύξηση του μεγέθους τους [14].

Τύποι υγρών αποκονιωτών

- Πύργοι καταιονισμού (Spray Towers), (Σχήμα 1.1)
- Πύργοι αυτοκαταιονισμού (Spray-induced spray towers), (Σχήμα 1.2 αριστερά)
- Πύργοι τύπου Venturi (Venturi washers ή Venturi scrubbers), (Σχήμα 1.2 δεξιά)
- Πύργοι ρευστού στερεού στρώματος (Fluidized bed scrubbers)
- Πύργοι σταθερού στρώματος (Packed bed scrubbers)
- Πύργοι επιπλέοντος στρώματος (Floating bed scrubbers)
- Υγροί κυκλώνες (Wet cyclons)



Σχήμα 1.1: Πύργος καταιονισμού. (α) Σχηματική παράσταση (β) Σχέση μεταξύ μεγέθους σταγόνων και απόδοσης, για μεγέθη κόκκων σκόνης από 2 έως 100 μm, υλικού με ε.β. 2 g/cm³ [14]

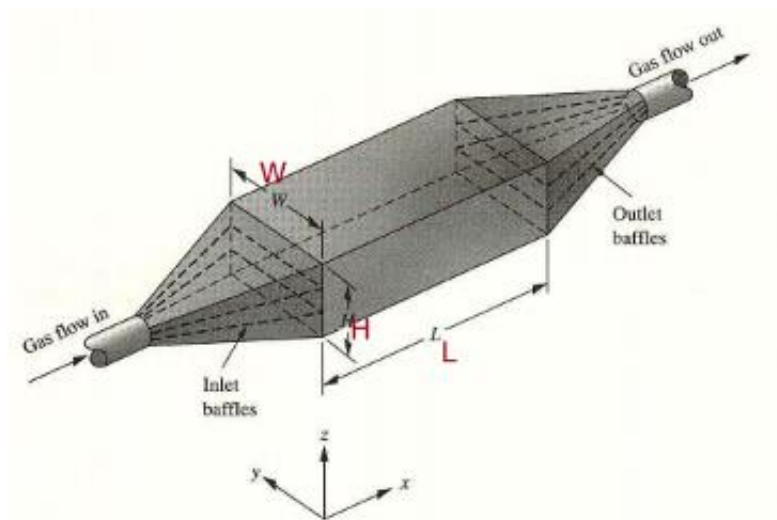


Σχήμα 1.2: αριστερά) Πύργος αυτοκαταιονισμού

Σχήμα 1.2: δεξιά) Πύργος πλύσης τύπου Venturi [14]

Συσκευή βαρυτικής καθίζησης

Είναι ένας θάλαμος ο οποίος υποβιβάζει την ταχύτητα του αερίου και αναγκάζει τα σωματίδια να καθιζάνουν με τη βαρύτητα (Σχήμα 1.3).



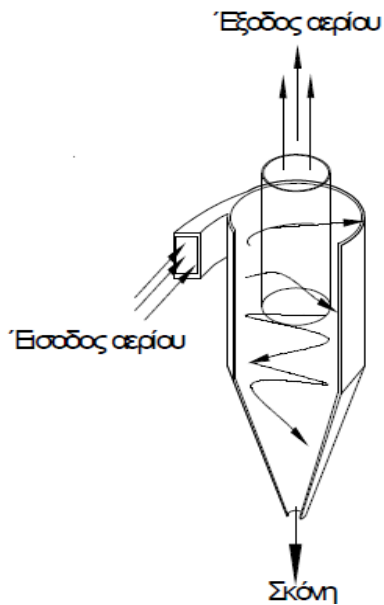
Σχήμα 1.3: Συσκευή βαρυτικής καθίζησης [12]

Κυκλώνες

Είναι φυγόκεντροι συλλέκτες, οι οποίοι απομακρύνουν τα σωματίδια αναγκάζοντας όλο το ρεύμα του αερίου να ρέει σε μία σπειροειδή πορεία στο εσωτερικό ενός σωλήνα (Σχήμα 1.4). Έτσι λόγω της φυγόκεντρης δύναμης, τα μεγαλύτερα σωματίδια κινούνται προς τα έξω και προσκρούουν στο τοίχωμα του σωλήνα. Τα σωματίδια ολισθαίνουν προς τα κάτω στο τοίχωμα και πέφτουν στη βάση του κυκλώνα, όπου και απομακρύνονται. Το καθαρισμένο ρεύμα του αερίου ρέει προς τα έξω από την κορυφή του κυκλώνα (Σχήμα 1.5).



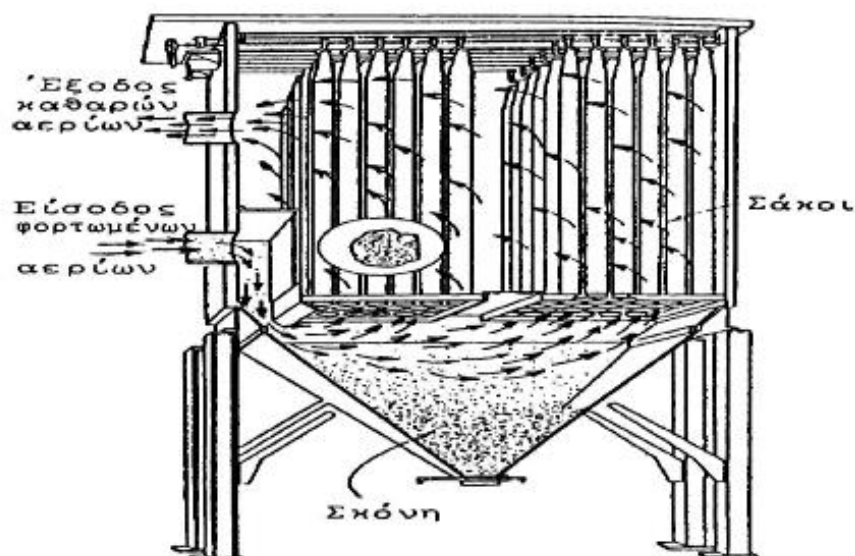
Σχήμα 1.4: Κυκλώνες [15]



Σχήμα 1.5: Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας ενός τυπικού κυκλώνα [2]

Σακόφιλτρα

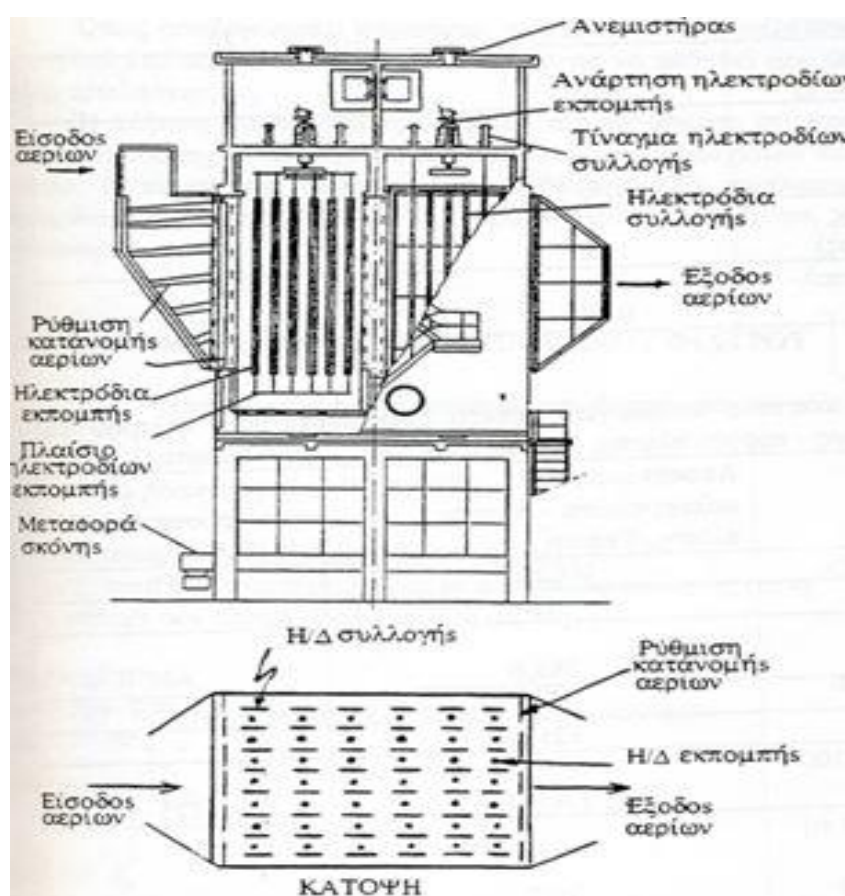
Είναι συλλέκτες οι οποίοι λειτουργούν με την ίδια αρχή όπως η ηλεκτρική σκούπα (Σχήμα 1.6). Ο αέρας που είναι φορτισμένος με σωματίδια σκόνης εξαναγκάζεται να περάσει μέσα από υφασμάτινο σάκο. Καθώς ο αέρας διέρχεται μέσα από την ύφανση, η σκόνη συσσωρεύεται πάνω στο ύφασμα, παρέχοντας ένα καθαρισμένο ρεύμα αέρα. Η σκόνη περιοδικά απομακρύνεται από το ύφασμα, παρέχοντας ένα καθαρισμένο αέρα [16].



Σχήμα 1.6: Σακόφιλτρα [16]

Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Εφαρμόζουν ηλεκτρική δύναμη για να διαχωρίσουν τα σωματίδια από το ρεύμα του αερίου (Σχήμα 1.7). Μεταξύ των ηλεκτροδίων δημιουργείται μία υψηλή πτώση τάσης και τα σωματίδια διερχόμενα μέσα από το δημιουργούμενο ηλεκτρικό πεδίο αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο. Τα φορτισμένα σωματίδια έλκονται και συγκεντρώνονται σε μία αντιθέτως φορτισμένη πλάκα και το καθαρισμένο αέριο ρέει μέσω της συσκευής. Περιοδικά οι πλάκες καθαρίζονται με απότομα χτυπήματα για να τιναχθεί το στρώμα της σκόνης η οποία συσσωρεύεται. Η σκόνη συγκεντρώνεται στο κάτω μέρος της συσκευής [16].

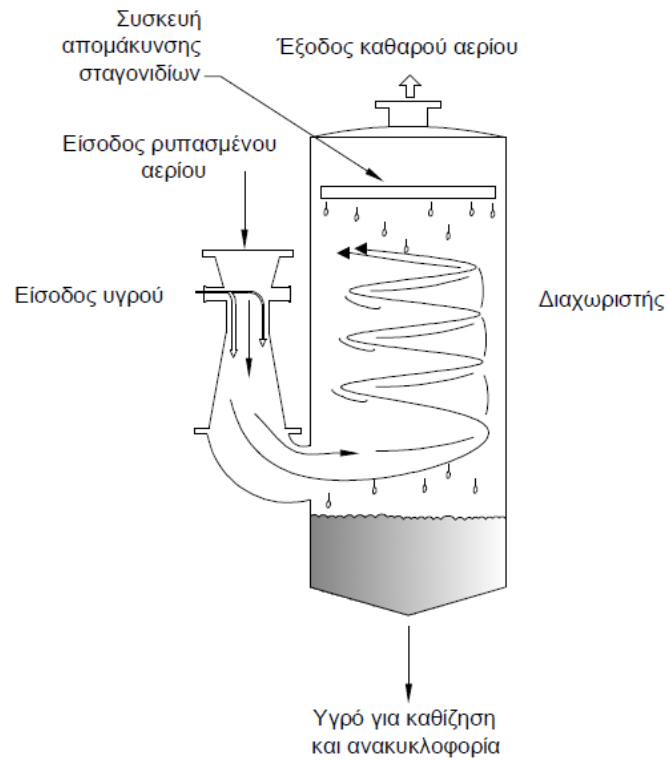


Σχήμα 1.7: Γενική εικόνα ηλεκτροστατικού φίλτρου Η/Φ [16]

Πλυντρίδες υγρού καθαρισμού

Χρησιμοποιούν τις αρχές της πρόσκρουσης και της ανάσχεσης των σωματιδίων της σκόνης με σωματίδια νερού. Οι μεγαλύτερες και βαρύτερες σταγόνες νερού είναι εύκολα διαχωρίσιμες από το αέριο με βαρύτητα. Τα στερεά σωματίδια μπορούν στη συνέχεια να διαχωριστούν από το νερό ή διαφορετικά το νερό μπορεί να υποστεί επεξεργασία πριν την

επαναχρησιμοποίηση ή τη διάθεση (Σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8: Πλυντρίδες υγρού καθαρισμού [2]

Γενική Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Α.Ε. Λάρκο

2.1 Γενικά

Η ΛΑΡΚΟ Γ.Μ.Μ.Α.Ε., μια από τις μεγαλύτερες μεταλλουργικές βιομηχανίες της χώρας και από τις μεγαλύτερες του είδους στην Ευρώπη, παραμένει ο μοναδικός παραγωγός νικελίου στην Ε.Ε. από εγχώρια μεταλλεύματα (Σχήμα 2.1). Δραστηριοποιείται σε επτά νομούς της χώρας και απασχολεί 1200 άμεσα και 1500 έμμεσα εργαζόμενους. Το 1966 χάραξε ένα καινούριο δρόμο παραγωγής νικελίου (εκμετάλλευση μεταλλείων Ευβοίας και παραγωγή σιδηρονικελίου, αντί της παραγωγής ηλεκτρολυτικού νικελίου από τα μεταλλεύματα του Αγίου Ιωάννη Λοκρίδας) και κατέκτησε μία σοβαρή θέση ανάμεσα στους σημαντικούς παραγωγούς νικελίου. Η μονάδα μεταλλουργίας βρίσκεται στη Λάρυμνα Φθιώτιδος.



Σχήμα 2.1: Γ.Μ.Μ.Ε ΛΑΡΚΟ

2.2 Μεταλλεία

- Μεταλλείο Ευβοίας

Η ΛΑΡΚΟ συνολικά διαθέτει τρία Μεταλλεία και ένα Λιγνιτωρυχείο. Το πρώτο Μεταλλείο επιφανειακής εκμετάλλευσης βρίσκεται στην περιοχή της Εύβοιας. Διαθέτει σύγχρονο χωματοουργικό εξοπλισμό επιφανειακών εκμεταλλεύσεων, δύο εγκαταστάσεις θραύσης και κοσκίνισης των μεταλλευμάτων, μονάδα εμπλουτισμού και εγκαταστάσεις ομογενοποίησης και φόρτωσης πλοίων.

Για την μεταφορά του μεταλλεύματος από το Τριβείο στις εγκαταστάσεις εμπλουτισμού και ομογενοποίησης, υπάρχει ενιαίο σύστημα μεταφορικής ταινίας, μήκους 7,5 km, το οποίο αξιοποιεί την υψομετρική διαφορά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 1.2-1.5 εκατομμύρια τόνους. Η μέση περιεκτικότητα σε νικέλιο είναι 1%-1.03% [17].

- Μεταλλείο Αγ. Ιωάννη

Τα Μεταλλεία Αγίου Ιωάννη βρίσκονται στο Νέο Κόκκινο του Νομού Βοιωτίας, 7 km από το Μεταλλουργικό Εργοστάσιο της Λάρυμνας. Είναι τα παλαιότερα Μεταλλεία της Εταιρίας και λειτουργούν με μία υπόγεια και τρεις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις. Μια τέταρτη επιφανειακή εκμετάλλευση δημιουργήθηκε ως επέκταση σε υπάρχουσες επιφανειακές εκμεταλλεύσεις.

Το πρώτο υπόγειο μεταλλείο στην περιοχή άρχισε να λειτουργεί στις αρχές του προηγούμενου αιώνα. Τα Μεταλλεία είναι εξοπλισμένα με σύγχρονο υπόγειο και επιφανειακό εξοπλισμό και πρόσθετες μονάδες διατηρητικών μηχανημάτων. Επιπλέον, υπάρχουν δύο εγκαταστάσεις θραύσης-κοσκίνισης καθώς και μονάδα εμπλουτισμού και μονάδα ομογενοποίησης του μεταλλεύματος. Η ετήσια παραγωγή μετά το μαγνητικό διαχωρισμό ανέρχεται σε 700.000 τόνους μεταλλεύματος περιεκτικότητας σε νικέλιο, 1,05-1,1%.

- Μεταλλείο Καστοριάς

Τα Μεταλλεία Καστοριάς, βρίσκονται κοντά στα Αλβανικά σύνορα και άρχισαν να λειτουργούν τη δεκαετία του 1990. Τα μεταλλεία είναι επιφανειακά και λειτουργούν με εργολαβικά συνεργεία εξόρυξης και αποκάλυψης.

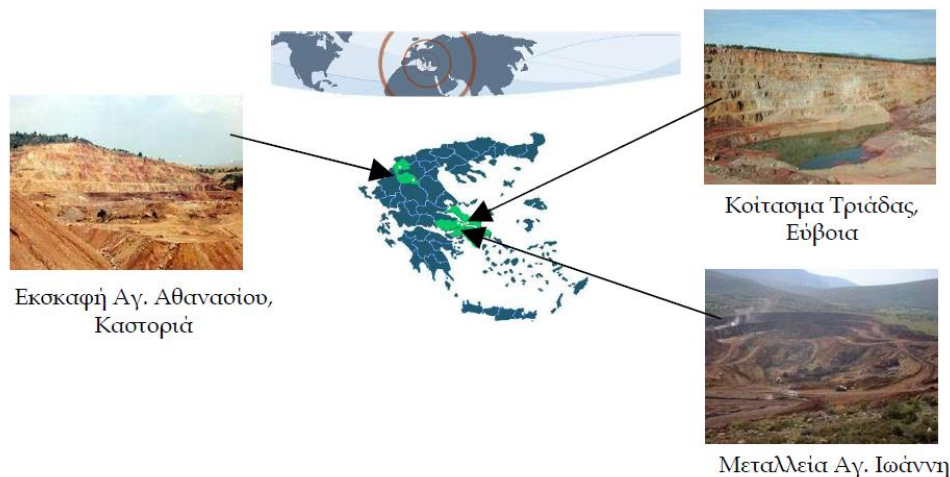
Υπάρχουν τρεις περιοχές με αποθέματα στην Καστοριά, εκ των οποίων δύο μόνο εκμεταλλεύονται σε μόνιμη βάση. Εξαιτίας του υψομέτρου και των καιρικών συνθηκών το Μεταλλείο Κούκος μπορεί να εκμεταλλευτεί μόνο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Τα Μεταλλεία Καστοριάς διαθέτουν εγκαταστάσεις θραύσης-κοσκίνισης και εμπλουτισμού του μεταλλεύματος. Η ετήσια παραγωγή τους ανέρχεται περίπου σε 300.000 τόνους μεταλλεύματος περιεκτικότητας σε νικέλιο που κυμαίνεται από 0,87-1,45%.

- Λιγνιτωρυχείο Σερβίων

Το Λιγνιτωρυχείο Σερβίων, βρίσκεται στα Σέρβια του νομού Κοζάνης. Η κάλυψη των αναγκών του Μεταλλουργικού Εργοστασίου στη Λάρυμνα οδήγησε τη ΛΑΡΚΟ στην ανάπτυξη έντονων μεταλλευτικών δραστηριοτήτων στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, με σκοπό την αναζήτηση κατάλληλων στερεών καυσίμων. Η εκμετάλλευση του ορυχείου είναι επιφανειακή. Ο λιγνίτης θραύεται και κοσκινίζεται στο μέγεθος των 50 mm. Η ετήσια παραγωγή του κυμαίνεται περίπου στους 250.000-300.000 τόνους λιγνίτη, ανάλογα με τις ανάγκες της εταιρίας.

Η σχηματική αναπαράσταση μεταλλείων εργοστασίου Λάρυμνας στον Ελλαδικό χάρτη παρουσιάζεται στον παρακάτω Σχήμα 2.2.



Σχήμα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση των μεταλλείων του εργοστασίου της Λάρκο στον Ελλαδικό χάρτη

2.3 Το σιδηρονικέλιο

2.3.1 Γενικά

Χαρακτηριστικό γνώρισμα του σιδηρονικελίου, από απόψεως χημικής συστάσεως, είναι η αναπόφευκτη παρουσία σημαντικής ποσότητας κοβαλτίου. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τη σχέση Co/Ni του αρχικού μεταλλεύματος, η οποία επανευρίσκεται ελαφρά μειωμένη στο προκύπτον σιδηρονικέλιο.

Η παρουσία του κοβαλτίου περιορίζει τη χρήση του σιδηρονικελίου για την παρασκευή νικελιούχων χυτοχαλύβων. Διατίθενται διάφοροι τύποι σιδηρονικελίου με σύσταση που ποικίλλει σε ευρέα όρια. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται αναλύσεις διαφόρων ποιοτήτων της εταιρείας Le Nickel, όπως επίσης και των εταιρειών Hanna και Larco.

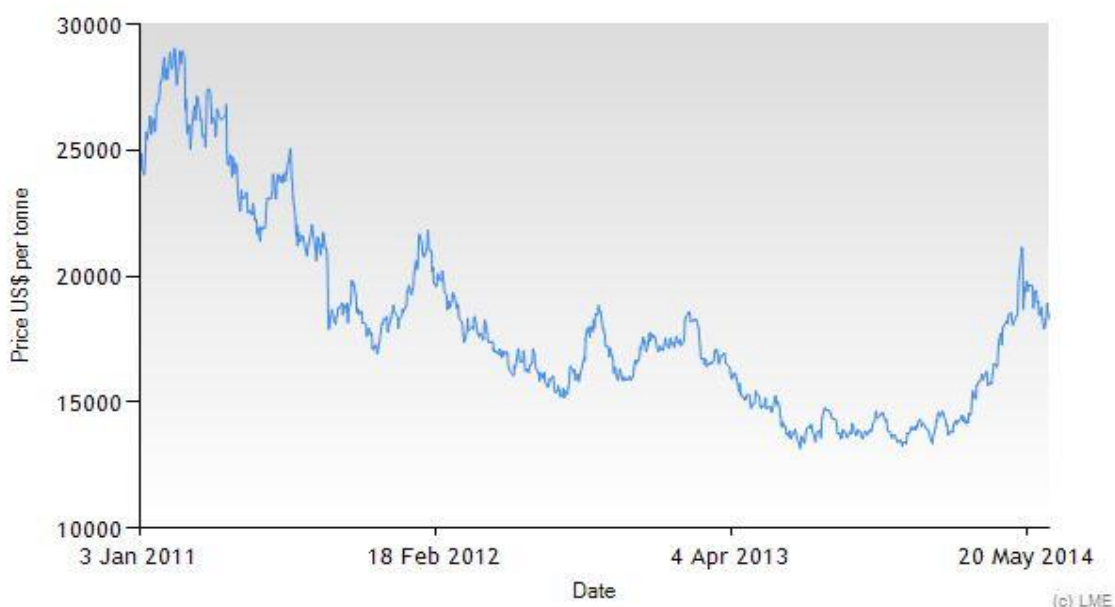
Πίνακας 2.1: Ποιότητες FeNi των κυριότερων παραγωγών [3]

	SLN FN1	SLN FN2	SLN FN3	SLN FN4	SLN FN-C	HANNA	LARCO
(Ni + Co) %	20 – 30	20 - 30	20 - 30	20 - 28	22 - 28	49	25 - 30
Co %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,65		
S max. %	0,04	0,04	0,04	0,28	0,07	0,005	0,04
C %	0,04	1	1,5 – 1,8	2	1,5 – 1,8	0,02	0,02
Si %	0,04		1,8 - 3	1,8 - 3	1,5 – 2,5	0,90	0,02
As %							0,20
Cu %						0,10	
P %	0,03		0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
Cr %			1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,4 – 1,8	0,02	0,02
Fe %	Υπολ.	Υπολ.	Υπολ.	Υπολ.	Υπολ.	Υπολ.	Υπολ.

Τόσο το 2010, όσο και το 2011 ήταν ομολογουμένως άσχημες χρονιές για την εξορυκτική δραστηριότητα και ο τομέας παρουσίασε σημαντική κάμψη σε όλα τα μεγέθη, ακολουθώντας την σημαντική πτώση στη ζήτηση αλλά και τις τιμές των πρώτων υλών στους κλάδους της χαλυβουργίας, των κατασκευών, της οικοδομής, του τσιμέντου και του σκυροδέματος.

Εντός του 2010, η παραγωγή είχε μια σημαντική ανάκαμψη (περίπου 14.000 t Ni) από το ιστορικό χαμηλό επίπεδο των 8269 t του 2009. Εντός του 2011, που ήταν μια από τις ιστορικά καλύτερες χρονιές για την ΛΑΡΚΟ ΓΜΜΑΕ, επετεύχθη άνοδος κατά 30% και πλέον της παραγωγής η οποία ανήλθε σε 18.527 t νικελίου. Ανάλογη αύξηση είχε και στον ετήσιο κύκλο εργασιών ο οποίος για το 2011 ανήλθε σε 311,12 εκατ. ευρώ σε σχέση με το προηγούμενο έτος (239,5 εκατ. ευρώ) ενώ ακόμη μεγαλύτερη ήταν η άνοδος του όγκου πωλήσεων/εξαγωγών, ο οποίος ενισχύθηκε κατά 40%, σε 18.594 τόνους (αποτελεί ιστορικό ρεκόρ πωλήσεων), κυρίως λόγω αύξησης της ζήτησης σε ανοξείδωτο χάλυβα αλλά και της

επαναλειτουργίας όλων των ηλεκτροκαμίνων του εργοστασίου. Είναι σημαντικό ότι οι ανωτέρω σημαντικές επιδόσεις επετεύχθησαν σε συνθήκες πτώσης τιμών του νικελίου (κατά 24%) κατά το πρώτο τετράμηνο του 2011. Στο Σχήμα 2.3 παρουσιάζονται οι τιμές του νικελίου σε μονάδες ανά τόνο από το έτος 2011 μέχρι το 2014 όπου είναι φανερό πως μετά την ύφεση των 2-3 ετών του διαγράμματος από το 2012-2014 διαφαίνεται μία τάση ανόδου η οποία όμως δεν κρίνεται ακόμα ασφαλής για οικονομικά 'ανοίγματα'. Πρέπει η άνοδος των τιμών του νικελίου να συνεχιστεί και μελλοντικά έτσι ώστε να σταθεροποιηθεί ένα υψηλό επίπεδο τιμών του νικελίου. Ακόμη στον παρακάτω πίνακα 2.2 παρουσιάζεται η παραγωγή ορυκτών πρώτων υλών και σκωρίας την περίοδο 2010-2011.



Σχήμα 2.3: Παρουσίαση πτώσεως τιμών νικελίου (σε μονάδες ανά τόνο) την περίοδο Ιαν. 2011 – Ιουν. 2014 [19]

Πίνακας 2.2: Παραγωγή πρώτων υλών και σκωρίας 2010-2011 [18]

ΠΑΡΑΓΩΓΗ (αλουμίνιο, νικέλιο, βωξίτης, λατερίτης, σκωρία)	Ποσότητα σε τόνους (t)	
	2010	2011
Βωξίτης	1.993.826	2.300.00
Αλουμίνιο, πρωτόχυτο (παραγωγή χυτηρίου)	139.824	167.490
Αλουμίνα Al ₂ O ₃ (άνυδρη)	661.882	683.030
Αλουμίνα Al ₂ O ₃ (ένυδρη)	785.100	809.700
Σιδηρονικελιούχο μετάλλευμα (λατερίτης)	1.902.976	2.235.966
Κράμα σιδηρονικελίου (FeNi)	69.596	93.905
Νικέλιο στο κράμα σιδηρονικελίου	13.956	18.527
Σκωρία (χονδρομερές παραπροϊόν)	57.156	69.674
Σκωρία (τριμμένο παραπροϊόν, -5mm)	59.500	79.011

2.3.2 Το νικέλιο

Ένα βασικό προϊόν που προέρχεται από την ελληνική εξαγωγική μεταλλουργία και στηρίζεται εξολοκλήρου σε εγχώριες ορυκτές πρώτες ύλες είναι το νικέλιο. Οι πρώτες ύλες από τις οποίες προέρχεται είναι ο λατερίτης (σιδηρονικελιούχο κοίτασμα).

Το Ni παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1751 από τον Σουηδό Cronstend. Το χημικό στοιχείο Νικέλιο είναι ένα μέταλλο της όγδοης ομάδας του περιοδικού πίνακα. Ανήκει στη κατηγορία των στοιχείων μετάπτωσης του Περιοδικού πίνακα, 1η κύρια σειρά με ατομικό αριθμό 28 και ατομικό βάρος 58,71. Το ειδικό του βάρος είναι 8,9 gr/cm³ με θερμοκρασία τήξης 1453 °C και θερμοκρασία βρασμού 2732 °C.

Το χρώμα του είναι λαμπερό αργυρόλευκο. Είναι ελατό με μαγνητική συμπεριφορά, ανθεκτικότερο του σιδήρου και αμετάβλητο στον αέρα ως συμπαγές ενώ ταυτόχρονα αντέχει σε μεγάλες πιέσεις.

Διαλύεται στο νιτρικό οξύ, ενώ στο υδροχλωρικό οξύ διαλύεται αργά και εν βρασμό. Δεν αντιδρά με τα αλκάλια. Επειδή σε λεπτό διαμερισμό διαλύει το υδρογόνο σε ποσοστό 17 φορές τον όγκο του, χρησιμοποιείται ευρύτατα ως καταλύτης υδρογόνωσης των ελαίων στη παρασκευή λιπών. Ο λατερίτης (οξειδία) και οι θειούχες ενώσεις αποτελούν τους δύο βασικούς φυσικούς πόρους του νικελίου, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 60 και 40 % των πρωτογενών αποθεμάτων νικελίου στον κόσμο αντίστοιχα.

Οι τρεις τύποι λατερίτη του νικελίου είναι οι εξής: λειμονιτικός, ενδιάμεσος και σαπρωλιθικός (γαρνιεριτικός). Οι σαπρωλιθικοί λατερίτες είναι πλούσιοι σε οξειδία μαγνησίου και πυριτίου και πτωχοί σε σίδηρο, με ποσοστά νικελίου που κυμαίνονται από 1 - 5 σε 3 - 5 %.

Οι λειμονιτικοί είναι πλούσιοι σε οξειδία σιδήρου με μια υψηλή περιεκτικότητα σιδήρου και ένα μικρό ποσοστό νικελίου 1 - 2 %.

Οι λατερίτες κατανέμονται σε 3 ομάδες: α) σαπρωλιθικός τύπος γαρνιερίτη με ποσοστό Fe < 12% και MgO > 25%, β) λειμονιτικός τύπος λατερίτη με ποσοστό Fe 15 - 32% και MgO με ποσοστό < 10%, γ) ενδιάμεσος τύπος μεταλλευμάτων λατερίτη που βρίσκεται μεταξύ λειμονιτικού και γαρνιεριτικού είδους με ποσοστά σιδήρου 12 - 15 % και MgO 25 - 35% [13].

Τα ελληνικά αποθέματα αντιπροσωπεύουν το 90% των αποθεμάτων νικελιούχων λατεριτών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ το υπόλοιπο εμφανίζεται στη Φινλανδία. Οι λατερίτες της Εύβοιας και της Λοκρίδας ταξινομούνται στην ομάδα Β, ενώ ο λατερίτης της Καστοριάς κατατάσσεται στην ομάδα Γ [13]. Στον παρακάτω πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η τυπική χημική ανάλυση των ελληνικών νικελιούχων λατεριτών.

Πίνακας 2.3: Τυπική χημική ανάλυση των ελληνικών νικελιούχων λατεριτών [13]

Συστατικό	Εύβοια %	Λοκρίδα %	Καστοριά %
SiO ₂	28,2	18,6	32,2
Al ₂ O ₃	7	10,9	2,9
Fe ₂ O ₃	47,5	45	24,8
Fe _{tot}	33,2	31,4	7,3
Cr ₂ O ₃	3,1	2,7	1,4

Πίνακας 2.3 (συνέχεια): Τυπική χημική ανάλυση των ελληνικών νικελιούχων λατεριτών [13]

Συστατικό	Εύβοια %	Λοκρίδα %	Καστοριά %
MnO	0,04	0,04	0,01
MgO	3,2	4	15,4
Ni	1,03	1,15	1,45
Co	0,05	0,06	0,06
S	0,4	0,45	0,40
CaO	3	6,6	1,45
LOI(Loss of Ignition, Απώλεια πύρωσης)	5	7,5	12,5
Σύνολο	98,88	97,41	99,03

2.3.3 Μέθοδοι εξαγωγής του νικελίου

Λόγω της πολύπλοκης ορυκτολογικής σύστασης και της περιορισμένης δυνατότητας εφαρμογής γνωστών τεχνολογιών, η ανάκτηση του νικελίου από τους λατερίτες είναι μία σχετικά δύσκολη διαδικασία [4].

Μέσα στο μεταλλεύμα υπάρχουν και άλλα μέταλλα, τα οποία δεν μπορούν να εξαχθούν οικονομικά όπως ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το χρώμιο. Γενικά η πολυμορφία των μεταλλευμάτων οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων εξαγωγής νικελίου, όπως είναι οι Πυρομεταλλουργικές και οι Υδρομεταλλουργικές [4].

Οι Πυρομεταλλουργικές διεργασίες εφαρμόζονται κατά την παραγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματα και λαμβάνουν χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες, συνήθως 800-1600 °C, απουσία υδατικής φάσης. Τέτοιες διεργασίες είναι η ξήρανση, η πύρωση, η φρύξη, η τήξη, η απόσταξη και η ηλεκτρόλυση τήγματος. Με τις Πυρομεταλλουργικές διεργασίες παράγεται περισσότερο από το 95% όλων των μετάλλων. Ο σίδηρος και ο χάλυβας παράγονται αποκλειστικά με Πυρομεταλλουργικές μεθόδους.

Οι Υδρομεταλλουργικές διεργασίες διεξάγονται σε χαμηλές θερμοκρασίες, συνήθως από 25 μέχρι 150 °C περίπου και περιλαμβάνουν τη χρήση ύδατος ή υδατικών διαλυμάτων για την εξαγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματα ή άλλα υλικά. Επίσης, η πίεση στην οποία λαμβάνει χώρα η Υδρομεταλλουργική κατεργασία μπορεί να είναι υψηλή (πολλές ατμόσφαιρες) σε αντίθεση με την Πυρομεταλλουργική διεργασία η οποία διεξάγεται συνήθως σε ατμοσφαιρική πίεση. Οι Υδρομεταλλουργικές διεργασίες περιλαμβάνουν την

εκχύλιση, τον διαχωρισμό στερεής-υγρής φάσης, τις διεργασίες καθορισμού του μεταλλοφόρου διαλύματος ή αποχωρισμού της ένωσης του μετάλλου και την ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος.

Η εφαρμοζόμενη μέθοδος παραγωγής του FeNi του εργοστασίου της Λάρκο είναι πυρομεταλλουργική, γνωστή σαν μέθοδος SL (SMELTING Ni-LARCO) και αποτελεί την εξέλιξη της μεθόδου LM προσαρμοσμένης στις ειδικές συνθήκες για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων. Συνίσταται στα εξής επιμέρους στάδια λειτουργίας 1) ΞΗΡΑΝΣΗ-ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΑΓΩΓΗ του NiO σε Ni-ΜΕΡΙΚΗ ΑΝΑΓΩΓΗ των οξειδίων του σιδήρου, χωρίς να φθάνουμε βέβαια στη μέγιστη παραγωγή μεταλλικού Fe. Η παραπάνω διεργασία είναι γνωστή σαν προαναγωγή, πραγματοποιείται σε περιστροφικές καμίνους (Π/Κ) και αποσκοπεί στην παραλαβή από το υλικό μεγάλου ποσού ενέργειας πριν αυτό οδηγηθεί στο επόμενο στάδιο κατεργασίας, λόγω του φθηνότερου τρόπου που αυτό επιτυγχάνεται. 2) ΤΗΞΗ του φορτίου-συμπλήρωση της ΑΝΑΓΩΓΗΣ-ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ρευστών φάσεων ΣΚΩΡΙΑΣ-ΜΕΤΑΛΛΟΥ. Αποτελεί την κυρίως αναγωγική διαδικασία και πραγματοποιείται σε ηλεκτρική κάμινο εμβαπτιζομένου τόξου. Σαν παραπροϊόν λαμβάνεται σκωρία που απορρίπτεται στον Ευβοϊκό κόλπο ή πωλείται σαν πρώτη ύλη στην τσιμεντοβιομηχανία. Σαν προϊόν λαμβάνεται κράμα FeNi μέσης περιεκτικότητας 15% σε Ni. 3) Στη συνέχεια ακολουθεί ένα ακόμη στάδιο επεξεργασίας που δεν αποτελεί αμιγές στάδιο της εξαγωγικής διαδικασίας αλλά αποβλέπει στον καθαρισμό και εμπλουτισμό του παραγόμενου από τις ηλεκτρικές καμίνους κράματος. Πρόκειται για το στάδιο της ΜΕΤΑΛΛΑΓΗΣ, το οποίο πραγματοποιείται με εμφύσηση οξυγόνου από τον πυθμένα σε μεταλλάκτη τύπου OBM. Το τελικό κράμα που προκύπτει (μέσης περιεκτικότητας 22% σε Ni), είτε κοκκοποιείται ή χυτεύεται σε τύπους (χελώνες) προκειμένου να πωληθεί.

2.4 Παρουσίαση παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου της Λάρκο

Το εργοστάσιο διαρθρώνεται σε τμήματα παραγωγής-ενότητες τους, τα οποία ελέγχουν και συντονίζουν τις διαδοχικές φάσεις επεξεργασίας χωριστά, χωρίς όμως να χάνει την οργανική ενότητα και το συγχρονισμό του το σύνολο. Πρόκειται για τα επιμέρους τμήματα:

- Τμήμα Π0: στο οποίο γίνεται η διακίνηση των πρώτων υλών, η προετοιμασία του μεταλλεύματος (λειοτριβήση) και ανάμειξη του μεταλλουργικού μίγματος για την τροφοδοσία των εγκαταστάσεων. Επίσης συντονίζει τη μεταφορά και τη φόρτωση των τελικών προϊόντων του εργοστασίου (μετάλλου-σκωρίας) προς τους τόπους προορισμού τους.
- Τμήμα Π1: στο οποίο πραγματοποιείται η προαναγωγή του μεταλλεύματος σε περιστροφικές καμίνους (Π/Κ). Στο τμήμα υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα αποκονίωσης των καπναερίων.
- Τμήμα PELLETS: στο οποίο πραγματοποιείται η προετοιμασία της συλλεγόμενης σκόνης με τη μορφή PELLETS, προκειμένου να αξιοποιηθεί επανακυκλούμενη στις περιστροφικές καμίνους.

- Τμήμα Π2: στο οποίο πραγματοποιείται η αναγωγική τήξη του προϊόντος (ΠΕΚ) των περιστροφικών καμίνων.
- Τμήμα Π3: στο οποίο πραγματοποιείται η μεταλλαγή του κράματος των ηλεκτρικών καμίνων και η τελική μορφοποίησή του.

Επίσης η παραγωγική διαδικασία πλαισιώνεται από ανεξάρτητες βοηθητικές μονάδες: α) Μονάδα συντήρησης των εγκαταστάσεων η οποία περιλαμβάνει τα επιμέρους τμήματα: μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό και ρευστών, β) Μονάδα παραγωγής οξυγόνου και καθαρισμού των βιομηχανικών νεύρων, γ) Χημείο αναλύσεων των εισαγμένων και εξαγομένων υλικών, δ) Μονάδα διακίνησης των οχημάτων του εργοστασίου, ε) Μονάδα διοίκησης και συντονισμού των προμηθειών.

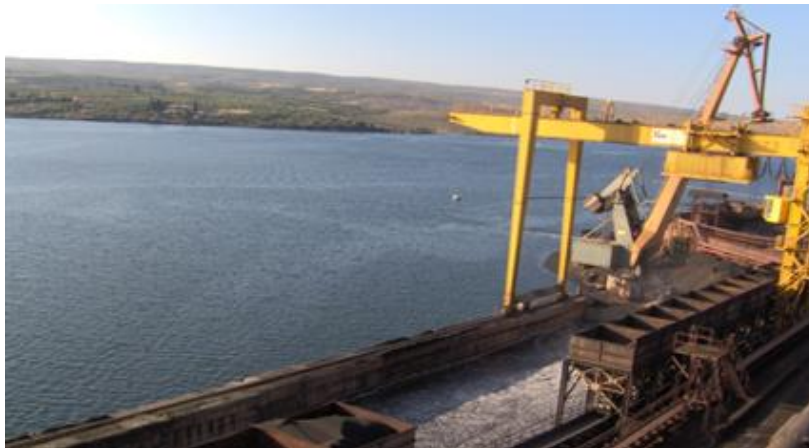
2.4.1. Τμήμα Π0:

Στις αρμοδιότητες του τμήματος Π0 ανήκει:

- η διακίνηση, η αποθήκευση και η τροφοδοσία του μεταλλεύματος και των στερεών καυσίμων στα σιλό ανάμιξης για την τροφοδοσία των περιστροφικών καμίνων.
- η διακίνηση της σκουριάς των μεταλλακτών καθώς και των χιτώνων των Π/Κ.
- η διακίνηση και φόρτωση του τελικού προϊόντος.

Το τμήμα Π0 απαρτίζεται από τις κάτωθι εγκαταστάσεις:

- Το λιμάνι, όπου γίνεται η εκφόρτωση των πρώτων υλών και φόρτωση των προϊόντων του εργοστασίου (Σχήμα 2.4).
- Την πλατεία Α υλών, η οποία γίνεται η πρωτογενής αποθήκευση των μεταλλευμάτων (ΜΕΙ, ΜΕΕ, ΜΕΚ, ΜΕΤ) καθώς και των στερεών καυσίμων (Σχήμα 2.5).
- Δίκτυο ταινιόδρομων ρυθμιζόμενης ταχύτητας οι οποίοι συνδέονται με ηλεκτρονικούς ταινιοζυγούς αυτόματης ζύγισης.
- Πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου του δικτύου μέσω κεντρικού πίνακα, για άμεση ρύθμιση των τροφοδοτούμενων ποσοτήτων.



Σχήμα 2.4: Εκφόρτωση πρώτων υλών στο λιμάνι της Λάρυμνας



Σχήμα 2.5: Πλατεία Α' υλών

Στη συνέχεια στον πίνακα 2.4 και στον πίνακα 2.5 παρουσιάζονται ποσότητες και η κοκκομετρία των πρώτων υλών αντίστοιχα του τμήματος ΠΟ.

Πίνακας 2.4: Ποσότητες πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγική διαδικασία

ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (t/ χρόνο)
1.Λατερίτης	
Καστοριάς	300.000
Αγ. Ιωάννη	600.000
Εύβοιας	1.100.000
2.Λιγνίτης	
Πτολεμαΐδας	100.000
Σερβίων	250.000
3.Γαιάνθρακας	100.000
4.Μαζούτ	30.000
5.Οξυγόνο	20.000
6.Άσβεστος	10.000
7.Πυρίμαχα υλικά	3.000

Πίνακας 2.5: Κοκκομετρία πρώτων υλών

Λατερίτης		Γαϊάνθρακας		Λιγν. Πτολεμαΐδας		Pellets	
Άνοιγμα Κόσκινου (mm)	Βάρος (%)	Άνοιγμα Κόσκινου (mm)	Βάρος (%)	Άνοιγμα Κόσκινου (mm)	Βάρος (%)	Άνοιγμα Κόσκινου (mm)	Βάρος (%)
+13,33	9,0	+26,67	1,2	+3,33	1,5	+13,33	31,6
+6,68	17,9	+18,85	2,8	+1,65	17,0	+6,68	59,9
+3,33	17,5	+9,42	19,7	+0,83	28,6	+3,33	6,2
+1,65	19,8	+4,70	20,0	+0,42	23,0	-3,33	2,2
+0,83	18,9	+2,36	15,8	+0,15	17,2		
-0,83	16,5	+1,17	14,4	-0,15	12,7		
		+0,60	11,9				
		-0,60	14,2				

2.4.2 Τμήμα Π1

Το τμήμα Π1 αποτελεί ένα από τα βασικότερα τμήματα του εργοστασίου, στο οποίο πραγματοποιείται ξήρανση και προθέρμανση του μεταλλουργικού μίγματος καθώς και μερική αναγωγή των οξειδίων Ni και Fe εντός των περιστροφικών κλιβάνων (Π/Κ). Οι κλίβανοι έχουν διαταχθεί με την ακόλουθη σειρά από την θάλασσα προς το βουνό : Π/Κ4 – Π/Κ1–Π/Κ2 - Π/Κ3 (Σχήμα 2.6). Το προϊόν εξαγωγής των Π/Κ αποτελεί την τροφοδοσία των ηλεκτροκαμίνων και αναφέρεται ως ΠΕΚ (Προϊόν Εξαγωγής Καμίνου). Η προ επεξεργασία του μεταλλουργικού μίγματος στους Π/Κ έχει ως στόχο:

- Την επίτευξη ικανοποιητικού βαθμού αναγωγής. Ο βαθμός αναγωγής κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 55–65%.
- Το ποσοστό του άνθρακα που περιέχεται στο ΠΕΚ να κυμαίνεται από 2-3% ώστε να ολοκληρωθεί η αναγωγή του λατερίτη στους Η/Κ.



Σχήμα 2.6: Διάταξη Π/Κ εργοστασίου Λάρκο

Ανάμιξη των πρώτων υλών για την τροφοδοσία των Π/Κ.

Η ανάμιξη των πρώτων υλών (Σχήμα 2.7) για την παραγωγή του μεταλλουργικού μίγματος αποτελεί βασική λειτουργία του εργοστασίου καθώς σε αυτό το στάδιο καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό η ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Υπάρχουν 2 εγκαταστάσεις ανάμιξης με ξεχωριστά συστήματα ταινιόδρομων η κάθε μια, που οδηγούν τα συστατικά του μεταλλουργικού μίγματος από τα σιλό τους, στα σιλό μίγματος που βρίσκονται στους πύργους τροφοδοσίας των Π/Κ. Τα δύο συστήματα αυτά είναι η “ Παλαιά Ανάμιξη” (Πίνακας 2.6) και η “Νέα Ανάμιξη” (Πίνακας 2.7). Η παλαιά ανάμιξη τροφοδοτεί τις Π/Κ2 και Π/Κ3 ενώ οι Π/Κ1 και Π/Κ4 τροφοδοτούνται από την νέα ανάμιξη.

Μια συνήθης ποσοστιαία ανάλυση του μεταλλεύματος που τροφοδοτείται στις Π/Κ είναι : ΜΕΕ 65%, ΜΕΙ 25%, ΜΕΚ 10%, ΜΕΤ (ενίστε 10%). Οι αναλογίες των καυσίμων είναι συνήθως σταθερές. Για την συμπλήρωση του μεταλλουργικού μίγματος προστίθενται περίπου 100-150 kg pellets / t φυσικού λατερίτη.



Σχήμα 2.7: Σιλό ανάμιξης πρώτων υλών

Πίνακας 2.6: Παλαιά Ανάμειξη

ΠΑΛΑΙΑ ΑΝΑΜΕΙΞΗ Π/Κ2 και Π/Κ3								
ΜΕΕ %	ΜΕΙ %	ΜΕΚ %	ΜΕΤ %	Pellets kg/t φ.λ.	Λιγνίτης Πτολεμαΐδας kg/t φ.λ.	Λιγνίτης Σερβίων kg/t φ.λ.	Προϊόν Σπαστήρα kg/t φ.λ.	Κωκ kg/t φ.λ.
65	25	10	0	150	00	1400	0	0

Πίνακας 2.7: Νέα Ανάμειξη

ΝΕΑ ΑΝΑΜΕΙΞΗ Π/Κ1 και Π/Κ4								
ΜΕΕ %	ΜΕΙ %	ΜΕΚ %	ΜΕΤ %	Pellets kg/t φ.λ.	Λιγνίτης Πτολεμαΐδας kg/t φ.λ.	Λιγνίτης Σερβίων kg/t φ.λ.	Προϊόν Σπαστήρα kg/t φ.λ.	Κωκ kg/t φ.λ.
65	25	10	0	110	50	80	40	10

Περιγραφή περιστροφικών κλιβάνων.

Το κύριο μέρος κάθε περιστροφικού κλιβάνου (Σχήμα 2.8) αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. Το κύριο σώμα: το οποίο είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ειδικού τύπου, είναι κυλινδρικό και εσωτερικά έχει επένδυση από πυρίμαχα τούβλα (Τα πυρότουβλα είναι συμπαγή, μεγαλύτερα και πιο βαριά από τα κοινά τούβλα, ενώ το κονίαμα που χρησιμοποιείται για την δόμηση τους γίνεται από πυρόχωμα, την άργιλο δηλαδή με την οποία παράγεται και το ίδιο το πυρότουβλο. Δεν παράγονται από την κοινή άργιλο, αλλά από ειδική άργιλο μεγάλου σημείου τήξης. Είναι αρκετά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες και δεν προκαλούνται ρωγμές ή παραμορφώσεις από την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών.). Κατά μήκος του σώματος κάθε Π/Κ υπάρχουν:

- Ανεμιστήρες με ακροφύσια στην εξωτερική επιφάνεια που τροφοδοτούν το μείγμα με αέρα και πλευρικοί ανεμιστήρες με μεταβαλλόμενη παροχή αέρα, που σκοπό έχουν την διατήρηση του διαγράμματος θερμοκρασιών.
- Δακτύλιοι κίνησης.
- Πυρόμετρα για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την ρύθμιση της θερμοκρασίας του φορτίου κατά μήκος του.

2. Σύστημα κίνησης της Π/Κ: Η κίνηση της Π/Κ επιτυγχάνεται μέσω οδοντωτής στεφάνης που βρίσκεται στο μέσο του κυρίως σώματος της Π/Κ, με δυνατότητα μεγάλου εύρους στροφών.

3. Σταθμούς κύλισης: Σε αυτούς εδράζεται και περιστρέφεται ο κλίβανος.

4. Φλογοθάλαμο με τον καυστήρα: Ο καυστήρας βρίσκεται μέσα στον φλογοθάλαμο και παρέχει ελεγχόμενη φλόγα τόσο κατά μήκος όσο και κατά πλάτος. Ο ρόλος του καυστήρα είναι η θέρμανση του φορτίου και η ανύψωση της θερμοκρασίας του ΠΕΚ στην έξοδο. Τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων Π/Κ παρουσιάζονται στον πίνακα 2.8.



Σχήμα 2.8: Περιστροφικοί κλίβανοι

Πίνακας 2.8: Χαρακτηριστικά Π/Κ

Χαρακτηριστικά Π/Κ	Έτος κατασκευής	Μήκος (m)	Εσωτερική διάμετρος (m)	Ικανότητα επεξεργασίας μεταλλουργικού μίγματος (t/h)
No. 4	1978	125	6,1	220
No. 1	1973	90	5,2	125
No. 2	1956	90	4,2	100
No. 3	1971	90	4,2	95

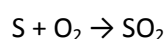
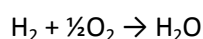
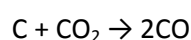
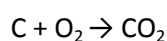
Προθέρμανση και αναγωγή μεταλλουργικού μίγματος στον περιστροφικό κλίβανο.

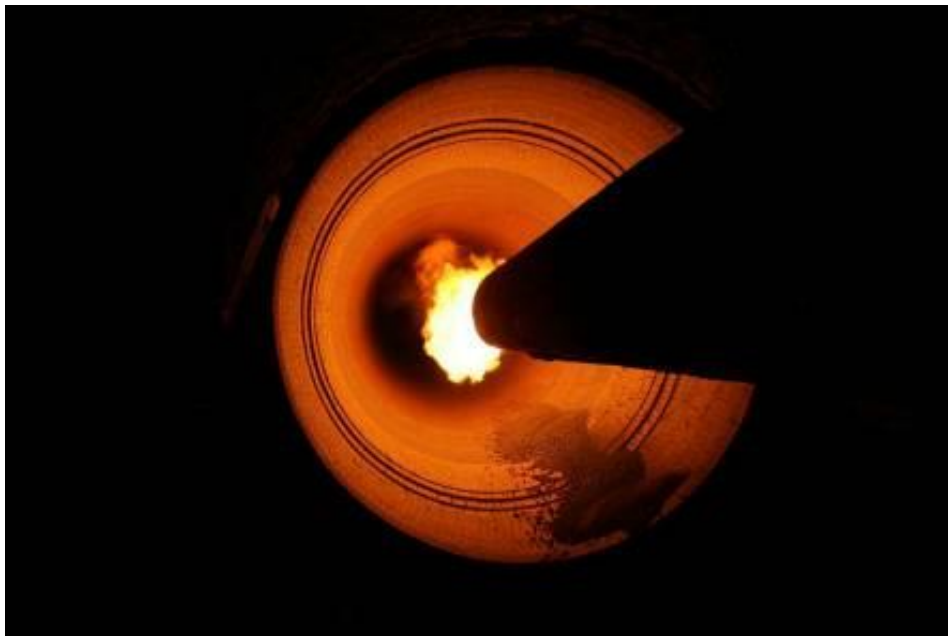
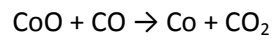
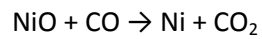
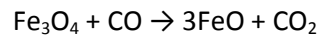
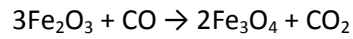
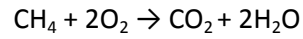
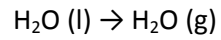
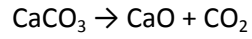
Μέσα στον περιστροφικό κλίβανο (Σχήμα 2.9) πραγματοποιείται διαδοχική ξήρανση και προθέρμανση του μίγματος, καθώς επίσης και μερική αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου. Η ξήρανση του MM γίνεται σε μικρή απόσταση από το σημείο εισαγωγής του, καθώς η θερμοκρασία του φορτίου παραμένει σταθερή στους 400 °C. Στην συνέχεια παρατηρείται σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα την προθέρμανση του υλικού και την έναυση των στερεών καυσίμων.

Με την έναυση των καυσίμων αρχίζει το στάδιο της μερικής αναγωγής των οξειδίων του Fe, καθώς παρατηρείται μια πιο έντονη αύξηση της θερμοκρασίας του κλιβάνου που φτάνει τους 850-900 °C στο στόμιο εξαγωγής του ΠΕΚ από την Π/Κ. Η θερμότητα που προστίθεται για την θέρμανση και την αναγωγή του MM οφείλεται κυρίως στην καύση των στερεών καυσίμων καθώς και στον καυστήρα που βρίσκεται στο στόμιο εξαγωγής της Π/Κ.

Για την καύση των στερεών καυσίμων είναι απαραίτητη η παρουσία αέρα, ο οποίος διοχετεύεται στους περιστροφικούς κλιβάνους τόσο από το στόμιο εξαγωγής όσο και από μια σειρά πλευρικών ανεμιστήρων κατά μήκος του σώματος του κλιβάνου. Η παροχή του αέρα γίνεται, ώστε να ρυθμίζεται το θερμοκρασιακό διάγραμμα κατά μήκος του κλιβάνου.

Οι κυριότερες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα εντός των Π/Κ [5] είναι οι ακόλουθες:





Σχήμα 2.9: Εσωτερικό περιστροφικής καμίνου [20]

Παράγοντες που επηρεάζουν την αναγωγή του μεταλλουργικού μείγματος στους περιστρεφόμενους κλιβάνους.

Χρόνος παραμονής του MM: Επηρεάζεται από την ταχύτητα περιστροφής του κλιβάνου καθώς και από την καύση των στερεών καυσίμων αλλά και την μερική αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου.

Κοκκομετρία μεταλλεύματος: Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των σωματιδίων του μεταλλεύματος τόσο περισσότερο ανάγεται, καθώς η αναγωγή συνεχίζεται και προς το εσωτερικό των κόκκων.

Είδος στερεών καυσίμων: Για την επίτευξη υψηλού βαθμού αναγωγής των οξειδίων και την οικονομικότερη λειτουργία των Π/Κ γίνεται συνδυασμός καυσίμων. Έτσι επιτυγχάνεται η αρχική άνοδος της θερμοκρασίας και δημιουργία της πρώτης αναγωγικής ατμόσφαιρας, ενώ στην συνέχεια κατά την καύση των λιγότερο ενεργών καυσίμων διατηρούνται οι συνθήκες και στο υπόλοιπο τμήμα του κλιβάνου.

Καθαρισμός καπναερίων: Ο μεγάλος όγκος των καπναερίων που παράγονται από τους Π/Κ αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στην παραγωγική διαδικασία. Για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος πραγματοποιείται παρακράτηση της σκόνης πριν απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα.

Το μεγαλύτερο μέρος της σκόνης παρασύρεται από τα καπναέρια ενώ οι μεγαλύτεροι κόκκοι σκόνης παρακρατούνται στον κονιοθάλαμο. Τα καπναέρια αφού περάσουν από τις εγκαταστάσεις αποκονίωσης (Σχήμα 2.10) οδηγούνται στην κεντρική καμινάδα του εργοστασίου ύψους 156 μέτρων.



Σχήμα 2.10: Σύστημα αποκονίωσης εργοστασίου Λάρυμνας

Η αποκονίωση των καπναερίων πραγματοποιείται με δυο διαφορετικές τεχνικές. Η πρώτη εφαρμόζεται για τους Π/Κ 1-2-3 και αποτελείται από ένα σύστημα κονιοθαλάμου και πολυκυκλώνα, στο οποίο γίνεται ξηρή αποκονίωση, και από ένα σύστημα υγρής αποκονίωσης σε πύργους πλύσεως τύπου Ventouri. Η δεύτερη τεχνική εφαρμόζεται μόνον για τον Π/Κ 4, πρόκειται για ένα σύστημα ξηρής αποκονίωσης με χρήση ηλεκτρικών φίλτρων. Η απομάκρυνση της σκόνης με το σύστημα των πολυκυκλώνων κυμαίνεται από 60–70 % ενώ με την χρήση ηλεκτρόφιλτων φτάνει μέχρι και το 98%.

Σημαντικά σημεία για το τμήμα Π1.

Στους Π/Κ βελτιώνεται η φύση των ορυκτών, της τροφοδοσίας των Η/Κ με τον σχηματισμό κατώτερων οξειδίων του σιδήρου και του νικελίου. Κάθε Π/Κ έχει δυνατότητα επιλογής τόσο του είδους, όσο και των αναλογιών των εισαγομένων ορυκτών, καθώς και δυνατότητα συνεχούς τροφοδοσίας και μεγάλη δυναμικότητα παραγωγής. Ο Π/Κ παρουσιάζει μικρό αναλογικά με την παραγωγικότητα δείκτη φθοράς της πυρίμαχης επένδυσης καθώς και χαμηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του τμήματος Π1 είναι ότι παρέχει στους εργαζομένους πολύ μεγάλη ασφάλεια (μεγαλύτερη από τα τμήματα Π2 και Π3) και δεν δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα στις συνθήκες εργασίας.



Σχήμα 2.11: Παρακολούθηση-επίβλεψη μέσω Η/Υ των Π/Κ

Η συγκέντρωση της παραγόμενης σκόνης φθάνει τα $50 - 120 \text{ gr/Nm}^3$, και η τυπική ανάλυση της ανά τρόπο αποκονίωσης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 2.9.

Πίνακας 2.9: Τυπική ανάλυση σκόνης

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ		ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	
	ΣΚΟΝΗ ΞΗΡΗΣ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ (%)	ΣΚΟΝΗ ΥΓΡΗΣ ΑΠΟΚΟΝΙΩΣΗΣ (%)	ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΟΥ (μ)	ΒΑΡΟΣ (%)
C	9,5	9,0		2
FeO	13,0	21,0	-200 + 200	2
Fe ₂ O ₃	18,0	19,0	-90 + 90	3
Fe _{tot}	20,0	19,0	-60 + 60	4
Ni	1,10	1,20	-40 + 40	15
SiO ₂	35,0	35,0	-30 + 30	2
CaO	4,6	4,6	-28,07 + 28,07	10
MgO	4,6	5,0	-21,90 + 21,90	9
Al ₂ O ₃	12,0	12,5	-16,53 + 16,53	9
Cr ₂ O ₃	3,0	2,4	-11,5 + 6,74	16
S	0,7	1,0	-6,74 + 4,87	12
			-4,87 + 2,81	10
			-2,81	6

Υγρασία υγρής σκόνης: 45,9% (Μ.Ο. 9 μετρήσεων)

2.4.3 Τμήμα Pellets

Βασικός σκοπός των εργασιών που επιτελούνται στο τμήμα αυτό είναι η συσσωμάτωση της συλλεγόμενης σκόνης των καπναερίων από τις περιστροφικές καμίνους, η οποία διοχετεύεται με την μορφή λάσπης (πολφού) ή ξηρού λεπτόκοκκου υλικού. Η παραπάνω διαδικασία χωρίζεται στα εξής στάδια.

- Μεταφορά της σκόνης και της λάσπης από τους τόπους συλλογής στις θέσεις αποθήκευσης.
- Πύκνωση του πολφού μέσω του παχυντή (εγκατάσταση μέσα στην οποία γίνεται η μερική πύκνωση του τροφοδοτούμενου πολφού 15% κατά βάρος σε στερεά, απομακρύνοντας μέρος του νερού και αφήνοντας τα στερεά να καθιζάνουν με τη μορφή πυκνότερου πολφού, Σχήμα 2.12).
- Αποθήκευση και διατήρηση αποθεμάτων στις επιμέρους πρώτες ύλες.
- Ανάμειξη των πρώτων υλών.
- Σφαιροποίηση.
- Ταξινόμηση, αποθήκευση, ωρίμανση και διοχέτευση των pellets προς το παραγωγικό κύκλωμα.

Οι λόγοι που επιβάλλουν σαν οικονομικά συμφέρουσα την ανακύκλωση αυτού του υλικού μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Εκμετάλλευση του περιεχομένου σ' αυτήν Ni και καλύτερη αξιοποίηση των υπαρχουσών αποθεμάτων.
- Μείωση των αναγκών τροφοδοσίας σε ακατέργαστες πρώτες ύλες (καύσιμα-μετάλλευμα), με συνεπαγόμενη μείωση στο κόστος προμήθειας των υλικών αυτών.
- Αύξηση του βαθμού απόδοσης των περιστροφικών καμίνων, λόγω τροφοδοσίας αυτών με καλύτερης ποιότητας υλικά.
- Εκμετάλλευση των ψιλόκοκκων υλικών της σκόνης, με σύγχρονη προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος είτε αυτή αναφέρεται σε στερεά ή σε αέρια απόβλητα.
- Μείωση του συνολικού λειτουργικού κόστους της συνολικής προαναγωγικής διεργασίας, λόγω του συγκριτικά χαμηλότερου κόστους σφαιροποίησης και ανακύκλωσης του υλικού.

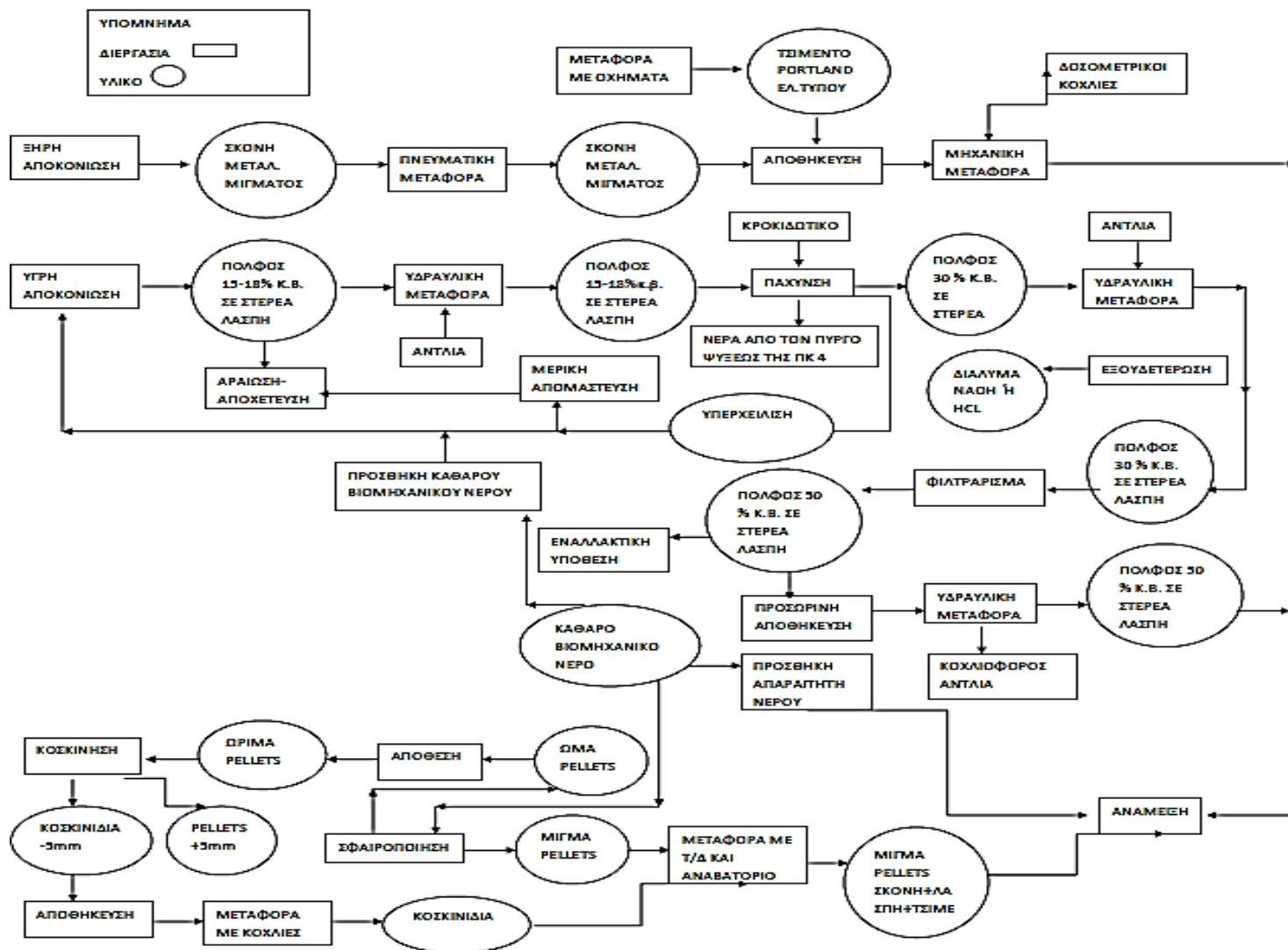
Οι απαιτήσεις ιδιοτήτων που πρέπει να συνδυάζουν τα pellets προκειμένου να αποτελέσουν ένα εξαιρετο υλικό τροφοδοσίας της περιστροφικής καμίνου, είναι οι εξής:

- Στενά όρια ταξινόμησης του υλικού.
- Υψηλή αντοχή στην αλλοίωση λόγω της επίδρασης των καιρικών συνθηκών

Υψηλή μηχανική αντοχή που εξαρτάται από α) την ποιότητα της τροφοδοτούμενης σκόνης, β) το χρησιμοποιούμενο συνθετικό υλικό-αναλογία μίγματος, γ) την τελική αναλογία της υγρασίας, δ) το μέγεθος του τελικού προϊόντος, ε) από τον χρόνο και τη διαδικασία ωρίμανσης των pellets, στ) από άλλους παράγοντες όπως είναι η περιεκτικότητα σε άνθρακα στα pellets, ο χρόνος παραμονής του υλικού στους δίσκους σφαιροποίησης, ο αριθμός στροφών που επιτελεί ο δίσκος κατά την διάρκεια σφαιροποίησης και η καλή ανάμειξη των τροφοδοτούμενων πρώτων υλών.



Σχήμα 2.12: Παχυντής τμήματος pellets



Σχήμα 2.13: Διάγραμμα ροής τμήματος pellets

2.4.4 Τμήμα Π2: Ηλεκτρικοί κλίβανοι

Η μέθοδος που ακολουθείται στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ ονομάζεται μέθοδος S-L (δηλ. Smelting Ni – LARKO). Η βασική αρχή λειτουργίας των ηλεκτρικών κλιβάνων είναι ότι με την κατανάλωση ενέργειας επιτυγχάνεται η ολοκλήρωση της αναγωγής των οξειδίων τόσο του σιδήρου όσο και του νικελίου και ο διαχωρισμός σε δυο ρευστές φάσεις, οι οποίες είναι η μεταλλική κραματική φάση του σιδηρονικελίου (μέταλλο) που είναι το κύριο προϊόν του εργοστασίου της Λάρυμνας, και η σκουριά που απορρίπτεται. Μία άποψη του τμήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.14.

Οι φάσεις που υπάρχουν ανά πάσα στιγμή εντός των Η/Κ είναι: το τροφοδοτούμενο ΠΕΚ (στερεά φάση), το ρευστό FeNi και η ρευστή φάση της σκωρίας. Καθώς η θερμοκρασία εντός του Η/Κ αυξάνεται και μέχρι τους 1150°C, που αποτελεί το σημείο τήξης του ΠΕΚ, παρατηρείται και κατακρήμνιση των κόκκων του Ni και του Fe στο λουτρό, λόγω της διαφοράς ειδικού βάρους μεταξύ μετάλλων και των οξειδίων του. Η ολοκλήρωση της αναγωγής των οξειδίων του Fe οφείλεται κυρίως στο CfiX (Τα στερεά καύσιμα διακρίνονται ανάλογα με την ευκολία έναυσής τους, σε ενεργά και σε λιγότερο ενεργά). Τα πρώτα ανάβουν και ελευθερώνουν την περιεχόμενη θερμική ενέργεια σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα δεύτερα, στα οποία η έναυση γίνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα ενεργά καύσιμα που είναι γεωλογικά νεότερα, είναι φτωχά σε μόνιμο άνθρακα CfiX λόγω του χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης τους, και πλούσια σε πτητικά που παρέμεινε, χωρίς να αντιδράσει εντός των Π/Κ, στο ΠΕΚ καθώς και στον άνθρακα που προέρχεται από τα ηλεκτρόδια και εκλύεται υπό την μορφή CO.

Τα προϊόντα που προκύπτουν από τις διεργασίες που γίνονται εντός των Η/Κ είναι:

- Το κράμα FeNi που αντιστοιχεί σε 12-15 % του ΠΕΚ.
- Η σκουριά που αντιστοιχεί περίπου στο 75-80 % του ΠΕΚ και
- Τα καπναέρια τα οποία αποτελούνται κυρίως από CO, CO₂, O₂, N₂ και αντιστοιχούν στο 8-10 % του ΠΕΚ.

Τεχνολογία των ηλεκτρικών κλιβάνων

Ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από 5 χαμηλούς φρεατώδεις ηλεκτρικούς κλιβάνους που είναι σταθεροί και εμβαπτιζόμενου τόξου. Πρόκειται για κλιβάνους που τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο τριφασικό ρεύμα το οποίο άγεται διάμεσου τριών αυτοψηφόμενων ηλεκτροδίων γραφίτη (Η/Δ) τύπου SODEBERG. Η συνολική ισχύς των ηλεκτρικών κλιβάνων της ΛΑΡΚΟ ανέρχεται στα 183 MW.

Οι ηλεκτρικοί κλίβανοι που χρησιμοποιούνται στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ (Σχήμα 2.15) είναι ανοιχτού τύπου και χαρακτηρίζονται έτσι διότι το σημείο τήξης του μεταλλικού λουτρού είναι υψηλότερο από το σημείο τήξης της σκωρίας. Στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ όμως τα ορυκτά της τροφοδοσίας έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε μαγνήσιο και υψηλή σε σίδηρο,

με αποτέλεσμα την παραγωγή σιδηροπυριτικής σκωρίας η οποία έχει σημείο τήξης χαμηλότερο από εκείνο του FeNi. Αυτό έχει ως συνέπεια τα ηλεκτρόδια να είναι βυθισμένα μέσα στην σκωρία σε βάθος 50-80 cm.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας των ηλεκτρικών κλιβάνων επιτυγχάνεται με την ανάλογη βύθιση των ηλεκτροδίων στην σκωρία και τον έλεγχο της τροφοδοσίας, που έχει ως στόχο να διατηρήσει την θερμοκρασία της μεταλλικής φάσης κοντά στους 1500-1550 °C και της σκωρίας στους 1300-1400 °C.



Σχήμα 2.14: Τμήμα Π2 Λάρκο



Σχήμα 2.15: Παραλαβή μεταλλικής φάσης από ηλεκτροκάμινο (απομετάλλωση)

Τεχνικά χαρακτηριστικά των Η/Κ.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται μια σύντομη ανάλυση των χαρακτηριστικών των Η/Κ με βάση τις ακόλουθες ενότητες: α) Μηχανικό μέρος, β) Ηλεκτρικό μέρος γ) Σύστημα ψύξης.

Μηχανικό μέρος

Ένας φρεατώδης ηλεκτρικός κλίβανος αποτελείται από:

- Την βάση
- Το χωνευτήριο
- Το κάτω και άνω κέλυφος
- Τον θόλο και τα εξαρτήματα στήριξής του
- Τα συστήματα ανάρτησης και κίνησης των ηλεκτροδίων
- Τα Silos και τους σωλήνες τροφοδοσίας
- Την καμινάδα εξαγωγής καπναερίων
- Τις εγκαταστάσεις αποσκωρίωσης και απομετάλλωσης και
- Τα λοιπά βοηθητικά συστήματα όπως: πυρόμετρα για την παρακολούθηση των θερμοκρασιών των τοιχωμάτων του πυθμένα και του θόλου, οπές παρατήρησης, σύστημα αποκονίωσης κτλ.

Ηλεκτρικό μέρος

Το ηλεκτρικό μέρος περιλαμβάνει τις διατάξεις με τις οποίες γίνεται η ρευματοδότηση από το δίκτυο υψηλής τάσης της ΔΕΗ στα Η/Δ και μπορεί να χωριστεί στα εξής τμήματα:

- Κύκλωμα υψηλής τάσης: Περιλαμβάνει διάφορες συνδέσεις για την παροχή ρεύματος από το δίκτυο της ΔΕΗ στον μετασχηματιστή του τμήματος.
- Μετασχηματιστής: Διάταξη που μετασχηματίζει την τάση του δικτύου στις απαιτούμενες τιμές για την λειτουργία των Η/Κ.
- Κύκλωμα χαμηλής τάσης: Αποτελεί το κύκλωμα μεταφοράς ρεύματος από τον μετασχηματιστή στα ηλεκτρόδια .

Σύστημα ψύξης

Το σύστημα ψύξης των ηλεκτρικών κλιβάνων είναι απαραίτητο για την προστασία τόσο των μεταλλικών τοιχωμάτων όσο και των πυρίμαχων από υπερθέρμανση. Το κύκλωμα ψύξης χωρίζεται σε δυο επιμέρους κυκλώματα.

Α) Κύκλωμα θαλασσινών υδάτων: Τα τμήματα που ψύχονται με αυτόν τον τρόπο είναι το κέλυφος του κλιβάνου, η καμινάδα και τα λούκια της σκωρίας στην αποσκωρίωση.

Β) Κύκλωμα αποσκληρυμένων υδάτων: Η ψύξη με αποσκληρυμένα ύδατα προστατεύει τις εγκαταστάσεις από φθορές και βοηθά στην ελάττωση της κατανάλωσης υδάτων αφού πρόκειται για κλειστό σύστημα ψύξης.

2.4.5 Τμήμα Π3: Χαλυβουργία

Στο τμήμα Π3 πραγματοποιείται ο εμπλουτισμός του κράματος FeNi με εμφύσηση οξυγόνου. Με τον εμπλουτισμό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση επιβλαβών και ανεπιθύμητων προσμίξεων όπως του θείου, του φωσφόρου και του αρσενικού από το σιδηρονικέλιο σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό. Οι βασικότεροι παράγοντες που επιδρούν στην διεργασία που πραγματοποιείται στο τμήμα αυτό είναι:

- α) Η περιεκτικότητα σε Ni και Co του τελικού προϊόντος
- β) Το τελικό προϊόν να έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε S, της τάξεως του 0,11–0,12%.

Τεχνικά χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργία των μεταλλακτών.

Στο μεταλλουργικό εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ υπάρχουν δυο διατάξεις ανεξάρτητων μεταλλακτών τύπου OBM (Oxygen Bottom Maxhutte), με μέγιστη χωρητικότητα 50 τόνων. Ο τύπος του μεταλλάκτη είναι μια ασύμμετρη κατασκευή με επένδυση πυρότουβλων, που αποτελείται από δυο τμήματα: τον πυθμένα και το κέλυφος (Σχήμα 2.16). Η λειτουργία των μεταλλακτών είναι εναλλασσόμενη, ώστε να επιτυγχάνεται συνεχής λειτουργία, υψηλές αποδόσεις και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της πυρίμαχης επένδυσης, με ταυτόχρονη αύξηση του αριθμού των χυτηρίων ανά κύκλο ζωής των πυριμάχων του μεταλλάκτη.

Οι βασικές μονάδες που ολοκληρώνουν το σύστημα του μεταλλάκτη είναι:

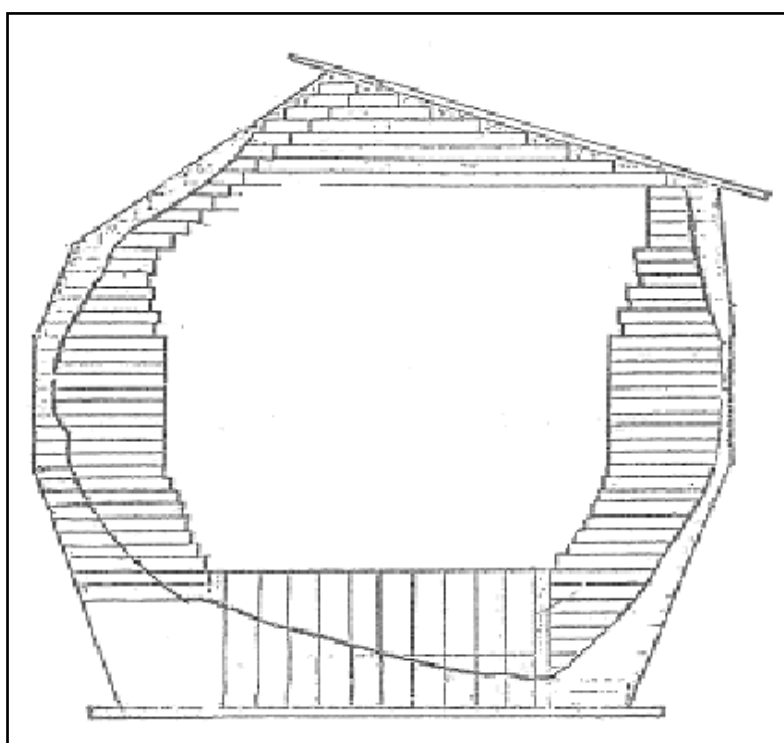
- α) Μπροστά πόρτες.
- β) Φούσκα: Η κύρια λειτουργία της είναι να διοχετεύει τα καπναέρια που παράγονται κατά την εμφύσηση στην καμινάδα και να προσθέτει ασβέστη εντός του M/T μέσω κατάλληλης υποδοχής.
- γ) Πίσω πόρτες.
- δ) Βάση: Στην επιφάνεια της βάσης του M/T έχει κατασκευαστεί ένας ειδικός λάκκος ασφαλείας με βάθος 50-80 cm, ώστε το μέταλλο ή η σκωρία που ενδέχεται να διαφύγει να συσσωρεύεται στον λάκκο χωρίς επικίνδυνες παρενέργειες.

Στον οριζόντιο άξονα περιστροφής και περιφερειακά από το κέλυφος έχει κατασκευαστεί ένα υδρόψυκτο δαχτυλίδι για την ψύξη της περιοχής του κελύφους και των μηχανισμών περιστροφής του M/T, αλλά και για την αύξηση της μηχανικής αντοχής των μηχανισμών αυτών (Σχήμα 2.16).

Εμπλουτισμός με την χρήση μεταλλακτών τύπου OBM.

Στους μεταλλάκτες τύπου OBM, ο εμπλουτισμός του σιδηρονικελίου σε Ni γίνεται με την εμφύσηση οξυγόνου από τον πυθμένα με χρήση 5 ακροφυσίων που σχηματίζουν σχήμα w.

Επίσης πραγματοποιείται η εμφύσηση προπανίου, αζώτου και αέρα. Η εμφύσηση του προπανίου γίνεται για την προστασία των ακροφυσίων, ενώ η εμφύσηση αέρα και αζώτου για την ψύξη και τον καθαρισμό τόσο των ακροφυσίων όσο και του μεταλλάκτη. Η εμφύσηση έχει ως αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του μεταλλικού σιδήρου να οξειδώνεται προς FeO ή Fe_2O_3 , όμως παράλληλα μέρος του νικελίου οξειδώνεται προς NiO .



Σχήμα 2.16: Σχηματική απεικόνιση μεταλλάκτη

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία εμπλουτισμού είναι:

- Η άνοδος της θερμοκρασίας
- Ο χρόνος επαφής του CaO με το FeNi και
- Η διαλυτότητα του CaO στην σκωρία.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην καλύτερη αποθείωση είναι η αύξηση των κύκλων εμφύσησης και η μείωση του χρονικού διαστήματος των κύκλων εμφύσησης. Μετά από κάθε κύκλο εμφύσησης οξυγόνου ακολουθείται αποσκωρίωση και στην συνέχεια γίνεται πάλι εμφύσηση οξυγόνου, αλλιώς αν έχει επιτευχθεί η κατάλληλη αναλογία νικελίου το ρευστό πηγαίνει προς την μηχανή χύτευσης-κοκκοποίησης.

Βοηθητικές εγκαταστάσεις του τμήματος Π3.

- Κάδοι μεταφοράς μετάλλου και σκωρίας.
- Βαγόνια μεταφοράς των κάδων.
- Καυστήρες προπανίου για την προθέρμανση των κάδων.
- Δεξαμενή για την απόχυση της σκωρίας των μεταλλακτών.
- Οχήματα Hyster για τις σέσουλες του τελικού προϊόντος, από την κοκκοποίηση.

Η κοκκομετρική ανάλυση θραυσμένης σκωρίας μεταλλακτών, καθώς και η χημική σύσταση σκωρίας μεταλλακτών μετά τη θραύση παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες 2.10 και 2.11 αντίστοιχα.

Πίνακας 2.10: Κοκκομετρική ανάλυση θραυσμένης σκωρίας μεταλλακτών

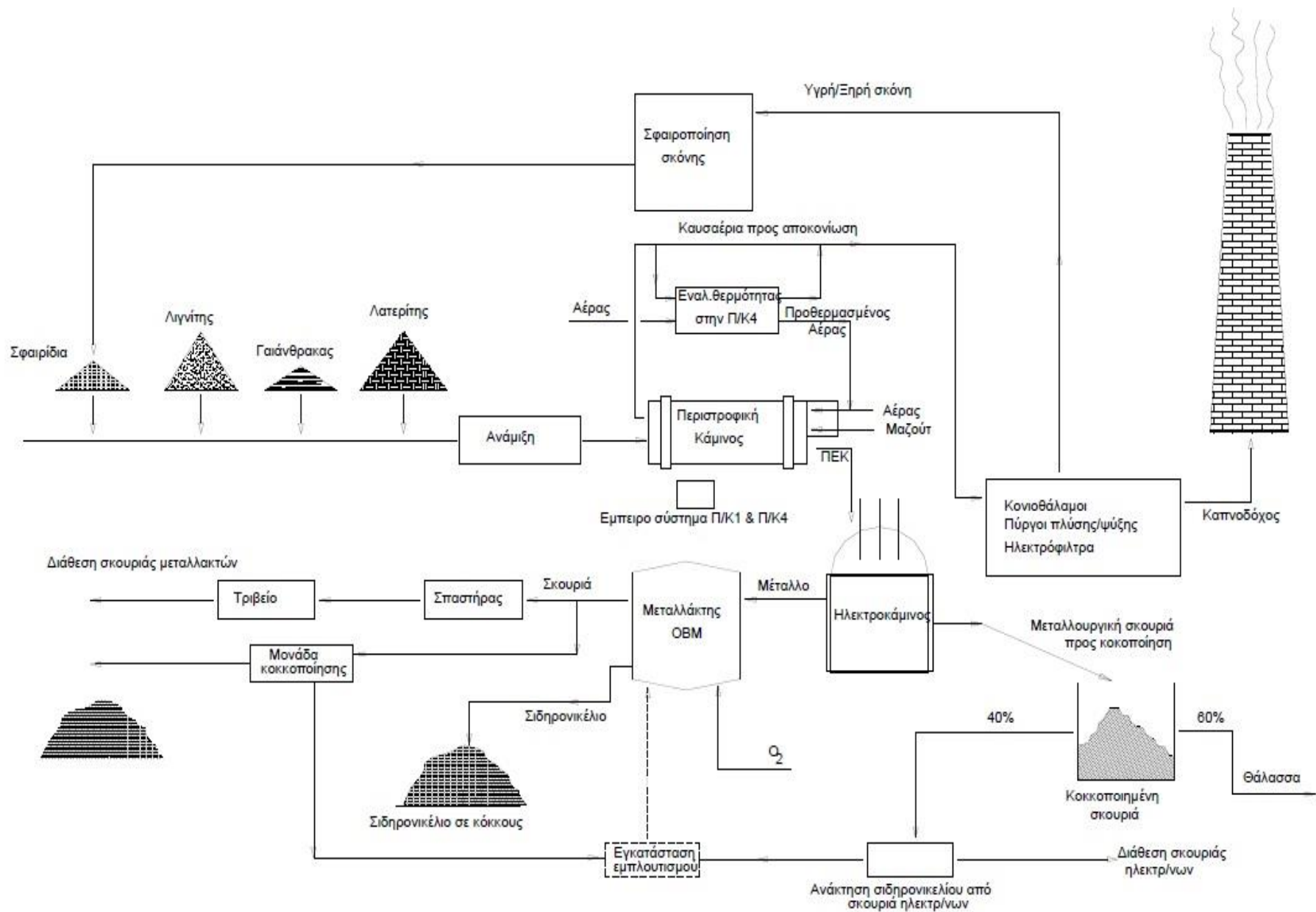
Άνοιγμα κόσκινου (mm)	Διερχόμενο κλάσμα (%)
8,0	95-100
5,6	85-98
2,8	60-78
1,4	42-62
0,6	22-45
0,3	10-330
0,15	5-15

Πίνακας 2.11: Χημική σύσταση σκωρίας μεταλλακτών μετά τη θραύση

Συστατικό	Βάρος %
Υγρασία	1,4
Fe _{tot}	64,4
FeO	73,4
Fe ₂ O ₃	10,5

Πίνακας 2.11 (συνέχεια): Χημική σύσταση σκωρίας μεταλλακτών μετά τη θραύση

Συστατικό	Βάρος %
Ni+Co	0,4
SiO ₂	2,9
CaO	4,1
MgO	5,0
Al ₂ O ₃	1,4
Cr ₂ O ₃	0,7
S	0,285



Σχήμα 2.17 Συνοπτική παρουσίαση παραγωγικής διαδικασίας εργοστασίου Λάρυμνας

Οικονομικά Στοιχεία Παραγωγής

4.1 Στατιστικά Δεδομένα

Το εργοστάσιο της Λάρκο συγκαταλέγεται μεταξύ των πέντε μεγαλύτερων παραγωγών σιδηρονικελίου στον κόσμο (ελέγχει περίπου το 6% της ευρωπαϊκής αγοράς) και εξάγει το σύνολο της παραγωγής του. Έχει πολύ καλό όνομα στην αγορά αφού το νικέλιο που παράγει δεν έχει άνθρακα, όλη η παραγωγή της απορροφάται εύκολα από τους πελάτες στο εξωτερικό και κυρίως έχει αποθέματα μεταλλευμάτων 50 εκατ. τόνων που της δίνουν διάρκεια ζωής τουλάχιστον για άλλα 25 χρόνια. Παράλληλα, η ζήτηση για ανοξείδωτο χάλυβα με πρώτη ύλη το νικέλιο αναμένεται να είναι αυξητική τα επόμενα χρόνια. Βέβαια όλα αυτά μέσα σε μία κρίση που ταλανίζει την παγκόσμια οικονομία και που από το 2007 δεν έχει κοπάσει. Από χρηματοοικονομική κρίση του δυτικού κόσμου μετατράπηκε σε παγκόσμια οικονομική κρίση της πλειονότητας των χωρών του πλανήτη και στη συνέχεια απέκτησε επικίνδυνες μορφές και διαστάσεις μακροπρόθεσμου χαρακτήρα, όπως η σημερινή εσωτερική πολιτική και οικονομική κρίση στην Ευρωζώνη και το δραματικό αδιέξοδο της ελληνικής οικονομίας [7]. Το φαινόμενο του πληθωρισμού συνδέεται αναπόφευκτα, με το ρόλο του χρήματος μέσα στο οικονομικό σύστημα. Ο πληθωρισμός προκαλεί μία συνεχή και σταθερή πτώση της αξίας του χρήματος και από αυτή την πλευρά μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα θεμελιώδες νομισματικό φαινόμενο. Αυτό, δεν σημαίνει αναγκαστικά πως τα αίτια των πληθωριστικών τάσεων είναι καθαρά νομισματικά, αλλά η διαπίστωση ότι έχουμε μία διαρκή ζήτηση χρήματος, που επαυξάνει την διάρκεια των πληθωριστικών πιέσεων και η διαπίστωση ότι οι πληθωριστικές πιέσεις βρίσκονται σε πλήρη αντιστοιχία με την πλεονάζουσα ζήτηση, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι παρατεταμένη αύξηση της προσφοράς χρήματος σε ρυθμό που να υπερβαίνει το ρυθμό αύξησης του πραγματικού εισοδήματος είναι αναγκαία και επαρκής για την ύπαρξη παρατεταμένου πληθωρισμού [8].

Ως πληθωρισμός ορίζεται η τάση για συνεχή άνοδο του γενικού επιπέδου των τιμών. Συνεπώς, πληθωρισμός δε σημαίνει ένα υψηλό επίπεδο τιμών, αλλά ένα συνεχώς ανερχόμενο επίπεδο τιμών. Η ποσοστιαία μεταβολή του επιπέδου των τιμών (ή του δείκτη τιμών) μέσα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο ονομάζεται ρυθμός πληθωρισμού. Έτσι, όταν λέμε ότι ο ρυθμός πληθωρισμού είναι 5%, εννοούμε ότι το επίπεδο των τιμών του τρέχοντος έτους είναι 5% υψηλότερο από αυτό του προηγούμενου έτους [7].

Οι οικονομολόγοι διακρίνουν διάφορα είδη πληθωρισμού που αντιστοιχούν σε διαφορετικές απόψεις για τα αίτια που τον προκαλούν. Θα δώσουμε τα βασικά σημεία των δύο πιο σημαντικών απόψεων που αναφέρονται στον πληθωρισμό ζήτησης και στον πληθωρισμό κόστους.

- Πληθωρισμός ζήτησης: Κατά την άποψη αυτή ο πληθωρισμός είναι αποτέλεσμα υπερβάλλουσας ζήτησης. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, καθώς η οικονομία πλησιάζει το επίπεδο της πλήρους απασχόλησης, αρχίζουν να δημιουργούνται στενότητες στην αγορά ορισμένων παραγωγικών συντελεστών, με συνέπεια την αύξηση της τιμής τους. Η αύξηση της τιμής των παραγωγικών συντελεστών προκαλεί αύξηση του κόστους παραγωγής και, επομένως, αύξηση της τιμής των προϊόντων. Όταν η οικονομία φτάσει στο επίπεδο της πλήρους απασχόλησης, παραπέρα αύξηση της συνολικής ζήτησης είναι εξ ορισμού πληθωριστική, εφόσον δεν αυξάνεται η παραγωγή.
- Πληθωρισμός κόστους: Η άποψη ότι ο πληθωρισμός είναι αποτέλεσμα υπερβάλλουσας ζήτησης δεν εξηγεί γιατί υπάρχει πληθωρισμός και σε περιόδους χαμηλής σχετικά ζήτησης, δηλαδή σε περιόδους ανεργίας και μείωσης εισοδήματος. Ο πληθωρισμός κόστους τονίζει το ρόλο των εργατικών σωματείων και τη δύναμη των ολιγοπωλίων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, τα εργατικά σωματεία ή ορισμένα από αυτά έχουν αρκετή δύναμη, ώστε να μπορούν να πετυχαίνουν αυξήσεις των μισθών και των ημερομισθίων, ακόμα και όταν υπάρχει ανεργία. Από την μεριά τους τα μεγάλα μονοπώλια και ολιγοπώλια έχουν αρκετή δύναμη στην αγορά, ώστε να μεταβιβάζουν τις αυξήσεις του κόστους, που προκαλούνται από την αύξηση των εργατικών μισθών, στους αγοραστές αυξάνοντας την τιμή του προϊόντος. Πολλά, όμως, από τα προϊόντα αυτά αποτελούν πρώτη ύλη για την παραγωγή άλλων αγαθών, που σημαίνει αύξηση του κόστους και της τιμής τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο η αρχική αύξηση του κόστους σε ορισμένους κλάδους διαχέεται σε ολόκληρη την οικονομία, με αποτέλεσμα, την αύξηση του γενικού επιπέδου των τιμών.

Είναι φανερό ότι η παραπάνω διαδικασία μπορεί να ξεκινήσει τόσο από τα εργατικά σωματεία (αύξηση μισθών) όσο και από τις επιχειρήσεις (αύξηση κερδών). Στον πληθωρισμό κόστους ανήκει φυσικά και η περίπτωση που η αύξηση του κόστους προέρχεται από την αύξηση της τιμής ορισμένων βασικών πρώτων υλών και της ενέργειας, κυρίως της τιμής του πετρελαίου. Η αύξηση της τιμής του πετρελαίου που πέτυχαν κατά το 1973 και το 1979 οι χώρες του ΟΠΕΚ (ΟΡΕC) είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα πληθωρισμού κόστους [7].

Από την άλλη πλευρά ο αποπληθωρισμός είναι ουσιαστικά το αντίθετο του πληθωρισμού. Είναι μία κατάσταση στην οποία ο μέσος όρος των τιμών των προϊόντων και υπηρεσιών, αντί να ανεβαίνουν κάθε χρόνο, πέφτουν. Δηλαδή στον αποπληθωρισμό έχουμε αρνητικό πρόσημο. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι βάζει την οικονομία σε έναν φαύλο κύκλο: εξαιτίας του αποπληθωρισμού, ο κόσμος δεν αγοράζει περιμένοντας οι τιμές να πέσουν κι άλλο (και εξαιτίας των μειωμένων του εισοδημάτων εξαιτίας αυτού), με αποτέλεσμα να έχουμε επιβράδυνση των επενδύσεων όπως επίσης και οι πωλητές να μειώνουν κι άλλο τις τιμές τους (εξαιτίας της μείωσης της ζήτησης). Αυτό συμβαίνει συνέχεια με αποτέλεσμα η οικονομία να υποβαθμίζεται (λιγότερες πωλήσεις σε πιο χαμηλές τιμές, άρα λιγότερα έσοδα και για το κράτος, μείωση μισθών, απολύσεις, κλπ).

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 4.1) παρουσιάζεται ο πληθωρισμός των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (Η.Π.Α.) από την περίοδο 1960 μέχρι το έτος 2013 [21]. Ο υπολογισμός του Μ.Ο. των τιμών του πληθωρισμού φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4.1. Ακόμη στο Σχήμα 4.2 γίνεται μια εκτίμηση των αποπληθωρισμένων τιμών νικελίου σε σχέση με τις ονομαστικές, σε δολάρια ανά μετρικό τόνο. Ο υπολογισμός των αποπληθωρισμένων τιμών παρουσιάζεται στον πίνακα 4.2. Ουσιαστικά το παραπάνω διάγραμμα του Σχήματος 4.2 δείχνει ότι οι αποπληθωρισμένες τιμές παρέμειναν σε χαμηλά επίπεδα το χρονικό διάστημα από το 1960 μέχρι το 2013 με τάση μείωσης των τιμών.

Πίνακας 4.1: Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 – 2013 [21]

Έτος	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ. Ο. πληθωρισμού
2013	1,59%	1,98%	1,47%	1,06%	1,36%	1,75%	1,96%	1,52%	1,18%	0,96%	1,24%	1,50%	1,46%
2012	2,93%	2,87%	2,65%	2,30%	1,70%	1,66%	1,41%	1,69%	1,99%	2,16%	1,76%	1,74%	2,07%
2011	1,63%	2,11%	2,68%	3,16%	3,57%	3,56%	3,63%	3,77%	3,87%	3,53%	3,39%	2,96%	3,16%
2010	2,63%	2,14%	2,31%	2,24%	2,02%	1,05%	1,24%	1,15%	1,14%	1,17%	1,14%	1,50%	1,64%
2009	0,03%	0,24%	-0,38%	-0,74%	-1,28%	-1,43%	-2,10%	-1,48%	-1,29%	-0,18%	1,84%	2,72%	-0,34%
2008	4,28%	4,03%	3,98%	3,94%	4,18%	5,02%	5,60%	5,37%	4,94%	3,66%	1,07%	0,09%	3,85%
2007	2,08%	2,42%	2,78%	2,57%	2,69%	2,69%	2,36%	1,97%	2,76%	3,54%	4,31%	4,08%	2,85%
2006	3,99%	3,60%	3,36%	3,55%	4,17%	4,32%	4,15%	3,82%	2,06%	1,31%	1,97%	2,54%	3,24%
2005	2,97%	3,01%	3,15%	3,51%	2,80%	2,53%	3,17%	3,64%	4,69%	4,35%	3,46%	3,42%	3,39%
2004	1,93%	1,69%	1,74%	2,29%	3,05%	3,27%	2,99%	2,65%	2,54%	3,19%	3,52%	3,26%	2,68%
2003	2,60%	2,98%	3,02%	2,22%	2,06%	2,11%	2,11%	2,16%	2,32%	2,04%	1,77%	1,88%	2,27%
2002	1,14%	1,14%	1,48%	1,64%	1,18%	1,07%	1,46%	1,80%	1,51%	2,03%	2,20%	2,38%	1,59%
2001	3,73%	3,53%	2,92%	3,27%	3,62%	3,25%	2,72%	2,72%	2,65%	2,13%	1,90%	1,55%	2,83%
2000	2,74%	3,22%	3,76%	3,07%	3,19%	3,73%	3,66%	3,41%	3,45%	3,45%	3,45%	3,39%	3,38%
1999	1,67%	1,61%	1,73%	2,28%	2,09%	1,96%	2,14%	2,26%	2,63%	2,56%	2,62%	2,68%	2,19%
1998	1,57%	1,44%	1,37%	1,44%	1,69%	1,68%	1,68%	1,62%	1,49%	1,49%	1,55%	1,61%	1,55%
1997	3,04%	3,03%	2,76%	2,50%	2,23%	2,30%	2,23%	2,23%	2,15%	2,08%	1,83%	1,70%	2,34%
1996	2,73%	2,65%	2,84%	2,90%	2,89%	2,75%	2,95%	2,88%	3,00%	2,99%	3,26%	3,32%	2,93%
1995	2,80%	2,86%	2,85%	3,05%	3,19%	3,04%	2,76%	2,62%	2,54%	2,81%	2,61%	2,54%	2,81%
1994	2,52%	2,52%	2,51%	2,36%	2,29%	2,49%	2,77%	2,90%	2,96%	2,61%	2,67%	2,67%	2,61%

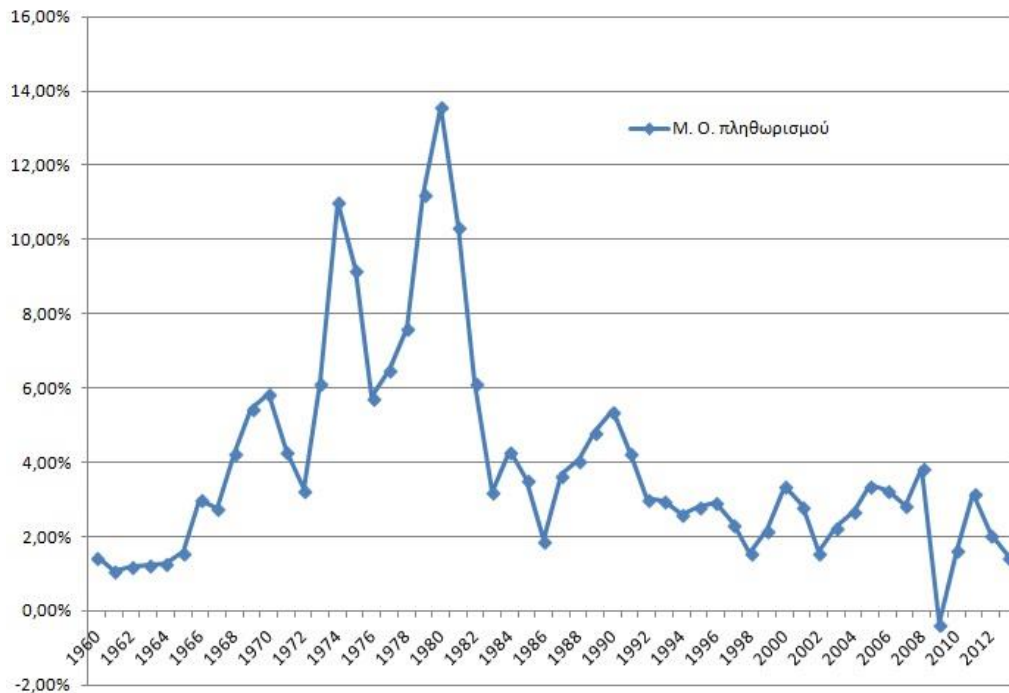
Πίνακας 4.1 (συνέχεια): Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 – 2013 [21]

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ. Ο. πληθωρισμού
1993	3,26%	3,25%	3,09%	3,23%	3,22%	3,00%	2,78%	2,77%	2,69%	2,75%	2,68%	2,75%	2,96%
1992	2,60%	2,82%	3,19%	3,18%	3,02%	3,09%	3,16%	3,15%	2,99%	3,20%	3,05%	2,90%	3,03%
1991	5,65%	5,31%	4,90%	4,89%	4,95%	4,70%	4,45%	3,80%	3,39%	2,92%	2,99%	3,06%	4,25%
1990	5,20%	5,26%	5,23%	4,71%	4,36%	4,67%	4,82%	5,62%	6,16%	6,29%	6,27%	6,11%	5,39%
1989	4,67%	4,83%	4,98%	5,12%	5,36%	5,17%	4,98%	4,71%	4,34%	4,49%	4,66%	4,65%	4,83%
1988	4,05%	3,94%	3,93%	3,90%	3,89%	3,96%	4,13%	4,02%	4,17%	4,25%	4,25%	4,42%	4,08%
1987	1,46%	2,10%	3,03%	3,78%	3,86%	3,65%	3,93%	4,28%	4,36%	4,53%	4,53%	4,43%	3,66%
1986	3,89%	3,11%	2,26%	1,59%	1,49%	1,77%	1,58%	1,57%	1,75%	1,47%	1,28%	1,10%	1,91%
1985	3,53%	3,52%	3,70%	3,69%	3,77%	3,76%	3,55%	3,35%	3,14%	3,23%	3,51%	3,80%	3,55%
1984	4,19%	4,60%	4,80%	4,56%	4,23%	4,22%	4,20%	4,29%	4,27%	4,26%	4,05%	3,95%	4,30%
1983	3,71%	3,49%	3,60%	3,90%	3,55%	2,58%	2,46%	2,56%	2,86%	2,85%	3,27%	3,79%	3,22%
1982	8,39%	7,62%	6,78%	6,51%	6,68%	7,06%	6,44%	5,85%	5,04%	5,14%	4,59%	3,83%	6,16%
1981	11,83%	11,41%	10,49%	10,00%	9,78%	9,55%	10,76%	10,80%	10,95%	10,14%	9,59%	8,92%	10,35%
1980	13,91%	14,18%	14,76%	14,73%	14,41%	14,38%	13,13%	12,87%	12,60%	12,77%	12,65%	12,52%	13,58%
1979	9,28%	9,86%	10,09%	10,49%	10,85%	10,89%	11,26%	11,82%	12,18%	12,07%	12,61%	13,29%	11,22%
1978	6,84%	6,43%	6,55%	6,50%	6,97%	7,41%	7,70%	7,84%	8,31%	8,93%	8,89%	9,02%	7,62%
1977	5,22%	5,91%	6,44%	6,95%	6,73%	6,87%	6,83%	6,62%	6,60%	6,39%	6,72%	6,70%	6,50%
1976	6,72%	6,29%	6,07%	6,05%	6,20%	5,97%	5,35%	5,71%	5,49%	5,46%	4,88%	4,86%	5,75%
1975	11,80%	11,23%	10,25%	10,21%	9,47%	9,39%	9,72%	8,60%	7,91%	7,44%	7,38%	6,94%	9,20%
1974	9,39%	10,02%	10,39%	10,09%	10,71%	10,86%	11,51%	10,86%	11,95%	12,06%	12,20%	12,34%	11,03%
1973	3,65%	3,87%	4,59%	5,06%	5,53%	6,00%	5,73%	7,38%	7,36%	7,80%	8,25%	8,71%	6,16%

Πίνακας 4.1(συνέχεια): Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 – 2013 [21]

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μ. Ο. πληθωρισμού
1972	3,27%	3,51%	3,50%	3,49%	3,23%	2,71%	2,95%	2,94%	3,19%	3,42%	3,67%	3,41%	3,27%
1971	5,29%	5,00%	4,71%	4,16%	4,40%	4,64%	4,36%	4,62%	4,08%	3,81%	3,28%	3,27%	4,30%
1970	6,18%	6,15%	5,82%	6,06%	6,04%	6,01%	5,98%	5,41%	5,66%	5,63%	5,60%	5,57%	5,84%
1969	4,40%	4,68%	5,25%	5,52%	5,51%	5,48%	5,44%	5,71%	5,70%	5,67%	5,93%	6,20%	5,46%
1968	3,65%	3,95%	3,94%	3,93%	3,92%	4,20%	4,49%	4,48%	4,46%	4,75%	4,73%	4,72%	4,27%
1967	3,46%	2,81%	2,80%	2,48%	2,79%	2,78%	2,77%	2,45%	2,75%	2,43%	2,74%	3,04%	2,78%
1966	1,92%	2,56%	2,56%	2,87%	2,87%	2,53%	2,85%	3,48%	3,48%	3,79%	3,79%	3,46%	3,01%
1965	0,97%	0,97%	1,29%	1,62%	1,62%	1,94%	1,61%	1,94%	1,61%	1,93%	1,60%	1,92%	1,59%
1964	1,64%	1,64%	1,31%	1,31%	1,31%	1,31%	1,30%	0,98%	1,30%	0,97%	1,30%	0,97%	1,28%
1963	1,33%	1,00%	1,33%	0,99%	0,99%	1,32%	1,32%	1,32%	0,99%	1,32%	1,32%	1,64%	1,24%
1962	0,67%	1,01%	1,01%	1,34%	1,34%	1,34%	1,00%	1,34%	1,33%	1,33%	1,33%	1,33%	1,20%
1961	1,71%	1,36%	1,36%	1,02%	1,02%	0,68%	1,35%	1,01%	1,35%	0,67%	0,67%	0,67%	1,07%
1960	1,03%	1,73%	1,73%	1,72%	1,72%	1,72%	1,37%	1,37%	1,02%	1,36%	1,36%	1,36%	1,46%

Μ. Ο. πληθωρισμού



Σχήμα 4.1: Παρουσίαση πληθωρισμού ΗΠΑ την περίοδο 1960 – 2013

Πίνακας 4.2: Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 - 2013

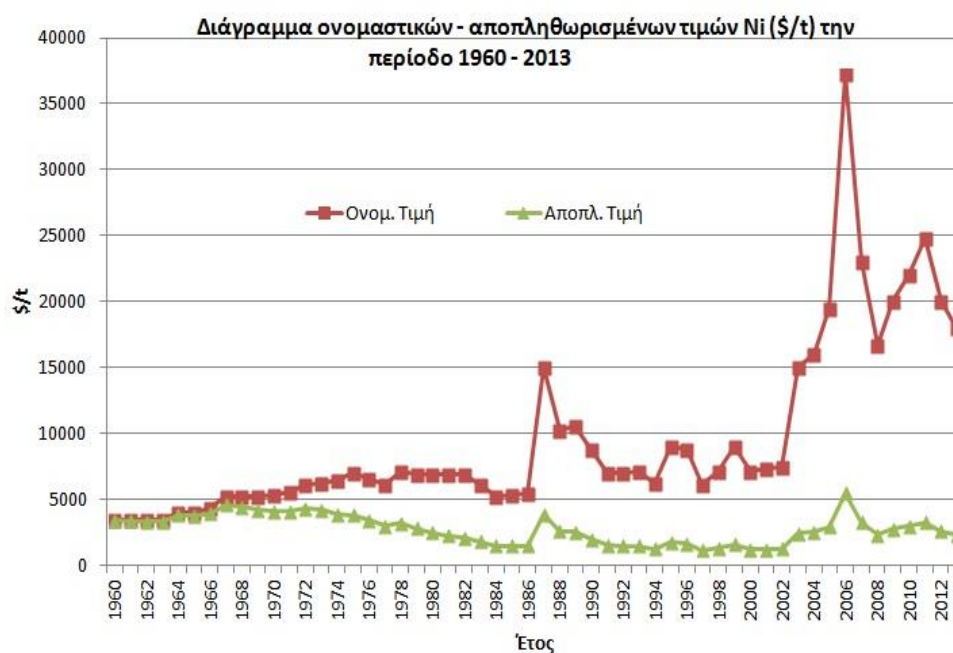
Έτος	Ονομ. Τιμή	Πληθ.	CPI (consumer price index)	Αποπλ. Τιμή
1960	3410,94		100,00	3410,94
1961	3410,94	1,07%	101,07	3374,83
1962	3410,94	1,20%	102,28	3334,81
1963	3410,94	1,24%	103,55	3293,97
1964	3999,4	1,28%	104,88	3813,43
1965	3999,4	1,59%	106,54	3753,75
1966	4300,5	3,01%	109,75	3918,41
1967	5190,88	2,78%	112,80	4601,75
1968	5190,88	4,27%	117,62	4413,31
1969	5190,88	5,46%	124,04	4184,82
1970	5390,88	5,84%	131,28	4106,25
1971	5590,88	4,30%	136,93	4083,02
1972	6080,85	3,27%	141,41	4300,23

Πίνακας 4.2 (συνέχεια): Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 - 2013

Έτος	Ονομ. Τιμή	Πληθ.	CPI (consumer price index)	Αποπλ. Τιμή
1973	6280,5	6,18%	150,15	4182,91
1974	6480,5	11,03%	166,71	3887,34
1975	6970,82	9,20%	182,04	3829,17
1976	6550,88	5,75%	192,51	3402,83
1977	6080,82	6,50%	205,03	2965,88
1978	7100,2	7,62%	220,65	3217,87
1979	6900,5	11,22%	245,41	2811,87
1980	6870,82	13,58%	278,73	2465,03
1981	6870,82	10,35%	307,58	2233,83
1982	6870,82	6,16%	326,53	2104,21
1983	6080,82	3,22%	337,04	1804,17
1984	5190,88	4,30%	351,53	1476,63
1985	5390,88	3,55%	364,01	1480,95
1986	5490,88	1,91%	370,97	1480,15
1987	14980,55	3,66%	384,54	3895,67
1988	10280,8	4,08%	400,23	2568,70
1989	10530,7	4,83%	419,56	2509,91
1990	8750,76	5,39%	442,18	1979,01
1991	6970,82	4,25%	460,97	1512,20
1992	6970,82	3,03%	474,94	1467,73
1993	7100,2	2,96%	489,00	1451,99
1994	6229,79	2,61%	501,76	1241,59
1995	9000,8	2,81%	515,86	1744,82
1996	8750,76	2,93%	530,97	1648,06
1997	6080,72	2,34%	543,40	1119,02
1998	7100,2	1,55%	551,82	1286,68
1999	9000,8	2,19%	563,91	1596,15
2000	7100,2	3,38%	582,97	1217,94
2001	7300,7	2,83%	599,46	1217,87
2002	7500,5	1,59%	609,00	1231,62
2003	15000,88	2,27%	622,82	2408,54
2004	16000,7	2,68%	639,51	2502,02
2005	19430,4	3,39%	661,19	2938,69

Πίνακας 4.2 (συνέχεια): Παρουσίαση πληθωρισμού Η.Π.Α. για την περίοδο 1960 - 2013

Έτος	Ονομ. Τιμή	Πληθ.	CPI (consumer price index)	Αποπλ. Τιμή
2006	37229,8	3,24%	682,61	5454,00
2007	22990,88	2,85%	702,07	3274,73
2008	16650,5	3,85%	729,10	2283,71
2009	20000,55	-0,34%	726,62	2752,55
2010	22000,55	1,64%	738,54	2978,94
2011	24770,22	3,16%	761,87	3251,22
2012	20000	2,07%	777,64	2571,87
2013	18000	1,59%	790,01	2278,46



Σχήμα 4.2: Διάγραμμα ονομαστικών – αποπληθωρισμένων τιμών Ni(\$/t) την περίοδο 1960 – 2013

4.2 Στατιστικά στοιχεία παραγωγής σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας

Η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή νικελίου προέρχεται από δύο τομείς: α) την εξόρυξη και προετοιμασία του μεταλλεύματος και β) από την κυρίως κατεργασία για την ανάκτηση του μεταλλικού νικελίου. Η κατανάλωση ενέργειας ανά χιλιόγραμμα ανακτώμενου μετάλλου εξαρτάται από:

- Την περιεκτικότητα της πρώτης ή της ενδιάμεσης ύλης σε νικέλιο.
- Την τεχνολογία της εξαγωγής.
- Την απόδοση του τύπου της χρησιμοποιούμενης ενέργειας. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια έχουμε γενικά μικρότερη απόδοση από ότι χρησιμοποιώντας κατ' ευθείαν ενέργεια καυσίμου.
- Την ελεύθερη ενέργεια σχηματισμού του νικελίου ως οξειδίου ή θειούχου. Δηλαδή της ελάχιστης θεωρητικά ενέργειας που χρειάζεται για να διασπαστεί το οξείδιο ή το θειούχο νικέλιο στα συστατικά του.

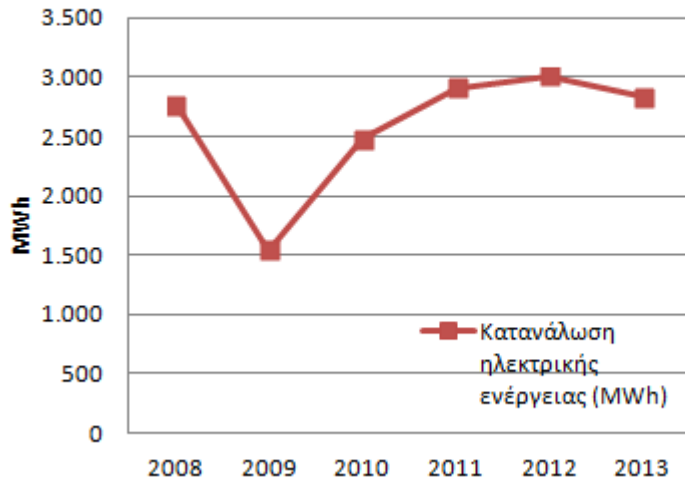
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, την τροφοδοσία ΠΕΚ, και τους δείκτες ενέργειας όπως αυτοί παρατηρήθηκαν στο εργοστάσιο της Λάρυμνας την περίοδο 2008 – 2013.

Πίνακας 4.3: Μέσος όρος τιμών κατανάλωσης ενέργειας, τροφοδοσίας ΠΕΚ, και δεικτών ενέργειας την περίοδο 2008 – 2013

Έτος	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (MWh)	Τροφοδοσία ΠΕΚ (t)	Δείκτης ενέργειας (kWh/t ΠΕΚ)	Δείκτης ενέργειας (MWh/t Ni)
2008	2766	5984	462	68
2009	1543	3165	487	76
2010	2475	5027	492	76
2011	2908	6202	469	68
2012	3009	6132	491	68
2013	2833	5974	474	68

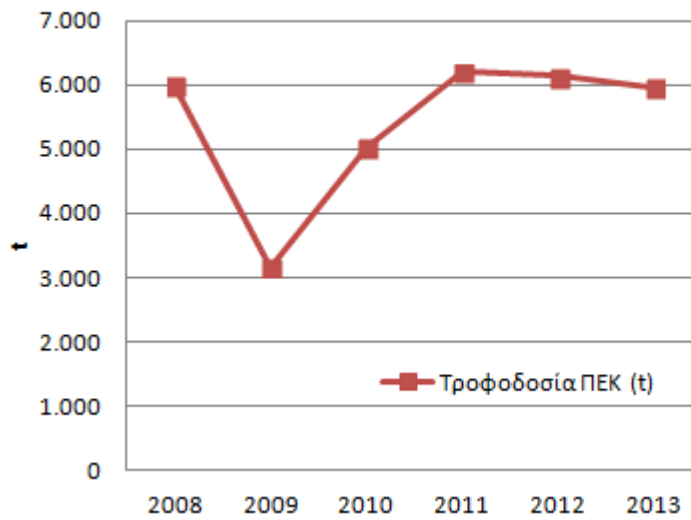
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία του πίνακα 4.3 προκύπτουν τα εξής διαγράμματα.

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 4.3: Μέσος όρος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ την περίοδο 2008 - 2013

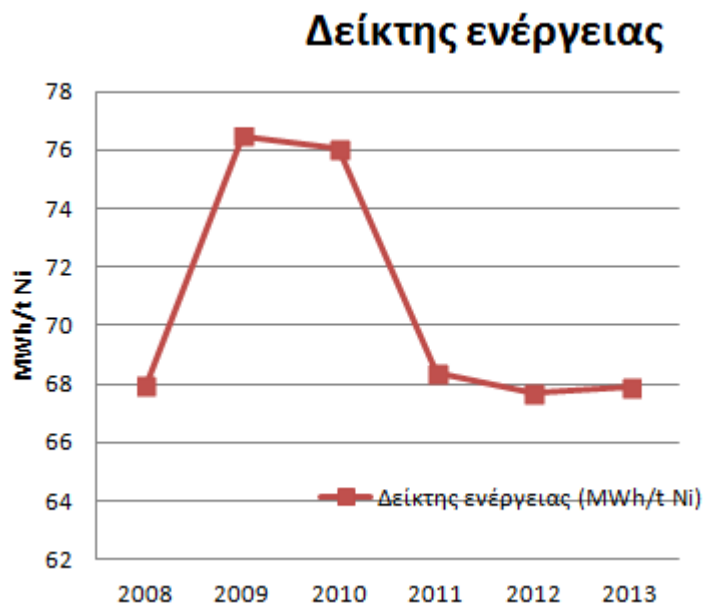
Τροφοδοσία ΠΕΚ



Σχήμα 4.4: Μέσος όρος τροφοδοσίας ΠΕΚ στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ την περίοδο 2008 - 2013



Σχήμα 4.5: Μέσος όρος Δείκτη ενέργειας σε (MWh/t Ni) στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ την περίοδο 2008 - 2013



Σχήμα 4.6: Μέσος όρος Δείκτη ενέργειας σε (kWh/t ΠΕΚ) στο εργοστάσιο της ΛΑΡΚΟ την περίοδο 2008 - 2013

Παρουσίαση αντιρρυπαντικών βιομηχανικών τεχνικών

Οι τέσσερις βασικοί τύποι εμπορικά διαθέσιμου εξοπλισμού για την απομάκρυνση σωματιδιακής ύλης είναι [5]:

- α) οι μηχανικοί συλλέκτες
- β) οι εκπλυτές, ή υγροί συλλέκτες, ή πλυντρίδες ή απλώς υγρά φίλτρα
- γ) τα υφασμάτινα φίλτρα ή σακόφιλτρα
- δ) οι ηλεκτροστατικοί συλλέκτες ή ηλεκτροστατικά φίλτρα

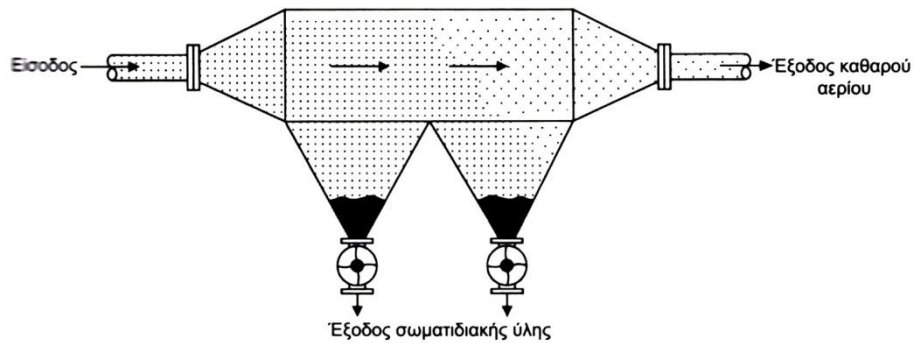
5.1 Μηχανικοί συλλέκτες

Το ειδικό βάρος της σωματιδιακής ύλης στις βιομηχανικές εκπομπές είναι τυπικά μία με δύο χιλιάδες φορές μεγαλύτερο του ειδικού βάρους του αερίου που το εμπεριέχει. Οι μηχανικοί συλλέκτες διαχωρίζουν τη βαριά σωματιδιακή ύλη από το ελαφρύτερο αέριο λόγω της διαφοράς αυτής στο ειδικό βάρος. Οι βασικοί τύποι μηχανικών συλλεκτών που βρίσκονται διαθέσιμοι στο εμπόριο είναι:

1. Οι βαρυτικοί συλλέκτες καθίζησης, στους οποίους η καθίζηση επιτυγχάνεται απλά και μόνο δια της βαρύτητας.
2. Οι συλλέκτες εκτροπής με ανακυκλοφορία, στους οποίους γίνεται εκμετάλλευση της υψηλότερης τιμής φυγόκεντρης των βαριών σωματιδίων κατά την εκτροπή της ροής της εκπομπής.
3. Οι κυκλώνες υψηλής απόδοσης, οι οποίοι επίσης εκμεταλλεύονται τη φυγόκεντρο δύναμη που δέχονται τα σωματίδια σε μία εκτεταμένη κυκλική διαδρομή στην οποία υποχρεώνεται να διέλθει η εκπομπή.

5.1.1 Βαρυτικοί συλλέκτες

Στον παρακάτω συλλέκτη του Σχήματος 5.1 υποβαθμίζεται η ταχύτητα του αερίου λόγω αύξησης της διαμέτρου από την οποία διέρχεται το ρεύμα της εκπομπής σε ταχύτητα ευνοϊκή και σε συνδυασμό με τον απαραίτητο χρόνο παραμονής στο θάλαμο προκαλείται καθίζηση της βαρύτερης (από τα αέριο) σωματιδιακής ύλης, απλά και μόνο υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η σωματιδιακή ύλη συγκεντρώνεται μέσα σε χοάνες από όπου απομακρύνεται περιοδικά. Οι ταχύτητες καθίζησης κυμαίνονται από 20-200 m/min.



Σχήμα 5.1: Βαρυτικός συλλέκτης σωματιδιακής ύλης

Βασικά χαρακτηριστικά του βαρυτικού συλλέκτη:

Μέγεθος: πολύ μεγάλο

Κόστος εγκατάστασης: χαμηλό

Ενεργειακό κόστος: πολύ χαμηλό

Κόστος συντήρησης: χαμηλό

Απόδοση: πολύ χαμηλή

Αξιοπιστία: εξαιρετική

Απόδοση σε χαμηλά φορτία: αυξάνει

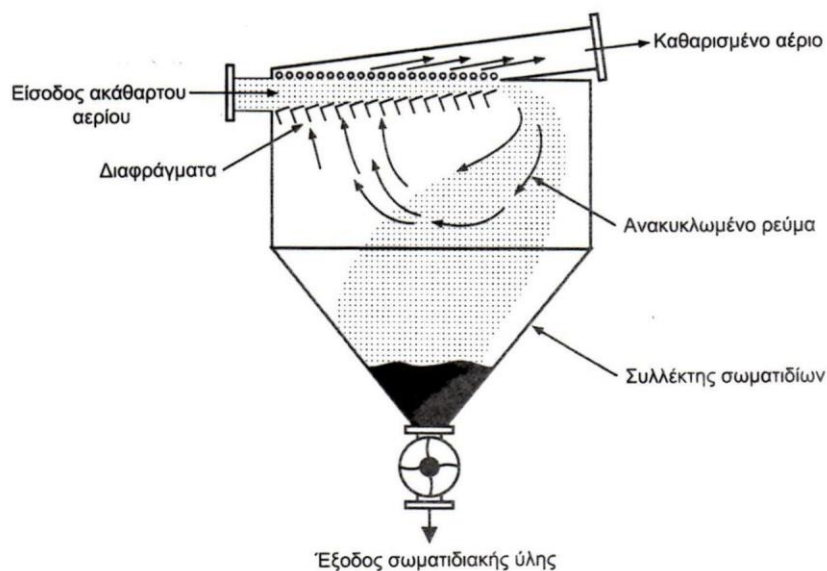
Απόδοση σε υπερβολικά φορτία: μειώνεται

Μειονεκτήματα: Το βασικό μειονέκτημα αυτού του τύπου είναι η πολύ χαμηλή του απόδοση σε λεπτόκοκκη και μέτρια σωματιδιακή ύλη, οπότε εάν η κατακράτησή της κρίνεται απαραίτητη, η χρήση του εν λόγω συστήματος είναι απαγορευτική.

5.1.2 Συλλέκτης εκτροπής με ανακυκλοφορία

Το Σχήμα 5.2 απεικονίζει έναν συλλέκτη εκτροπής, όπου το ρεύμα της εκπομπής για να καθαριστεί από τη σωματιδιακή ύλη εισάγεται με μεγάλη ταχύτητα σε οριζόντιο εκτροπέα αποτελούμενο από οπές που απέχουν περίπου 1,5 cm μεταξύ τους. Το εισερχόμενο στον συλλέκτη ακάθαρτο αέριο ρεύμα, για να περάσει ανάμεσα από τις οπές και να φθάσει στο θάλαμο της εξόδου πρέπει να κάνει μία ξαφνική, υψηλής ταχύτητας εκτροπή. Τα αέρια συστατικά του ρεύματος, έχοντας χαμηλό ειδικό βάρος δέχονται μικρότερη φυγόκεντρο

δύναμη και εκτρέπονται εύκολα. Αντίθετα, η βαρύτερη σωματιδιακή ύλη, λόγω αδράνειας, δεν μπορεί να ακολουθήσει αυτήν την πορεία και παρεκκλίνει προς το κάτω μέρος του εκτροπέα μέχρι να παγιδευτεί στον υποδοχέα σωματιδιακής ύλης. Στο τέλος καθιζάνει με φθίνουσα ταχύτητα μέσα στη χοάνη του συλλέκτη (όπως σε ένα θάλαμο βαρυτικής καθίζησης).



Σχήμα 5.2: Συλλέκτης εκτροπής με ανακυκλοφορία

Βασικά χαρακτηριστικά συλλέκτη ανακυκλοφορίας:

Μέγεθος: μικρό

Κόστος εγκατάστασης: χαμηλό

Ενεργειακό κόστος: χαμηλό

Κόστος συντήρησης: χαμηλό

Απόδοση: χαμηλή

Αξιοπιστία: εξαιρετική

Απόδοση σε χαμηλά φορτία: μειώνεται

Απόδοση σε υπερβολικά φορτία: αυξάνεται ελάχιστα

Μειονεκτήματα: Καθότι η απόδοση του είναι κατά πολύ μεγαλύτερη του βαρυτικού συλλέκτη, αυτό δεν είναι επαρκές ώστε να αντιμετωπίσει λεπτόκοκκο φορτίο σκόνης, εκτός αν χρησιμοποιηθεί ως προ-καθαριστής της εκπομπής και κατόπιν ακολουθήσει ένας αποδοτικότερος συλλέκτης, κάτι που συνηθίζεται.

5.1.3 Κυκλώνες υψηλής απόδοσης

Είναι φυγόκεντροι συλλέκτες, καθιερωμένοι με την ονομασία <<κυκλώνες>>, οι οποίοι διαχωρίζουν τη λεπτόκοκκη (κατά προτίμηση) σωματιδιακή ύλη από μία εκπομπή, μετατρέποντας την ταχύτητα του ρεύματος εισόδου σε μία κατερχόμενη εξωτερική δίνη και μία ανερχόμενη εσωτερική δίνη μεταξύ του άνω και κάτω άκρου ενός κυλίνδρου ο οποίος στο κάτω άκρο του συνεχίζεται με κωνικό τελείωμα (χώρος μέσα στον οποίο διαδραματίζεται η περιγραφείσα ροή). Η ταχέως περιστρεφόμενη καθοδική δίνη εξαναγκάζει τα βαρύτερα σωματίδια, λόγω της αναπτυσσόμενης φυγόκεντρης δύναμης, να συγκεντρώνονται στα τοιχώματα του κυκλώνα και να καθιζάνουν προς τη χοάνη συλλογής, από όπου απομακρύνονται περιοδικά. Η ανοδική εσωτερική δίνη του καθαρισμένου αερίου εγκαταλείπει τον κυκλώνα διαμέσου ενός κυλίνδρου που βρίσκεται στην κορυφή του κυκλώνα.

Η μορφή ροής σε έναν κυκλώνα μπορεί να ποικίλει από σχετικά απλή μέχρι εξαιρετικά περίπλοκη, εξαρτώμενη από πολλές μεταβλητές όπως η γεωμετρία της εισόδου, οι αναλογίες των διαστάσεων των διαφόρων τμημάτων του κυκλώνα και άλλα. Στο Σχήμα 5.3 απεικονίζεται η μορφή ροής για έναν τυπικό κυκλώνα υψηλής απόδοσης.

Εξαιτίας της σχετικής απλότητας, αξιοπιστίας και υψηλής απόδοσής του, ο κυκλώνας έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα τα τελευταία 100 χρόνια ως βασική συσκευή απομάκρυνσης σωματιδιακής ύλης από εκροές αέριων ρευμάτων της βιομηχανίας. Για να επιτευχθεί η επιθυμητή απόδοση σε κάποια συγκεκριμένη διεργασία υπάρχει δυνατότητα επιλογής μεταξύ εκατοντάδων τύπων συλλεκτών σωματιδιακής ύλης που χρησιμοποιούν τη γενική αρχή λειτουργίας του κυκλώνα. Όμως οι πλέον συνηθισμένοι τύποι που κυκλοφορούν είναι τρεις:

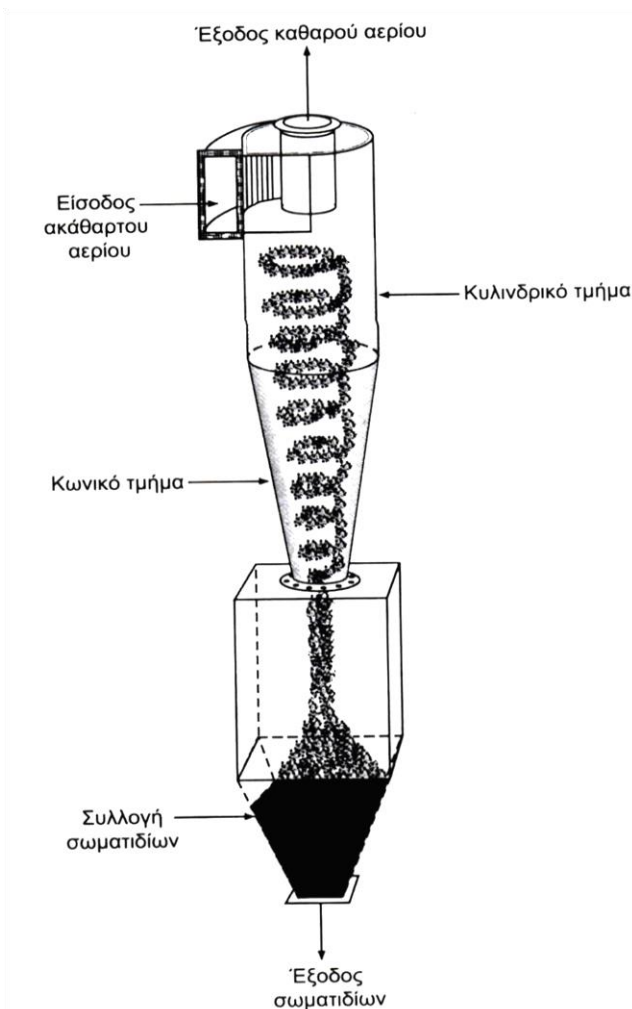
α) κυκλώνες μικρής διαμέτρου με πτερύγια

β) κυκλώνες μεγάλης διαμέτρου με περιελισσόμενη είσοδο

γ) κυκλώνες μεγάλης διαμέτρου με περιελισσόμενη είσοδο και εκχυτήρα λεπτόκοκκων σωματιδίων.

Κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους έχει το δικό του σύνολο πλεονεκτημάτων / μειονεκτημάτων, είναι διαθέσιμος σε μεγάλο εύρος διαστάσεων και αναλογιών οι οποίες καθορίζουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του και την καταλληλότητα της χρήσης του για δεδομένη εφαρμογή. Είναι σημαντικό να γίνει προσεκτική επιλογή, τόσο ως προς τον τύπο όσο και ως προς το μέγεθος, ώστε να μεγιστοποιήσουμε τα πλεονεκτήματα και να ελαχιστοποιήσουμε τα μειονεκτήματα. Τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παρακάτω

είναι κοινά για τους τρεις αναφερθέντες τύπους κυκλώνων, των οποίων η βασική διαφορά συνίσταται στον τρόπο εισόδου του προς καθαρισμό αέριου ρεύματος στον κύλινδρο.



Σχήμα 5.3: Απεικόνιση τυπικού κυκλώνα κατακράτησης σωματιδιακής ύλης. Η μορφή της ροής.

Βασικά χαρακτηριστικά κυκλώνων:

- Απόδοση: Πολύ καλή. Προσεγγίζει το 100%, μειούμενη απότομα από κάποιο μέγεθος σωματιδίων και κάτω, το οποίο ποικίλει ανάλογα με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κυκλώνα (μέγεθος, τύπος, κλπ) και τα λειτουργικά της προς επεξεργασία ροής. Για κάθε τύπο κυκλώνα είναι διαθέσιμα διαγράμματα απόδοσης έναντι του μεγέθους των σωματιδίων που βοηθούν στην επιλογή. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση και ο τρόπος με τον οποίο την επηρεάζουν συνοψίζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.1.

- Απώλεια ενέργειας: Οι περισσότεροι κυκλώνες λειτουργούν σε ταχύτητες εισόδου 900-1200 m/min. Η απαιτούμενη ενέργεια, λόγω πτώσης πίεσης (απώλεια ενέργειας ροής), για τη διακίνηση του αέριου ρεύματος σε αυτές τις ταχύτητες είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας εισόδου. Όταν εισάγουμε ατμοσφαιρικό αέρα, η απώλεια θα είναι μεταξύ 100-150 mm στήλης H₂O. Αυτή η απώλεια εκφράζεται ως διαφορά στατικής πίεσης (πτώση πίεσης) ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο. Σε αέρια υψηλότερων θερμοκρασιών και χαμηλότερης πυκνότητας παρουσιάζονται χαμηλότερες απώλειες.
- Δυναμικότητα: Ο σχεδιασμός κάθε κυκλώνα αντιπροσωπεύει ένα <<συμβιβασμό>> ανάμεσα σε τρεις παράγοντες: απόδοση, απώλεια ενέργειας ροής και μέγεθος. Σε γενικές γραμμές οι υψηλότερες αποδόσεις απαιτούν υψηλότερες απώλειες ενέργειας ροής (μεγαλύτερη δαπάνη ενέργειας) ή μεγαλύτερο μέγεθος κυκλώνα ή και τα δύο.

Πίνακας 5.1: Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση κυκλώνων

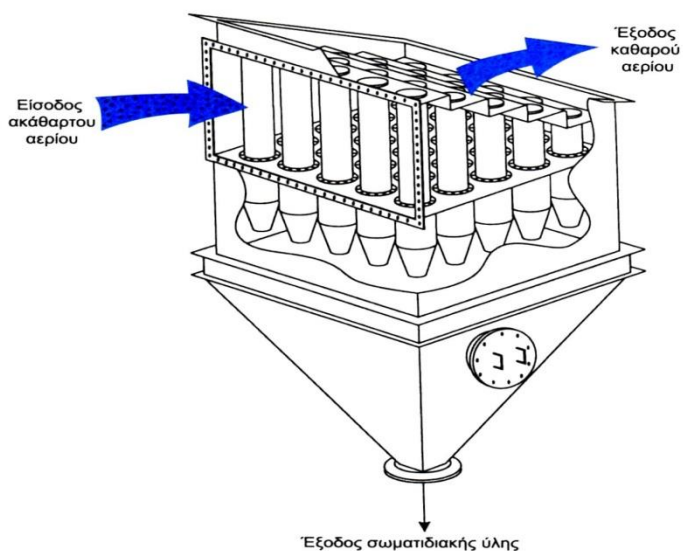
Αύξηση σε	Επίδραση στην απόδοση
Ειδικό βάρος σκόνης	Αύξηση
Ιξώδες αερίου (θερμοκρασία)	Μείωση
Επιφάνεια σκόνης	Μείωση
Φορτίο σκόνης	Αύξηση
Ταχύτητα εισόδου	Αύξηση

Μια αλλαγή στις διαστάσεις του κυκλώνα και γενικότερα στα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά θα επηρεάσει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και απόδοσης του όπως συνοψίζονται ποιοτικά στον Πίνακα 5.2. Τα τελικά λειτουργικά χαρακτηριστικά κάθε κυκλώνα είναι το αποτέλεσμα μιας περίπλοκης συσχέτισης όλων των κρίσιμων διαστάσεων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών.

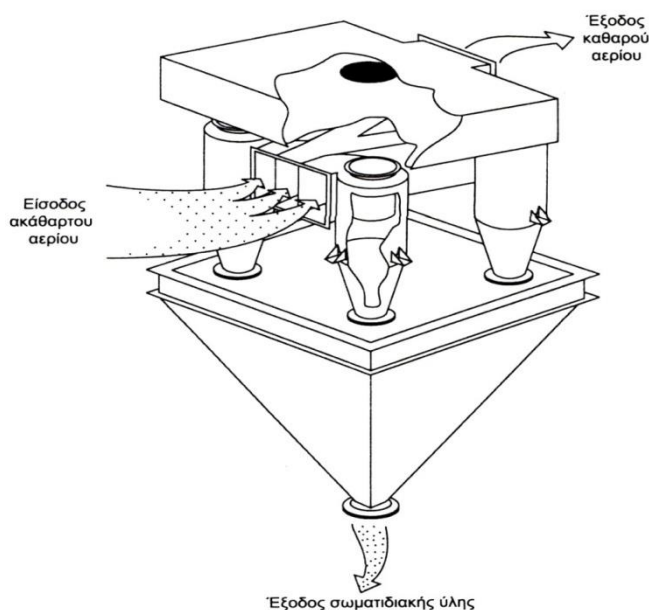
Πίνακας 5.2: Κατασκευαστικές μεταβολές και επίδραση τους στην απόδοση του κυκλώνα

Αύξηση διάστασης του κυκλώνα σε:	Απόδοση	Απώλεια ενέργειας	Δυναμικότητα
Επιφάνεια εισόδου	μειωμένη	αυξημένη	Αυξημένη
Μήκος κυλίνδρου	αυξημένη	ίδια	Ίδια
Μήκος κώνου	αυξημένη	ίδια	Ίδια
Διάμετρος κυλίνδρου	μειωμένη	ίδια	Ίδια
Διάμετρος εξόδου	μειωμένη	ίδια	Αυξημένη
Διεισδυτικότητα φίλτρου εξόδου	αυξημένη	αυξημένη	Ίδια

Για να γίνει φανερό ότι το φάσμα επιλογής του κατάλληλου συστήματος κυκλώνα είναι ευρύ, στο Σχήμα 5.4 απεικονίζεται ένα σύστημα απομάκρυνσης σωματιδιακών ρύπων αποτελούμενο από 25 κυκλώνες μικρής διαμέτρου (ένα συνηθισμένο σύστημα), ενώ στο Σχήμα 5.5 παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα τεσσάρων κυκλώνων μεγάλης διαμέτρου. Εν ολίγοις η δυνατότητα επιλογής δεν περιορίζεται μόνο στα γεωγραφικά/σχεδιαστικά χαρακτηριστικά ενός μεμονωμένου κυκλώνα αλλά και σε άλλες ποικίλες ιδέες συστημάτων κυκλώνων στα οποία συνδυάζεται και συνεργεί ένας αριθμός κυκλώνων.



Σχήμα 5.4: Ένα σύστημα 25 κυκλώνων μικρής διαμέτρου



Σχήμα 5.5: Ένα σύστημα 4 κυκλώνων μεγάλης διαμέτρου

5.2 Φίλτρα από ύφασμα (σακόφιλτρα)

Τα σακόφιλτρα είναι συλλέκτες με τις περισσότερες εφαρμογές στην απομάκρυνση ξηρών (άνυδρων) σωματιδίων από ένα ρεύμα εκπομπών. Διατίθεται μια μεγάλη ποικιλία τέτοιων φίλτρων. Σε όλα αυτά τα φίλτρα η σκόνη παγιδεύεται από τη μία πλευρά του υφάσματος, ήτοι από εκείνη της εισόδου του πλούσιου σε σωματίδια αέριου ρεύματος, ενώ από τα διάκενα του υφάσματος διαπερνά το καθαρό αέριο. Σε ένα τυπικό εμπορικό σακόφιλτρο αυτά τα διάκενα είναι διαστάσεων της τάξης των 100 μm. Ένας συλλέκτης αυτών των χαρακτηριστικών μπορεί να παγιδεύσει σωματίδια τόσο μικρά όσο περίπου 0,5 μm.

Η ικανότητα του φίλτρου να συλλέγει τόσο λεπτόκοκκο υλικό είναι αποτέλεσμα της συνεχούς ενίσχυσης αυτής της ικανότητας από το πορώδες στρώμα σωματιδίων που σχηματίζεται στην πλευρά συλλογής. Αυτό το στρώμα, το οποίο λέγεται <<κρούστα>> ή <<πλάκα>> του φίλτρου, φράσσει προοδευτικά τα μεγαλύτερα σε διαστάσεις διάκενα, αιχμαλωτίζοντας όλο και πιο λεπτόκοκκα σωματίδια.

Στα φίλτρα στα οποία χρησιμοποιούνται πιο πυκνά (συμπαγή) υφάσματα, δηλαδή μια σύνθετη μάζα από ένα λαβύρινθο λεπτών ινών τυχαία προσανατολισμένων, η εξάρτηση της απόδοσης από την πλάκα είναι μικρότερη. Τα φίλτρα αυτού του τύπου δεν μπορούν να καθαριστούν αποτελεσματικά με απλό τίναγμα και πρέπει να καθαρίζονται συχνά με ανάστροφο αέριο ρεύμα σε υψηλή πίεση.

Στα φίλτρα στα οποία χρησιμοποιούνται πιο πυκνά (συμπαγή) υφάσματα, δηλαδή μια σύνθετη μάζα από ένα λαβύρινθο λεπτών ινών τυχαία προσανατολισμένων, η εξάρτηση της απόδοσης από την πλάκα είναι μικρότερη. Τα φίλτρα αυτού του τύπου δεν μπορούν να καθαριστούν αποτελεσματικά με απλό τίναγμα και πρέπει να καθαρίζονται συχνά με ανάστροφο αέριο ρεύμα σε υψηλή πίεση.

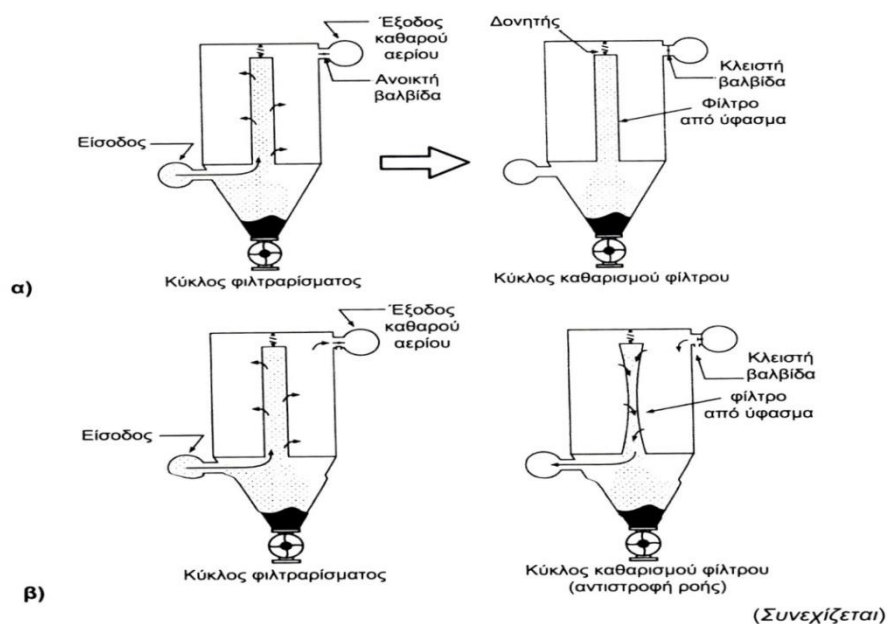
Οι φυσικοί μηχανισμοί οι οποίοι προκαλούν το σχηματισμό της πλάκας είναι κυρίως οι ακόλουθοι:

- Συσώρευση λεπτόκοκκου υλικού που κινείται αντίθετα προς το ρεύμα.
- Ενσφήνωση των μεγαλύτερων σωματιδίων στις ίνες.
- Διάχυση σωματιδίων μέσα από τις ίνες (αυτά τα σωματίδια έχουν διαστάσεις μικρότερες από 1 μm).
- Ηλεκτροστατική έλξη ή άπωση.
- Θερμικές επιδράσεις.
- Χονδρό κοσκίνισμα από το ύφασμα.
- Λεπτό κοσκίνισμα από την πλάκα του φίλτρου.

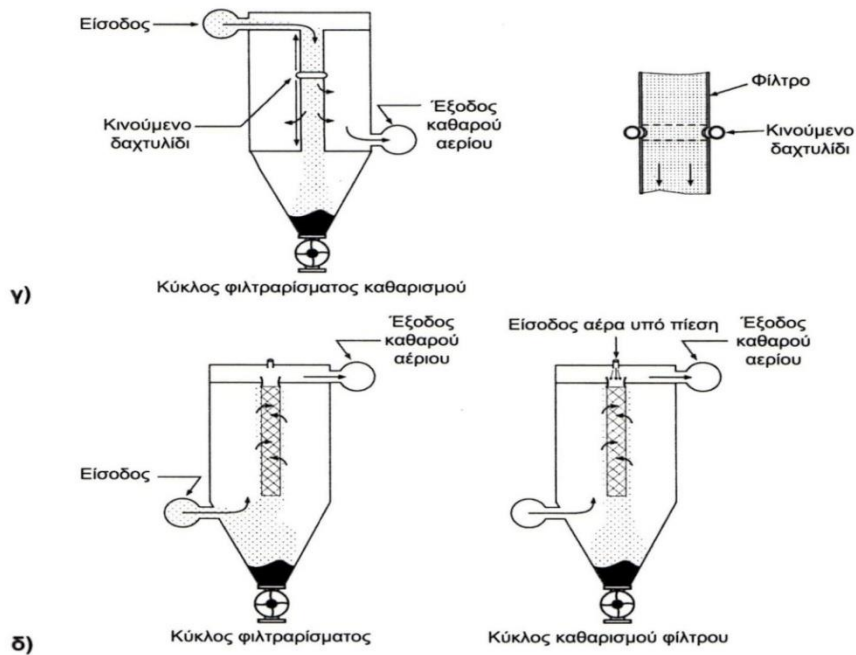
Συσκευές κατακράτησης σωματιδιακής ύλης με υφασμάτινα φίλτρα υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών και τύπων στο εμπόριο. Τα εξαρτήματα των βασικότερων τύπων περιγράφονται παρακάτω:

- Το περίβλημα: Το καθαρισμένο αέριο κινείται μέσα στο περίβλημα, εφόσον αντλείται με υποπίεση που δημιουργεί μια αντλία στην έξοδο του συστήματος ή συμπιέζεται με αντλία στην είσοδο. Η πρώτη περίπτωση είναι η επικρατέστερη, διότι κατ' αυτήν η αντλία θα λειτουργεί με καθαρό αέριο, σε αντίθεση με τον αντίστροφο σχεδιασμό, Σχήμα 5.6α.
- Το ύφασμα του φίλτρου: Το ύφασμα (σάκος) είναι τοποθετημένο σε ένα ειδικό υποδοχέα που μπορεί να έχει διάφορα σχήματα. Ο τύπος σακόφίλτρου που φαίνεται στο Σχήμα 5.6 διαθέτει ένα σάκο σωληνοειδούς τύπου. Η ποικιλία του υλικού των υφασμάτων είναι μεγάλη. Μπορεί να είναι από μαλλί, βαμβάκι, φυτικές ή συνθετικές ίνες. Έχουν κατασκευασθεί συνθετικές ίνες που αντέχουν μέχρι 300 °C (το βαμβάκι αντέχει μέχρι τους 100 °C).
- Άλλες ιδιομορφίες: Άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός σακόφίλτρου είναι ο αριθμός και η διάταξη των σάκων, εάν το ρεύμα του αερίου είναι κατακόρυφο (προς τα πάνω ή προς τα κάτω) ή οριζόντιο, εάν η ροή είναι από το εσωτερικό του σάκου προς τα έξω ή αντίστροφα, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο καθαρίζεται ο σάκος. Το σχήμα 5.6 καταγράφει διάφορες περιπτώσεις σχεδιασμού, όπου διαφαίνεται μια σοβαρή σχεδιαστική προσπάθεια για διευκόλυνση του καθαρισμού.

Μια ειδική διάταξη στην κορυφή του σάκου προκαλεί κραδασμούς που βοηθούν στον καθαρισμό του υφάσματος. Αυτό μπορεί να γίνεται εν λειτουργία είτε κατόπιν διακοπής αυτής. Για αποτελεσματικότερο καθάρισμα, είναι δυνατόν να αντιστρέψουμε και τη ροή αν το επιτρέπει ο σχεδιασμός, όπως στην περίπτωση β του σχήματος 5.6. Υπάρχουν και φίλτρα με κινούμενο δακτυλίδι που διευκολύνει την αποκόλληση των συλλεγόμενων σωματιδίων και έτσι επιφέρει καλύτερο και συνεχή καθαρισμό του φίλτρου (Σχήμα 5.6γ), καθώς και τύποι που επιτυγχάνουν τον καθαρισμό με δημιουργία παλμών αερίου (Σχήμα 5.6δ).



Σχήμα 5.6: Διάφοροι σχεδιασμοί σακόφίλτρων με ιδιαιτερότητες στον τρόπο καθαρισμού του φίλτρου



Σχήμα 5.6: (συνέχεια)

5.3 Εκπλυτές (υγρά καθαριστές, πλυντρίδες)

Οι εκπλυτές (υγρά φίλτρα) χρησιμοποιούν ένα υγρό, συνήθως νερό, για να παγιδεύσουν και να απομακρύνουν σωματιδιακή ύλη, ή και ευδιάλυτα αέρια, από ένα ρέον ρεύμα. Το υγρό εισέρχεται σε ένα ειδικό θάλαμο υπό μορφή ψεκασμού. Το Σχήμα 5.7α απεικονίζει έναν από τους πιο απλούς εκπλυτές, μία βαρυτική εγκατάσταση θαλάμου έκπλυσης με ψεκαστήρες στην οποία το αέριο εμφυσείται και πλένεται με το ψεκαζόμενο νερό που θα απομακρύνει τη σκόνη υπό μορφή λάσπης, στη δεξαμενή λάσπης.

Το ακάθαρτο αέριο επιβραδύνεται στο στόμιο εισόδου, περνάει μέσα από τη δίνη που προκαλείται από τη δύναμη των ψεκαστήρων, διέρχεται από τον τομέα απομάκρυνσης της ομίχλης (χώρος κατακράτησης υγρών σταγονιδίων) και τέλος επιταχύνεται στο στόμιο εξόδου για να ανακτήσει ξανά την ταχύτητα εισόδου.

Η απομάκρυνση των σωματιδίων ύλης επιτυγχάνεται κυρίως με τη σύγκρουση ανάμεσα σε ένα σωματίδιο και μία σταγόνα υγρού που έχει ως αποτέλεσμα τη δέσμευση του πρώτου από το δεύτερο. Η συλλογή των σωματιδίων από τα σταγονίδια του υγρού προκαλείται από τους ακόλουθους φυσικοχημικούς μηχανισμούς:

- Πρόσκρουση των μεγαλύτερων σωματιδίων σκόνης στις σταγόνες.
- Σύλληψη λόγω διάχυσης των λεπτών σωματιδίων.
- Ηλεκτροστατικές δυνάμεις.

- Θερμικές κλίσεις.
- Συμπύκνωση υγρασίας σε σωματίδια.

Οι εν λόγω μηχανισμοί έχουν ως αποτέλεσμα το σωματίδιο, δεσμευμένο πλέον από μία σταγόνα νερού, να γίνεται μεγαλύτερο και βαρύτερο. Αυτή η αύξηση στο μέγεθος και το βάρος, βοηθά στη διαδικασία συλλογής και απομάκρυνσης των σωματιδίων μέσω δυνάμεων βαρύτητας, αδράνειας ή φυγόκεντρων δυνάμεων, ανάλογα με τον τρόπο σχεδιασμού και λειτουργίας του υγρού φίλτρου. Οι σταγόνες λιμνάζουν στον πυθμένα απελευθερώνοντας τη σκόνη, η οποία, έχοντας μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό, καθιζάνει και σχηματίζει λάσπη που περιοδικά αντλείται.

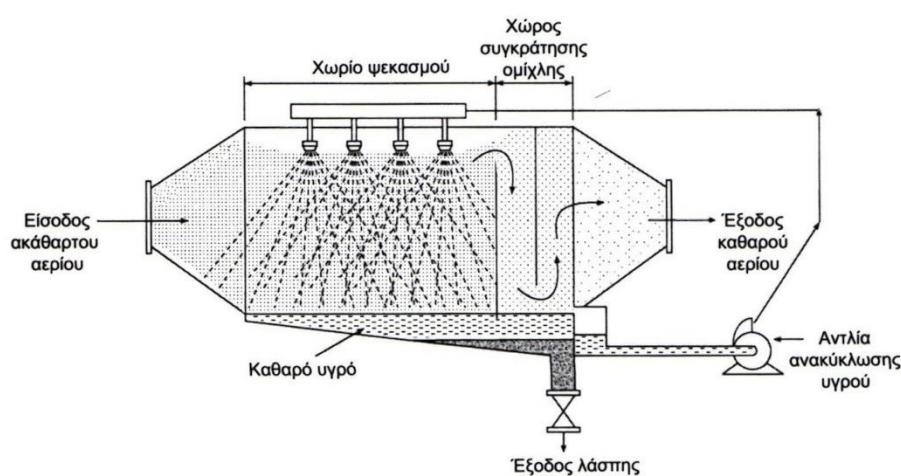
Κατά την έξοδο των αερίων ειδικός σχεδιασμός μπορεί να συνδυάσει τις δυνάμεις αδράνειας και βαρύτητας ώστε τα σταγονίδια να προσκρούουν στην επιφάνεια του λιμνάζοντος υγρού και να απομακρυνθεί κατά το δυνατόν η ομίχλη που διαφεύγει από το θάλαμο ψεκασμού. Το υγρό, αφού καθαριστεί ευχερώς ώστε να αποφευχθούν προβλήματα διάβρωσης των εγκαταστάσεων, μπορεί να ανακυκλωθεί. Ο θάλαμος ψεκασμού μπορεί να περιέχει και διαφράγματα πρόσκρουσης και εκτροπής της ροής που αυξάνουν την απόδοση του υγρού φίλτρου (Σχήμα 5.7β). Έχει αναπτυχθεί μια μεγάλη ποικιλία υγρών φίλτρων (εκπλυτών) που συνδυάζουν το σχέδιο του κυκλώνα από ταυτόχρονο ψεκασμό ή τη χρήση διαβρεχόμενων σακόφιλτρων μέσα στον θάλαμο ψεκασμού.

5.4 Ηλεκτροστατικά φίλτρα

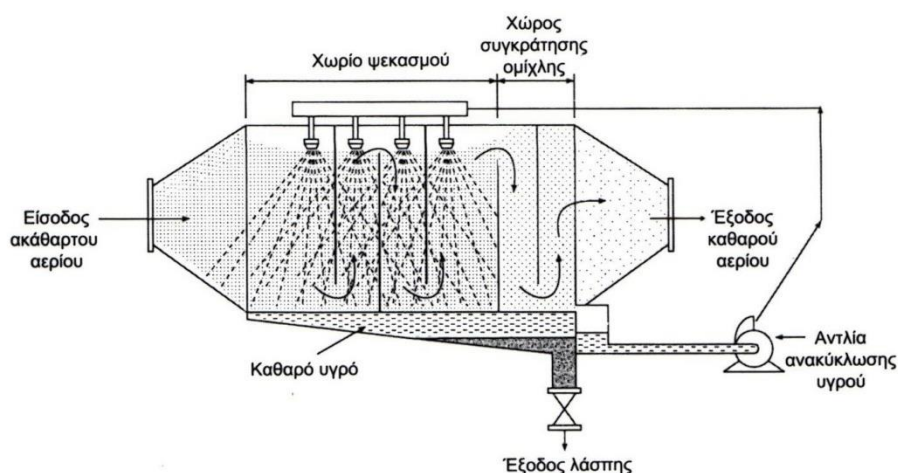
Το ηλεκτροστατικό φίλτρο (Η/Φ) εφευρέθηκε το 1910 από τον Frederic Garder Cottrel του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούνται σε μία μεγάλη ποικιλία προβλημάτων καθαρισμού αερίων με αποδόσεις συλλογής που φτάνουν τα 99,9 %, ρυθμούς επεξεργασίας αερίου έως 120.000 m³/min και θερμοκρασίας επεξεργασίμου αερίου έως τους 550 °C. Το 1970 στις Ηνωμένες Πολιτείες υπήρχαν πάνω από 5.000 εγκαταστάσεις που καθάριζαν 20 εκατομμύρια m³/min ακάθαρτων αερίων, προερχόμενα από σταθμούς παραγωγής θερμικής ενέργειας, κλιβάνους και τη βιομηχανία. Μία επένδυση πάνω από 1 δισεκατομμύριο δολάρια για τη χώρα της Αμερικής.

Αρχές λειτουργίας και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά: Μία συσκευή Η/Φ διαχωρίζει τα σωματίδια ύλης από ένα ρεύμα αερίου, αρχικά φορτίζοντάς τα σε ένα αρνητικό δυναμικό περίπου 50.000 V και κατόπιν προσκολλώντας τα πάνω σε ειδικά ηλεκτρόδια συλλογής επίπεδης γεωμετρίας. Τελικά η συσσωρευμένη ύλη συλλέγεται σε μία χοάνη. Παρόλο που χρησιμοποιούνται υψηλές τάσεις, η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρή και οι απώλειες των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι μικρότερες από όλους τους άλλους συλλέκτες υψηλής απόδοσης.

Σε εμπορικές μονάδες φυσιολογικού μεγέθους, το πλούσιο σε σωματιδιακή ύλη αέριο περνά οριζόντια μέσα από στενά περάσματα που σχηματίζονται από παράλληλες πλάκες γειωμένων ηλεκτροδίων συλλογής. Ηλεκτρικώς μονωμένα σύρματα υψηλής τάσης είναι τοποθετημένα στους χώρους διέλευσης του αερίου, περίπου στο μέσον της απόστασης των πλακών που αποτελούν τα γειωμένα ηλεκτρόδια (Σχήμα 5.8α). Μία τρισδιάστατη εικόνα ενός σύγχρονου Η/Φ παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.8β. Οι τυπικές διαστάσεις των χωρισμάτων διέλευσης του αερίου (απόσταση πλακών) σε ένα μεγάλο Η/Φ του εμπορίου είναι 24 cm απόσταση, 9 m ύψος και 8 m μήκος. Η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων υψηλής τάσης και των γειωμένων πλακών συλλογής, είναι το μισό του πλάτους του χώρου διέλευσης του αερίου, δηλαδή 12 cm.



(α)



(β)

Σχήμα 5.7: Υγροί καθαριστές, εκπλυτές, πλημμυρίδες ή υγρά φίλτρα. α) Απλός τύπος, β) Με διαφράγματα πρόσκρουσης και εκτροπής της ροής.

Στο Σχήμα 5.9 απεικονίζεται η μορφή της ροής των ηλεκτρικών φορτίων μεταξύ συρμάτων και πλάκων. Αυτή η ροή φορτίων, η οποία καλείται <<ηλεκτρικός άνεμος>>, είναι το αποτέλεσμα μαζικής μεταφοράς αρνητικά φορτισμένων ιόντων αερίου από τα αρνητικώς φορτισμένα σύρματα προς τις θετικές φορτισμένες (γειωμένες) πλάκες συλλογής.

Τα Η/Φ λειτουργούν όπως αναφέρθηκε στα 40.000 έως 50.000 V χαμηλότερα από το δυναμικό της Γης. Αυτό το δυναμικό είναι αρκετό για να δώσουν τα σύρματα δισεκατομμύρια ηλεκτρόνια που βομβαρδίζουν τα μόρια του αερίου σε μικρή ακτίνα γύρω από αυτά. Η δύναμη αυτού του βομβαρδισμού σχηματίζει θετικά και αρνητικά ιόντα αερίου των οποίων η παρουσία πιστοποιείται από ένα ορατό μπλε στεφάνι.

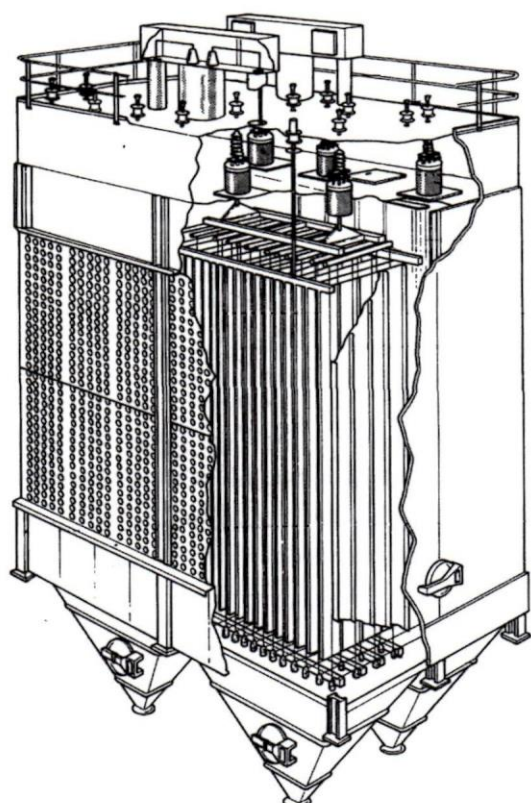
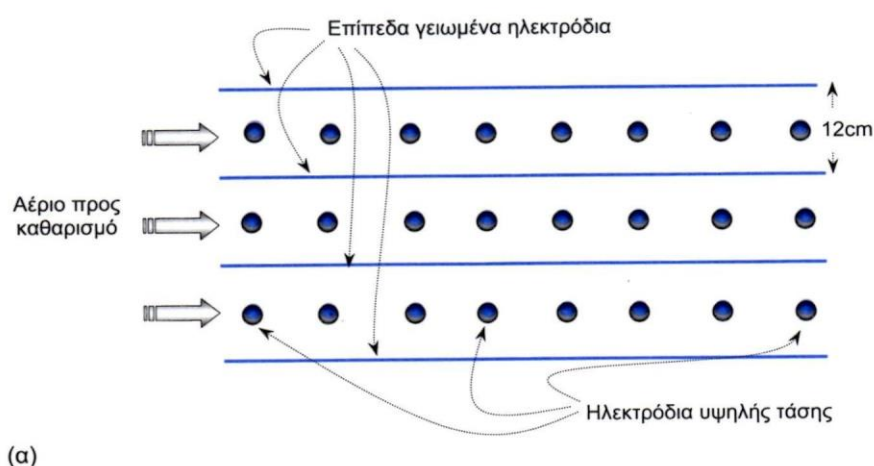
Τα ιόντα, υπό την επενέργεια της μεγάλης ηλεκτροστατικής δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου, κινούνται προς τα αντίθετα φορτισμένα ηλεκτρόδια. Τα θετικά ιόντα του αερίου επιστρέφουν στα αρνητικά σύρματα και ξανακερδίζουν τα χαμένα τους ηλεκτρόνια. Τα αρνητικά ιόντα του αερίου κινούμενα προς τα γειωμένα (συγκριτικά θετικά) ηλεκτρόδια συλλογής, <<πλημμυρίζουν>> το διερχόμενο αέριο με δισεκατομμύρια αρνητικά ιόντα αερίου. Η μεγαλύτερη ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε μια συσκευή Η/Φ είναι η ροή των αρνητικών ιόντων του αερίου από τα σύρματα προς τις πλάκες.

Τα σωματίδια ύλης σχηματίζουν μία προοδευτικά αυξανόμενη κρούστα πάνω από τα ηλεκτρόδια συλλογής και το αρνητικό φορτίο διαρρέει από την κρούστα προς τα γειωμένα ηλεκτρόδια συλλογής. Καθώς η κρούστα μεγαλώνει τα ηλεκτρικά φορτία που μεταφέρει το νέο στρώμα της προσκολλούμενης σωματιδιακής ύλης πρέπει να διαπεράσει το πάχος της κρούστας που έχει δημιουργηθεί. Η ηλεκτρική αντίσταση της κρούστας στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος εξαρτάται από το υλικό αυτό καθαυτό της σωματιδιακής ύλης και ονομάζεται <<ειδική αντίσταση σκόνης>>. Τα Η/Φ λειτουργούν επιτυχώς σε σκόνες των οποίων η ειδική αντίσταση κυμαίνεται από 10⁷ έως 10¹¹ Ω/cm.

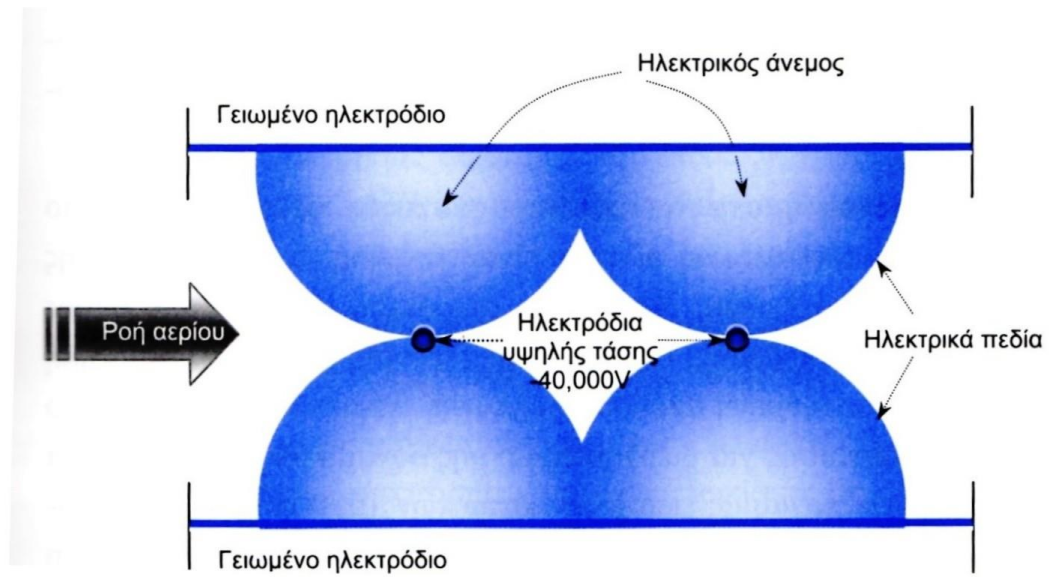
Εφόσον προσκολληθεί η σωματιδιακή ύλη και δημιουργήσει μια κρούστα (πλάκα) πάχους περίπου 0,2 - 0,6 cm, τα σωματίδια που είναι εγγύτερα στα ηλεκτρόδια συλλογής έχουν χάσει πολύ από το φορτίο τους προς τις γειωμένες πλάκες. Η ηλεκτρική έλξη έχει αποδυναμωθεί. Από την άλλη, τα σωματίδια που έχουν προσκολληθεί πρόσφατα στην εξωτερική επιφάνεια της κρούστας, συγκρατούν ακόμη μεγάλο ποσοστό από το φορτίο τους, είναι ηλεκτρικά μονωμένα από τα γειωμένα επίπεδα ηλεκτρόδια εξαιτίας της ύπαρξης των ενδιάμεσων αποφορτισμένων στρωμάτων της κρούστας και έτσι συγκρατούν ολόκληρη την κρούστα πάνω στο ηλεκτρόδιο συλλογής. Ένα δυνατό τίναγμα απογυμνώνει το ηλεκτρόδιο συλλογής από την κρούστα. Η δύναμη που εφαρμόζεται στο τίναγμα είναι ελεγχόμενη ώστε να θρυμματίσει την κρούστα σε σχετικά μεγάλα συσσωματώματα σωματιδίων και να μην δημιουργήσει εκ νέου πολύ μικρά σωματίδια.

Τα σχετικώς μεγάλα συσσωματώματα πέφτουν μέσα στις χοάνες υπό την επίδραση της βαρύτητας, ακριβώς όπως στο θάλαμο βαρυτικής καθίζησης. Τα περισσότερα Η/Φ λειτουργούν με ταχύτητες αερίων που κυμαίνονται από 1 έως 2 m/sec. Το υψηλό δυναμικό δεν διακόπτεται για να αποφευχθεί η διαφυγή σωματιδίων με το φίλτρο.

Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των Η/Φ: Το κύριο πλεονέκτημα του Η/Φ είναι η υψηλή απόδοση συλλογής και το μικρό κόστος λειτουργίας. Απαιτεί τη μικρότερη ενέργεια από τους συλλέκτες υψηλής απόδοσης. Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα είναι η υψηλή αξιοπιστία σε κάθε απαιτούμενη απόδοση συλλογής. Μειονεκτήματα είναι, το υψηλό κόστος εγκατάστασης για διεργασίες μικρής δυναμικότητας (ειδικά για μεγέθη διεργασιών επεξεργασίας εκπομπών κάτω των 1500 m³/min), η απρόβλεπτη απόδοση συλλογής σε υψηλές ειδικές αντιστάσεις ύλης και τέλος η μείωση της απόδοσης συλλογής σε ροές αερίων πάνω από την προσχεδιασμένη.



Σχήμα 5.8: α) Κάθετη διατομή ενός ηλεκτροστατικού φίλτρου, β) Τρισδιάστατη εικόνα ενός μοντέρνου ηλεκτροστατικού φίλτρου (ESP)



Σχήμα 5.9: Ηλεκτροστατικό πεδίο υψηλής τάσης σε ένα ESP

Παρουσίαση υπάρχουσας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στο τμήμα των Π/Κ της ΛΑΡΚΟ

3.1 Ιστορικό εξέλιξης των εγκαταστάσεων απαγωγής των αερίων στην ατμόσφαιρα

Πριν το 1969 όλη η ποσότητα της παραγόμενης σκόνης από τους εγκατεστημένους κλιβάνους, αφήνονταν ελεύθερη στην ατμόσφαιρα μέσω των χαμηλών καμινάδων κάθε καμίνου. Το 1969 κατασκευάστηκε το τμήμα της ξηρής αποκονίωσης στην Π/Κ 2 (κονιοθάλαμος και πολυκυκλώνας) και το σύστημα μεταφοράς της σκόνης προς την θέση απόθεσής της. Με αυτόν τον τρόπο έγινε δυνατή η συγκράτηση του 60% της παραγόμενης από την Π/Κ σκόνης. Αργότερα κατασκευάστηκαν ανάλογες εγκαταστάσεις στην Π/Κ 3, η διαδικασία επαναλήφθηκε και στην Π/Κ 1.

Το 1973 κατασκευάστηκαν πύργοι πλύσεως τύπου Venturi του οίκου Baumco για συμπληρωματική υγρή αποκονίωση των Π/Κ 1,2,3, οπότε η συγκράτηση των στερεών σωματιδίων από τα καπναέρια ήταν σχεδόν ολοκληρωτική. Το έτος 1979 εγκαταστάθηκε η Π/Κ 4 και κατασκευάστηκε ξηρή αποκονίωση αυτής με ηλεκτροστατικά φίλτρα της εταιρείας ELEX, ενώ ο εξοπλισμός συμπληρώθηκε συγχρόνως με πύργο ψύξεως των εξαγομένων στην ατμόσφαιρα αερίων. Το ίδιο έτος έγινε θέσπιση κανονισμού σύμφωνα με τον οποίο οι Π/Κ λειτουργούν παραγωγικά μόνο όταν λειτουργεί η υγρή αποκονίωση και ο ηλεκτροστατικός καθαρισμός. Τέλος το 1980 κατασκευάστηκε η κεντρική καμινάδα του εργοστασίου με ύψος 156 m.

3.2 Εγκαταστάσεις αποκονίωσης και τεχνική λειτουργίας των Π/Κ 1, 2, 3

Προκειμένου να απαχθούν τα αέρια που παράγονται κατά την διεξαγωγή της προαναγωγής μέσα στην Π/Κ, περνούν από τις παρακάτω εγκαταστάσεις επεξεργασίας:

Κονιοθάλαμος - κοχλίες

Τα καπναέρια που εγκαταλείπουν το κυρίως σώμα της Π/Κ εισέρχονται μέσα στον κονιοθάλαμο που βρίσκεται στο πίσω μέρος αυτής. Πρόκειται για έναν μεγάλο ορθογωνικής διατομής και πυρίμαχης κατασκευής χαλύβδινο θάλαμο, ο πυθμένας του οποίου έχει χοανοειδή διαμόρφωση.

Οι χωρικές διαστάσεις του είναι κυρίως μεγάλες της τάξεως των 1000 m³. Λόγω της κατασκευής του και της τεχνικής λειτουργίας του ένα πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής σκόνης της τάξεως του 6-8% κατακάθεται μέσα σε αυτόν, ενώ το υπόλοιπο εγκαταλείπει τον κονιοθάλαμο μαζί με τα αέρια μέσω σωλήνωσης που βρίσκεται στο επάνω μέρος του θαλάμου. Αν και η υψηλή θερμοκρασία των διερχόμενων αερίων εξασφαλίζει μία σχετικά αυξημένη κινητική ενέργεια και ταχύτητα ροής σε αυτά, η διακίνηση τους σε όλο το μήκος της πορείας του καθαρισμού γίνεται με τη βοήθεια κεντρικού ανεμιστήρα μωζητικού τύπου και δυναμικότητας παροχής 170.000 Nm³/h για την Π/Κ 1 και 100.000 Nm³/h για τις Π/Κ 2,3, εγκατεστημένου περίπου στην βάση της καμινάδας. Η κοκκομετρική σύσταση της συγκρατούμενης στον κονιοθάλαμο σκόνης είναι από -200 έως 50 μm και συλλέγεται στον χαμηλότερο χώρο του θαλάμου όπου και θα εξαχθεί. Ο κονιοθάλαμος έχει μόνο ένα διαμέρισμα το οποίο μπορεί να διαμορφώνεται στον πυθμένα σε δύο χοάνες εξαγωγής του υλικού το οποίο συσσωρεύεται σε φυσικά πρηνή μέσα στον θάλαμο. Η εξαγωγή της σκόνης γίνεται μέσω σκεπαστού κοχλία που βρίσκεται έξω από τον κονιοθάλαμο και στον πυθμένα αυτού. Η τροφοδοσία αυτού γίνεται συνεχώς μέσω ειδικού ρυθμιζόμενου εξωτερικού τροφοδότη της χοάνης του κονιοθάλαμου με το άκρο της οποίας συνδέεται κατά το δυνατόν αεροστεγώς. Στους κονιοθάλαμους καταλήγουν συνήθως οι κεντρικοί ατέρμονες κοχλίες μεταφοράς της σκόνης μέσω των οποίων διοχετεύεται το συνολικά συλλεγόμενο υλικό προς τους χώρους αποθήκευσης. Επειδή η δυναμικότητα των Π/Κ 1,2,3 αλλά και η διαμόρφωση των λοιπών έργων είναι ευνοϊκή, υπάρχει μόνο ένας κοχλίας απλωμένος κατά μήκος του συνόλου της ξηρής αποκονίωσης κάθε καμίνου. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επιμέρους κοχλιών παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά επιμέρους κοχλιών

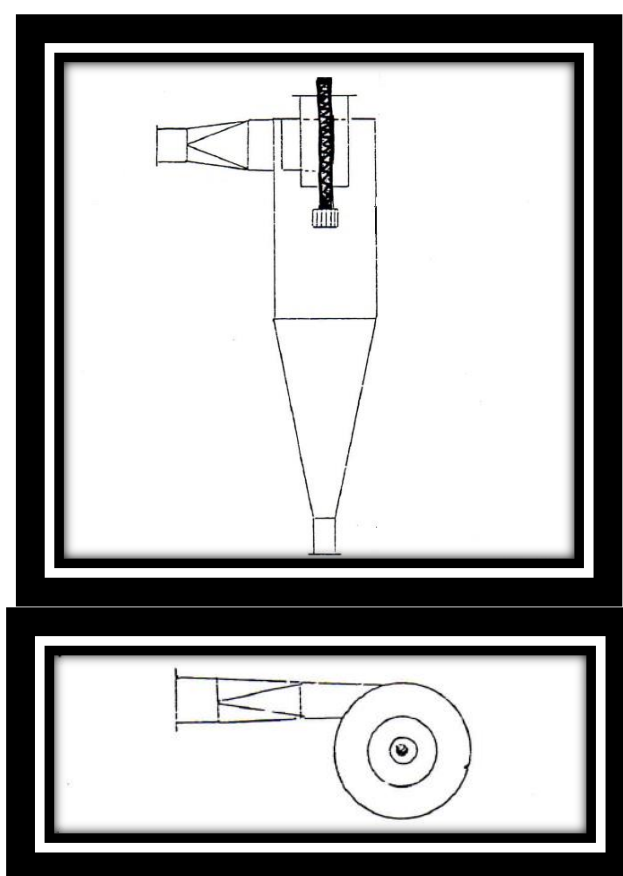
Χαρακτηριστικό κεντρικού κοχλία	Π/Κ 1	Π/Κ 2	Π/Κ 3
Διαστάσεις (mm)	400x11080	250x11024	250x2000
Ισχύς κινητήρα- μειωτήρα (kW)	18,5	4	4
Στροφές κινητήρα(RPM)	1460	1440	1440

ΠΟΛΥΚΥΚΛΩΝΕΣ

Τα καπναέρια που εξάγονται από τον κονιοθάλαμο οδηγούνται μέσω χαλύβδινων σωληνώσεων διαμέτρου 0.8-0.9 m σε συστοιχία μικρών κατακόρυφων κυκλώνων, συνδεδεμένων σε μικτή σύνδεση. Επειδή η διάμετρος κάθε κυκλώνα (κυψελίδα) είναι μικρή ώστε να έχουμε καλύτερο διαχωρισμό των τεμαχίων, είναι απαραίτητη η διαμοίραση του ρεύματος των καπναερίων σε περισσότερους του ενός κυκλώνες εναρμονίζοντας έτσι την δυναμικότητα του συστήματος με τις παραγόμενες από τις Π/Κ ποσότητες αερίων. Η σκοπιμότητα αυτή εξυπηρετείται με παράλληλη σύνδεση των επιμέρους κυψελίδων. Για να επιτευχθεί όσο το δυνατό λεπτομερής διαχωρισμός του διερχομένου από τη συστοιχία ρεύματος του αερίου, πρέπει αυτό πολλές φορές να διέλθει από όμοιους κυκλώνες, γι' αυτό και το κάθε ρεύμα αερίων διέρχεται από κυψελίδες οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά. Η κάθε κυψελίδα έχει κυλινδρικό σχήμα με διάμετρο πολύ μικρότερη σχετικά με το συνολικό ύψος της. Η διευθέτηση της στο χώρο είναι τέτοια ώστε το κωνικό σχήμα να βρίσκεται στον πυθμένα ο οποίος φέρει στο κέντρο του μικρή σωλήνωση που εκκενώνει το συσσωρευμένο στερεό περιεχόμενο του κυκλώνα προς τον κοχλία μεταφοράς που απλώνεται σε κάθε συστοιχία σε σειρά. Από το επάνω μέρος του κυκλώνα εισέρχεται μέσα σε αυτόν κεντρικά και για σημαντικά ρυθμιζόμενο βάθος, ένας σωλήνας. Μέσα από αυτόν διέρχεται πτερωτή, με την περιστροφή της οποίας επιτυγχάνεται ενίσχυση του ρεύματος του αέρα (Σχήμα 3.1).

Τα καπναέρια εισάγονται στον πολυκυκλώνα μέσω σωλήνωσης και εφαπτομενικά από το επάνω μέρος σε κάθε κυψελίδα. Η εφαπτομενική αυτή τροφοδότηση δημιουργεί στον άξονα του κυκλώνα έναν αεροστρόβιλο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται διαφορά πίεσης μεταξύ του τοιχώματος και του κεντρικού νοητού άξονα που αναγκάζει τα τεμάχια να κινηθούν προς το εσωτερικό του κυκλώνα. Γενικά η εφαπτομενική εισαγωγή αερίου με μεγάλη πίεση δημιουργεί από μόνη της μία φυγόκεντρη δύναμη που αναγκάζει κάθε τεμάχιο να τείνει να κινηθεί προς το τοίχωμα του κυκλώνα. Η συνισταμένη των δύο αυτών αναπτυσσόμενων ακτινικών ταχυτήτων δείχνει την κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί το κάθε τεμάχιο. Επειδή η φυγόκεντρη δύναμη εξαρτάται άμεσα από την μάζα του σωματιδίου τα βαρύτερα τεμάχια τείνουν να οδεύουν προς τα τοιχώματα του κυκλώνα, όπου εκεί παύει η επίδραση άλλων δυνάμεων πλην της βαρύτητας, οπότε καταβυθίζονται προς τη βάση του πυθμένα. Τα αέρια και τα λεπτότερα τεμάχια οδηγούνται προς τον νοητό κεντρικό άξονα του κυκλώνα, λόγω της υφιστάμενης διαφοράς πίεσης, όπου και εξάγονται από αυτόν δια μέσου της κεντρικής ανώτερης σωλήνωσης. Η περιστροφή της κεντρικής πτερωτής διευκολύνει πολύ την δημιουργία αυτού του αεροστρόβιλου, δημιουργώντας συγχρόνως μία έντονη κεντρική περιοχή κενού. Με την ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής της πτερωτής, ελέγχεται η τιμή της διαφοράς πίεσης μεταξύ του τοιχώματος και του κεντρικού νοητού άξονα του κυκλώνα, επομένως και το μέγεθος των τεμαχίων που υπερνικώντας την φυγόκεντρη ασκούμενη σε αυτά δύναμη θα οδεύσουν προς την υπερχειλίση μαζί με το αέριο.

Αυξάνοντας την ταχύτητα περιστροφής της περωτής αυξάνεται συγχρόνως και η αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη, έτσι ώστε αν κάποιο χονδρομερές υλικό οδεύσει παρασυρόμενο κεντρικά, να εκδιωχθεί προς τα τοιχώματα από τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Αν το ρεύμα του αερίου περνάει από διαδοχικούς κυκλώνες στους οποίους η έξοδος του ενός είναι η τροφοδοσία του άλλου, υποβάλλεται σε συνεχείς καθαρισμούς έτσι ώστε θεωρητικά στην τελευταία έξοδο να οδεύει προς την κεντρική σωλήνωση απαγωγής μόνο το αέριο, ή το δυνατότερο καθαρό αέριο στην πράξη αφού είναι πρακτικά αδύνατος ο αεροδιαχωρισμός των πολύ ψιλών τεμαχίων επειδή οι αναπτυσσόμενες σε αυτά φυγόκεντρες δυνάμεις είναι σχεδόν μηδαμινές.



Σχήμα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση ενός αεροκυκλώνα: επάνω) πρόοψη, κάτω) κάτοψη

Μεταβλητές με τις οποίες μπορεί να επηρεαστεί το κλάσμα αποκοπής των καπναερίων, σε κάθε δεδομένων διαστάσεων κυκλώνα.

- Η ταχύτητα εισαγωγής των καπναερίων: Με τις δεδομένες μηχανολογικές εγκαταστάσεις (ανεμιστήρας, σωληνώσεις) πολύ μικρές αλλαγές μπορούν να γίνουν με τις υφιστάμενες παροχές καπναερίων από τις Π/Κ, μεταβάλλοντας τις στροφές του ανεμιστήρα, διαδικασία που είναι όμως σύνθετη και πολύ λίγη επίδραση μπορεί να έχει αφού η στεγανότητα του δικτύου είναι περιορισμένη. Γι ' αυτό συνήθως ο παράγοντας της ταχύτητας είναι περίπου σταθερός ανάλογα με τη θερμοκρασία.
- Η πίεση της τροφοδοσίας των καπναερίων: Ισχύουν ανάλογα τα παραπάνω λεγόμενα για την ταχύτητα.
- Η βύθιση του σωλήνα οδηγού του στροβίλου: Με βάση αυτή είναι δυνατόν περισσότερα ή λιγότερα τεμάχια των μικρότερων μεγεθών να εκδιώκονται καθώς αυτή ανέρχεται ή κατέρχεται αντιστοίχως. Έτσι ουσιαστικά ρυθμίζεται το μέγεθος αποκοπής.
- Η ταχύτητα περιστροφής της πτερωτής: Είναι η μεταβλητή στην οποία εύκολα μπορούμε να επεμβούμε για να πετύχουμε καλύτερο καθαρισμό των αερίων.

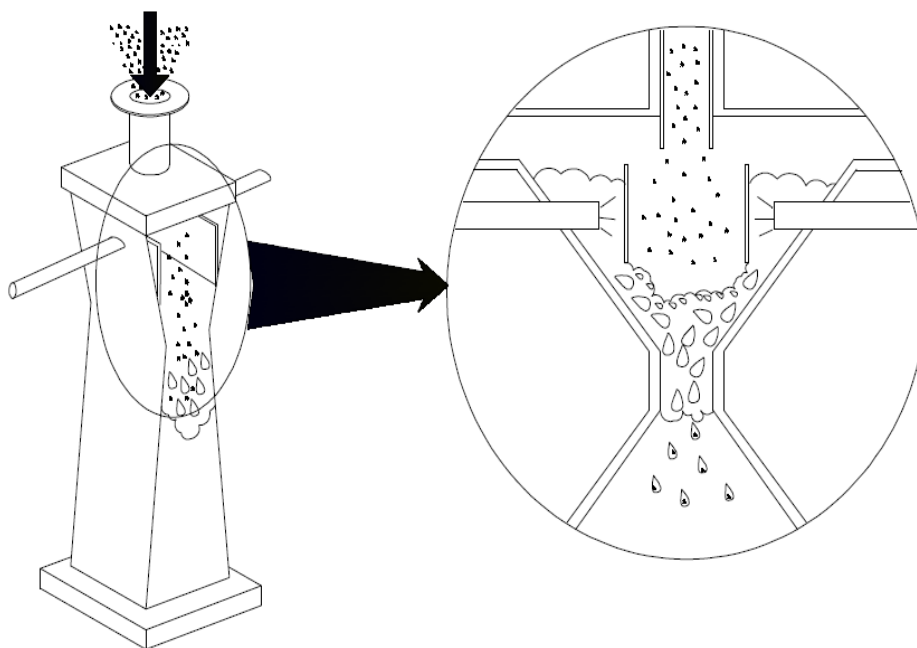
Σε κάθε χρονική στιγμή μέσα στην κυψελίδα μπορούν να διακριθούν τρεις “στατιστικές” ζώνες: α) Η ζώνη των τεμαχίων που οδεύουν προς το τοίχωμα, β) η ζώνη των τεμαχίων που μαζί με τα αέρια οδεύουν προς τον απαγωγό και γ) η ζώνη των τεμαχίων των οποίων το μέγεθος είναι τέτοιο ώστε οι αεροδυναμικές συνθήκες ροής μέσα στον κυκλώνα να τους επιβάλουν ισορροπία, σαν αποτέλεσμα τα τεμάχια αυτά αιωρούνται χωρίς να οδηγούνται προς κάποιο άκρο εξόδου. Η ύπαρξη της ζώνης (γ) μειώνει την δυναμικότητα του κυκλώνα, αφού περιορίζει την ελεύθερη δημιουργία της στροβιλώδους κατάστασης που προκαλεί τον καλό διαχωρισμό των στερεών από τα αέρια. Επειδή ο μηδενισμός της είναι αδύνατος στατιστικά, λόγω της κατανομής των σωματιδίων στα καπναέρια, πρέπει οι συνθήκες ροής να είναι τέτοιες ώστε να περιορίζουν το μέγεθος της. Έτσι πρέπει οι υπολογιζόμενες διαφορές πίεσης που θα αναπτυχθούν να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερες, ώστε το λεπτομερέστερα και καλύτερα ταξινομημένα κατά το δυνατό τεμάχια να ακολουθούν στην έξοδο τα καυσαέρια. Η συλλεγόμενη στον πυθμένα σκόνη εξάγεται αεροστεγώς και με τροφοδότη διοχετεύεται προς τον κεντρικό κοχλία μεταφοράς κάθε Π/Κ. Η συλλογή της ξηρή σκόνης γίνεται από 320 κυψελίδες για την Π/Κ 1 και από 182 για τις Π/Κ 2 και Π/Κ 3 λόγω των διαφορετικών παραγόμενων ποσοτήτων αερίων από κάθε μία κάμινο. Οι κυψελίδες διατάσσονται σε 16 σειρές X 20 κυψελίδες σε κάθε σειρά και 13 σειρές X 14 σε κάθε σύστημα καμίνου. Οι κυψελίδες είναι ανάλογων διαστάσεων και η μέγιστη δυναμικότητά τους φθάνει τα 6300 Nm³/h για κάθε μία.

ΠΥΡΓΟΣ ΠΛΥΣΕΩΣ

Τα αέρια εγκαταλείποντας την συστοιχία των πολυκυκλώνων, έχουν μέση θερμοκρασία 360 °C και διατηρούν το 30-40% της αρχικά περιεχόμενης σκόνης. Προκειμένου να εξαχθούν στην ατμόσφαιρα υποβάλλονται σε δευτερογενή επεξεργασία καθαρισμού κατά την διάρκεια της οποίας ψύχονται συγχρόνως, έτσι ώστε η τελική διέλευση τους από την κεντρική καμινάδα να μη δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα. Τα αέρια μέσω κεντρικής χαλύβδινης σωλήνωσης κατευθύνονται προς την κορυφή του πύργου πλύσεως VENTURI. Πρόκειται για σημαντικών διαστάσεων, κυλινδρικές χαλύβδινες πυργοειδείς κατασκευές των οποίων ο λόγος του ύψους τους προς την εξωτερική μεγάλη διάμετρο είναι μεγαλύτερος της τάξεως του 4-5. Εσωτερικά διαμορφώνονται έτσι, ώστε να σχηματίζεται διπλό τοίχωμα σε ολόκληρο το ύψος τους περίπου. Το δεύτερο τοίχωμα διαφοροποιείται με το εξωτερικό ως προς το πάχος και την αντοχή σε θερμοκρασίες και διαβρωτικές επιδράσεις. Η χαμηλή σχετικά θερμοκρασία των εισερχόμενων και πολύ περισσότερο των εξερχόμενων υλικών δεν δημιουργούν την ανάγκη ύπαρξης πυρίμαχης επένδυσης στο δεύτερο τοίχωμα το οποίο κατασκευάζεται από ειδικό οξύμαχο πυρίμαχο χάλυβα. Η μόνη δυσκολία που αντιμετωπίζει αυτό είναι η έντονη διαβρωτική επίδραση των νερών που τις περισσότερες φορές παρουσιάζουν χαμηλό pH , με αποτέλεσμα να εμφανίζονται οξυμένα προβλήματα οξείδωσης. Για να καταπολεμηθούν, απαιτείται προσεκτικός έλεγχος στην οξύτητα των νερών, ενώ συγχρόνως γίνεται και περιοδική δοκιμαστική επίχρυση με αντιδιαβρωτικά χρώματα. Η εσωτερική διαμόρφωση είναι τέτοια ώστε στο μέσο του ύψους του πύργου να παρουσιάζεται μία εσωτερική στένωση διαμέτρου, η οποία χαρακτηρίζει τους πύργους VENTURI (Σχήμα 3.2).

Τα αέρια εισάγονται από την κορυφή του πύργου και κατερχόμενα υποβάλλονται σε διαβροχή μέσω περιφερειακά διατεταγμένων καταιονιστήρων. Πρόκειται για τη ζώνη διαβροχής του πύργου, τοποθετημένη στα υψηλότερα αζιμούθια, στην οποία γίνεται μία αρχική σημαντική ψύξη των αερίων τα οποία κατέρχονται προς τη στένωση VENTURI. Σε αυτή φθάνουν σε θερμοκρασία περίπου 65 ο με τη μορφή αέριων-σταγονιδίων. Στην θέση αυτή υπάρχουν δύο σειρές περιφερειακά διατεταγμένων στο λαιμό μπέκ, η δεύτερη των οποίων είναι ελαφρά κεκλιμένη προς τα επάνω. Από αυτά εκτοξεύεται νερό με πολύ υψηλή πίεση, έτσι ώστε κάθετα περίπου στην ροή των κατερχόμενων αερίων και για μικρό χρονικό διάστημα να έχουμε βίαιη επαφή των αερίων με το νερό. Η στένωση της διατομής ευνοεί την σημαντική αύξηση της ταχύτητας των αερίων και την δημιουργία πολλών μικρών στροβίλων που ενισχύεται από την εκσφενδόνιση πεπιεσμένου ρεύματος νερού. Έτσι ευνοείται ο διαχωρισμός των στερεών και των υγρών λόγω διαφοράς της πίεσης αλλά και λόγω των διαφορών φορών που αναπτύσσουν οι ταχύτητες στα στερεά και στα αέρια (περιλαμβάνονται και τα πολύ λεπτά τεμάχια) υλικά.

Η σύγχρονη εφύγρανση των στερεών ενισχύει το βάρος τους, έτσι ώστε να αποφεύγεται στη συνέχεια νέα μεταφορά των τεμαχίων από τα αέρια και να διευκολύνεται η πτώση τους προς τον πυθμένα του πύργου. Προκειμένου να γίνει διαχωρισμός και των λεπτότερων τεμαχίων ενώ συγχρόνως να δοθεί κατάλληλη φορά στην ταχύτητα εξόδου των αερίων, πρέπει να ενισχυθούν οι εφαρμοζόμενες περιδινήσεις.



Σχήμα 3.2: Σχηματικό διάγραμμα ροής υγρού – αέρα σε πλυντρίδα Venturi

Έτσι καθώς τα αέρια και τα μεγαλύτερα εφυγρασμένα τεμάχια κατέρχονται περίπου διαχωρισμένα, εισέρχονται στην περιοχή επιρροής μίας περιστρεφόμενης με μεγάλη ταχύτητας πτερωτής που δημιουργεί έντονα τυρβώδη ροή. Με αυτόν τον τρόπο αναγκάζονται τα στερεά με τη μορφή λεπτών σταγονιδίων να διέλθουν από την περιοχή περιδινήσεων συνεχίζοντας την καθοδική πορεία τους, ενώ τα αέρια αποκτώντας επαπτομενική ταχύτητα ωθούνται διαμέσου του κενού των δύο τοιχωμάτων του πύργου, ανερχόμενα λόγω της επικρατούσας στην περιοχή χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης. Με αυτή την τεχνική τα στερεά συγκεντρώνονται με τη μορφή πολφού στην δεξαμενή του πυθμένα του πύργου, ενώ τα αέρια σε δεδομένη θέση αναγκάζονται να αλλάξουν φορά κινήσεως προς τα επάνω για να οδηγηθούν έξω από τον πύργο διαμέσου ειδικών καναλιών-σωληνώσεων στη μέση περίπου του ύψους του πύργου.

Κατά τον διαχωρισμό των στερεών από τα αέρια, εκτός από τον συγχρονισμό της βάθμωσης της πίεσης στα επιμέρους αζιμούθια του πύργου, ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι τα εισερχόμενα νερά. Η ρύθμιση των νερών γίνεται μέσω της πίεσης και της οξύτητας τους για δεδομένες ωριαίες καταναλώσεις, ώστε να ληφθεί η απαιτούμενη πυκνότητα πολφού. Όσο αφορά την πίεση είναι απαραίτητη η συγκράτηση αυτής σε υψηλά επίπεδα ώστε να δημιουργηθεί τυρβώδης κατάσταση που ευνοεί τον διαχωρισμό των επιμέρους υλικών. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η εισροή του νερού γίνεται μέσω μικρών ακροφυσίων τύπου VENTURI. Η ρύθμιση της οξύτητας είναι ένα σημαντικό πρόβλημα γιατί επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες της τεχνικής λειτουργίας: α) στον πύργο ανακυκλώνεται το μεγαλύτερο μέρος της υπερχειλήσεως των νερών του παχυντή που ανέρχονται υπό συνθήκες

λειτουργίας του συνόλου του κυκλώματος σε 750 m³/h. Προκειμένου να εμποδιστεί ο κορεσμός σε στερεά των ανακυκλούμενων νερών σε κάθε κύκλο προστίθεται ποσότητα 100 m³/h περίπου καθαρών βιομηχανικών νερών. Ο αραιός αυτός πολφός μοιράζεται στις τρεις εγκαταστάσεις πύργων πλύσεως στις αντίστοιχες Π/Κ έτσι ώστε 400 m³/h περίπου να πηγαίνουν προς τον πύργο πλύσεως της Π/Κ 1 και από 225 m³/h περίπου στους πύργους των Π/Κ 2, 3. Από την ακολουθούμενη τεχνική γίνεται φανερό ότι σχεδόν είναι αδύνατο να επιτευχθεί πάντοτε ομοιογενούς σύστασης νερό τροφοδοσίας, αφού τόσο η πυκνότητα του πολφού υπερχειλίσης είναι σχετικά εξαρτώμενη από τις συνθήκες λειτουργίας του, όσο και η αραιώση είναι προσεγγιστική και όχι ομοιόμορφη, β) Το pH των νερών του παχυντή δεν είναι σταθερό και παρουσιάζεται πότε όξινο και πότε βασικό. Αν και τα όξινα νερά είναι ευμενέστερα γιατί βοηθούν και την μερική χημική διάλυση των στερεών συστατικών επομένως και τον καλύτερο καθαρισμό των αερίων, ωστόσο δημιουργούν σημαντικά προβλήματα διάβρωσης των σωληνώσεων και των τοιχωμάτων. Η ύπαρξη αντιθέτως βασικών νερών αν και δεν προκαλεί προβλήματα διάβρωσης, προκαλεί προβλήματα διακίνησης του πολφού αφού τα στερεά τείνουν να ιζηματοποιηθούν και να κατακαθίσουν κατά μήκος του δικτύου. Η προσπάθεια διατήρησης του ουδέτερου pH προς ελαφρά όξινο είναι ουσιώδης αν και η επιτυχία της περιορισμένη, γιατί δεν είναι πλήρως ελεγχόμενες ούτε το είδος αλλά ούτε και οι ποσότητες των διακινούμενων νερών, γ) Η σύσταση των καυσαερίων των επιμέρους Π/Κ διαφοροποιείται τόσο ως προς τη χημική όσο και ως προς την κοκκομετρική ανάλυση, εξαρτώμενη από τις συνθήκες λειτουργίας τους. Αυτές οι διαφοροποιήσεις, αν και συγκριτικά είναι μικρές, επιβάλλουν δυναμική συμπεριφορά στη λειτουργία του συστήματος μη επιτρέποντας σε αυτό να ισορροπήσει σε κάποια τιμή αφού όλες οι παράμετροι ακολουθούν κάποια κατανομή διακύμανσης.

Τα συλλεγόμενα στον πυθμένα του πύργου πλύσεως μέσω αντλιών και σωληνώσεων διοχετεύονται προς τον παχυντή για να γίνει διαχωρισμός των στερεών από το υγρό (τμήμα pellets). Η αποστολή των νερών είναι συνεχής και γίνεται μέσω δύο αντλιών δυναμικότητας 440 m³/h περίπου, που λειτουργούν για την κάλυψη των αναγκών του πύργου της Π/Κ 1 ΚΑΙ Π/Κ 2,3 αντίστοιχα.

Ο συντονισμός και η επιτήρηση της λειτουργίας του παραπάνω συστήματος που περιγράφηκε απαιτεί 2-3 t/έτος κροκιδωτικού, ενώ η ευπάθειά του συστήματος είναι σημαντική λόγω των πολλών ανεξάρτητων συστημάτων που περιέχει και της αδυναμίας ύπαρξης εφεδρικής λύσης.

KAMINADA

Τα παραγόμενα ψυχθέντα και καθαρά αέρια διοχετεύονται μέσω ανεμιστήρων προς την κεντρική καμινάδα εξαγωγής. Πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε περιστροφική υπάρχει μία μικρή ανεξάρτητη εφεδρική καμινάδα μικρού σχετικά ύψους. Έτσι για την Π/Κ 1 το ύψος της καμινάδας της φτάνει τα 60 m ενώ για τις Π/Κ 2, 3 περιορίζεται στα 50 m. Επειδή όμως

Το πέρασμα του χρόνου έδειξε ότι είναι πολύ χαμηλές προκειμένου να μην συμβαίνει αναστροφή των εξαγόμενων αερίων, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, ο ρόλος τους είναι πλέον εφεδρικός και η διοχέτευση των τελικών αερίων γίνεται από την νέα κεντρική καμινάδα η οποία αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εγκαταστάσεις στο εργοστάσιο. Το ύψος της φτάνει τα 156 m και ο εξωτερικός της σκελετός είναι ολόσωμος από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εσωτερικά φέρει χαλύβδινο οξύμαχο και πυρίμαχο δεύτερο τοίχωμα, αφού ενδιάμεσα μεσολαβεί κάποιο διάκενο με το εξωτερικό. Ο σχεδιασμός της έγινε αφού μελετήθηκαν πλήρως τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής (καιρικές συνθήκες, υγρασία, ηλιοφάνεια, άνεμοι κλπ.) και η συμπεριφορά της είναι άκρως ικανοποιητική όσον αφορά τις αναστροφές της ροής οι οποίες ακόμη και σήμερα δεν έχουν παρατηρηθεί. Παρουσιάζει λόγω της εσωτερικής επένδυσης, μεγάλη ευπάθεια στην θερμοκρασία των διακινούμενων διαμέσου αυτής αερίων, γι' αυτό και ελέγχεται συστηματικά.

3.3 Εγκαταστάσεις αποκονίωσης και τεχνική λειτουργία της Π/Κ 4

Η Π/Κ 4 όπως έχει αναφερθεί, κατασκευάστηκε το 1979 και οι προδιαγραφές λειτουργίας και παραγωγής της είναι σημαντικά ανώτερες και πλήρως σχεδόν αυτοματοποιημένες. Ο τεράστιος όγκος των προϊόντων που κατεργάζεται ημερησίως συγκεντρώνοντας μόνη της το 40-45% της συνολικά εγκατεστημένης δυναμικότητας, είναι πολύ σημαντικός.

Λόγω των τεχνικών εγκαταστάσεων που διαθέτει, του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και της αυτοματοποίησης λειτουργίας της είναι κατά πού ανώτερη των παλαιότερων καμίνων.

ΚΟΝΙΟΘΑΛΑΜΟΣ

Πρόκειται για διάταξη κονιοθάλαμου ανάλογη των Π/Κ1,2,3, ο οποίος διαφοροποιείται στα εξής σημεία:

α) Ο θάλαμος λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους του και της περισσότερης συλλεγόμενης ποσότητα σκόνης, καταλήγει σε δύο χωριστά διαμερίσματα συγκέντρωσης σκόνης.

β) Το περιεχόμενο του κονιοθάλαμου ρέει ασυνεχώς μέσω των τροφοδοτικών διαμερισμάτων σε κόσκινα. Το μέγεθος του κόσκινου παραλαμβάνεται ρέοντας παραπλεύρως σε μικρούς σωρούς. Αυτοί περιοδικά καταιονίζονται με νερό για να μην παρασύρονται από τον αέρα καθώς φορτώνονται σε ελαστικοφορο φορτωτή μεταφοράς προς τα silos σκόνης των pellets. Γενικά το περιεχόμενο του κόσκινου ρέει συνεχώς σε ένα από τα δύο υπάρχοντα κεντρικά κυκλώματα κοχλιών και συγκεκριμένα σε αυτό που χρησιμοποιείται σαν εφεδρικό στην εκκένωση των Η/Φ.

γ) Ο κονιοθάλαμος φέρει μία μικρή καμινάδα φυσικού ελκυσμού, η οποία αποκλείεται κατά τη φυσιολογική λειτουργία της καμίνου μέσω αυτόματου κλαπέτου ανοίγματος-κλεισίματος. Χρησιμοποιείται κυρίως μόνο σε περιπτώσεις συντήρησης της καμίνου για βελτίωση του αερισμού ή σε περιπτώσεις που απαιτείται γρήγορη ψύξη της καμίνου.

Σύστημα μέτρησης θερμοκρασιών-αναλυτές αερίων-φυσικός ελκυσμός

Η Π/Κ 4 όπως έχει αναφερθεί αποτελεί από μόνη της μία πολύ μεγάλη παραγωγική μονάδα, ο συντονισμός και η λειτουργία της οποίας είναι πλήρως σχεδόν αυτοματοποιημένος με αναλογικά ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου. Επειδή αυτά τα συστήματα παρουσιάζουν μεγάλη ακρίβεια και οι παραμικρές μεταβολές των μεγεθών που ελέγχουν μπορούν να ανιχνευτούν, προκαλείται η αντίστοιχη ανάδραση ώστε αυτές να αποσβεστούν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το σύστημα να παρουσιάζεται ιδιαίτερα ευπαθές και οι επιβαλλόμενες αυτόματες διακοπές στην λειτουργία της καμίνου να είναι συχνές. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν αυτές οι διακοπές, υπάρχουν κατάλληλες προειδοποιητικές διατάξεις επισήμανσης επικίνδυνων καταστάσεων ώστε να επιδράσει το προσωπικό πριν το σύστημα τεθεί αυτόματα εκτός. Ένας κύριος παράγοντας που επιβάλλει σημαντικούς περιορισμούς στα χαρακτηριστικά των εξαγόμενων αερίων είναι το σύστημα αποκονίωσης που χρησιμοποιούνται. Έτσι η εγκατάσταση έχει:

- Περιορισμό της θερμοκρασίας των καπναερίων σε επίπεδα κάτω των 400°C, για προστασία των εγκαταστάσεων (500°C για την έξοδο από την Π/Κ). Γι' αυτό μετά το κλαπέτο απομόνωσης του κονιοθάλαμου υπάρχει ένα πυρόμετρο, ανάλογα με την ένδειξη του οποίου ρυθμίζεται αν θα υπάρχει επέμβαση των εργαζομένων ή όχι. Διακρίνονται τρεις περιοχές λειτουργίας του πυρομέτρου, η κανονική, η ζώνη επιφυλακής και η επικίνδυνη. Στην πρώτη δεν υφίσταται κανένα πρόβλημα και η λειτουργία του συστήματος είναι φυσιολογική. Στην δεύτερη φαίνεται ότι η τάση που παρουσιάζει το φορτίο να αυξήσει την θερμοκρασία εξόδου είναι ανησυχητική, χωρίς όμως να έχει ξεπεράσει η απόλυτη θερμοκρασιακή τιμή τα όρια. Επομένως πρέπει να γίνει επέμβαση που θα μειώσει τις υφιστάμενες συνθήκες θερμοκρασίας στις φυσιολογικές, πριν το σύστημα τεθεί εκτός.
- Περιορισμό περιεκτικότητας CO για τον κίνδυνο δημιουργίας εκρηκτικού μίγματος ή κυρίως εύφλεκτου μίγματος λόγω των εφιστάμενων υψηλών σχετικά επικρατουσών θερμοκρασιών. Έτσι επιζητείται διατήρηση της περιεκτικότητας κάτω του 1,5-2,5% κατ' όγκο. Προκειμένου να γίνεται ανάλυση των καπναερίων υπάρχουν δειγματοληπτικοί αναλυτές αερίων (κανονικοί και εφεδρικοί στο CO) οι οποίοι δίνουν αμέσως τις περιεκτικότητες σε CO, CO₂ και SO₂ έτσι ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι γνωστή η κατάσταση των αερίων. Στο αντίστοιχο ενδεικτικό όργανο διακρίνονται ανάλογα τρεις περιοχές, όπως και για την θερμοκρασία. Η ένδειξη που κυρίως ενδιαφέρει είναι μόνο αυτή του μονοξειδίου του άνθρακα, γιατί το αέριο αυτό παρουσία οξυγόνου ενάγεται ανεβάζοντας τη θερμοκρασία και δημιουργώντας έτσι κινδύνους στα Η/Φ. Η παρουσία μεγάλου ποσοστού CO στα καπναέρια συνδέεται κυρίως με την αύξηση της θερμοκρασίας αυτών γι' αυτό και οι τρόποι αντίδρασης είναι οι ακόλουθοι: α) Παύουν οι ανεμιστήρες κατά μήκος του σώματος να στέλνουν αέρια, έτσι ώστε να μειωθούν οι αντιδράσεις καύσεως και να πέσουν οι θερμοκρασίες. Είναι μία λύση που εφαρμόζεται σε πολύ μικρές μεταβολές και δεν έχει συχνά άμεσα θετικά αποτελέσματα, αν δεν συνδυαστεί και με αραίωση των καυσαερίων, γι' αυτό και η πρακτική εφαρμογή της είναι περιορισμένη, β) Αυτόματη λειτουργία του ανεμιστήρα εισαγωγής ψυχρού ατμοσφαιρικού αέρα στην σωλήνωση εξόδου. Είναι μία άμεση αντίδραση με την

οποία προσδοκάται αραίωση και ψύξη των καυσαερίων με καθαρό αέρα έτσι ώστε να πέσουν οι θερμοκρασίες και οι αναλύσεις στις φυσιολογικές τιμές. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται αποτελεσματική επίδραση στο σύστημα μόνο όταν οι αποκλίσεις είναι σχετικά μικρές. Για να ελεγχθεί η μεταβολή που υπάρχει μετά την πρόσθεση του αέρα υπάρχει σύστημα πυρομέτρησης των αερίων πριν αυτά φθάσουν τα κλαπέτα εισόδου προς τα Η/Φ ώστε να διαπιστωθεί αν πρέπει να συνεχίσουν την πορεία τους ή όχι, γ) Φυσικός ελκυσμός: Αν η αραίωση των καπναερίων δεν φέρει αποτέλεσμα τότε κλείνουν αυτόματα τα κλαπέτα εισόδου του αέρα προς τα φίλτρα και ανοίγουν τα κλαπέτα της βοηθητικής καμινάδας της Π/Κ 4, ύψος περίπου 70-80 m. Έτσι τα αέρια βγαίνουν ακάθαρτα προς την ατμόσφαιρα, ενώ συγχρόνως γίνονται ενέργειες ψύξεως αυτών. Επειδή η κατάσταση αυτή δεν πρέπει να διαρκέσει περισσότερο από λίγα λεπτά λόγω κινδύνων από την σκόνη, ο φυσικός ελκυσμός είναι κάτι που αποφεύγεται και σε περιπτώσεις που απαιτείται σταματά συνήθως συγχρόνως και η λειτουργία της καμίνου, δ) Σταμάτημα της Π.Κ: Για να πέσουν οι αναλύσεις και η θερμοκρασία εξόδου των καπναερίων επιβάλλεται η παύση της παραγωγής, ώστε το υλικό αλλά και τα αέρια να ψυχθούν αφού σταματούν την περιστροφή με εκθετικό ρυθμό συναρτήσει του χρόνου της διακοπής. Συγχρόνως γίνονται προσπάθειες όσο το δυνατόν γρηγορότερης ψύξης, σταματώντας την παροχή αέρα ή μειώνοντας τη φλόγα του καυστήρα, ανοιγοκλείνοντας τα κλαπέτα φυσικού εφέλκυσμού του κονιοθαλάμου και της βοηθητικής καμινάδας. Βέβαια η επιδίωξη είναι οι διακοπές αυτές να είναι ολιγόχρονες αφού δημιουργούν προβλήματα τόσο στην αναγωγή του φορτίου, όσο και στην δυναμικότητα παραγωγής της καμίνου, ε) Μείωση της φλόγας του καυστήρα: Είτε μειώνοντας την παροχή αέρα καύσεως ή βγάζοντας τον σωλήνα της φλόγας προς τα έξω ώστε να πέσουν οι θερμοκρασίες, στ) Τροποποιήσεις στη σύνθεση του φορτίου: Αν τα προβλήματα είναι συνεχή καθιστώντας προβληματική τη λειτουργία της καμίνου μία τελευταία λύση ανάδρασης η οποία δρα περισσότερο μακροπρόθεσμα και έχει μάλλον αμφίβολα αποτελέσματα, γιατί πολλές συνθήκες παραγωγής μπορεί να έχουν αλλάξει, είναι οι μικρότερες τροποποιήσεις στη σύνθεση του φορτίου (π.χ. περιορισμός λιγνίτη).

Ηλεκτροστατικά φίλτρα-Κοχλίες μεταφοράς

Τα Η/Φ αποτελούν το κύριο συγκρότημα ξηρής αποκονίωσης της Π/Κ 4. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει δύο Η/Φ τα οποία λειτουργούν παράλληλα, ή ένα μόνο σε έκτακτες συνθήκες που το επιτρέπουν, μέσα στα οποία διαμοιράζεται το ρεύμα του εξερχόμενου από τους κονιοθαλάμους αέριο, εφ' όσον τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του το επιτρέπουν. Για να απομονώνονται τα Η/Φ από το υπόλοιπο δίκτυο, στην είσοδό τους υπάρχουν ειδικά αυτόματα κλαπέτα, ενώ για προστασία των φίλτρων από έκτακτες ανάγκες υπάρχει και η δυνατότητα φυσικού ελκυσμού τους.

Πρόκειται για χαλύβδινες εξωτερικά κατασκευές, ορθογώνιας διατομής οι οποίες στο κάτω μέρος τους διαμορφώνονται σε μία μικρή συστοιχία περιορισμένων διαστάσεων silos. Το κάθε Η/Φ εσωτερικά αποτελείται από δύο ηλεκτρικά πεδία. Το πεδίο εισόδου που συγκρατεί περίπου μέχρι το 85% της εισερχόμενης σκόνης και το πεδίο εξόδου που συγκρατεί το υπόλοιπο 15%. Συνολικά ο ηλεκτροστατικός καθαρισμός συγκρατεί μέχρι το

95 - 98% της συνολικής σκόνης των καυσαερίων. Έτσι ενώ το εισερχόμενο αέριο περιέχει 100-120 g σκόνης / Nm³ καπναερίων, το εξερχόμενο αέριο περιέχει 100 - 200 mg σκόνης / Nm³ αερίου. Το κάθε πεδίο του Η/Φ αποτελείται από δύο σειρές ηλεκτροδίων. Στη μία σειρά υπάρχουν τα φορτισμένα με αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο ηλεκτρόδια RS, ενώ στην άλλη τα ηλεκτρόδια συλλογής της σκόνης που είναι γειωμένα και συνεπώς θετικά ηλεκτρισμένα. Το κάθε πεδίο ενώνεται με το δεύτερο του μετασχηματιστή, που δίνει τάση 78 kV, ενώ αυτός τροφοδοτείται στο πρωτεύον από το ηλεκτρικό κεντρικό δίκτυο με ρεύμα 380 V και 50 Hz. Η σκόνη εισερχόμενη στο σταθερό και συνεχές ηλεκτρικό πεδίο ιονίζεται (ηλεκτρίζεται) από τα ηλεκτρόδια RS υπό τάση 70 kV και στη συνέχεια συλλέγεται από τα ηλεκτρόδια συλλογής αφού είναι αρνητικά φορτισμένη. Για να πέσει το στρώμα της σκόνης από τις πλάκες των ηλεκτροδίων συλλογής απαιτείται δόνηση αυτών. Για τον σκοπό αυτό περιοδικά και ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ώστε να αποφευχθεί υπέρταση και φαινόμενα πόλωσης), σύστημα σφυριών εκδιώξεως χτυπά στις χαλύβδινες πλάκες και βοηθά στην αποκόλληση και συλλογή της σκόνης. Η κίνηση όλης της σειράς των σφυριών επιτυγχάνεται μέσω ειδικού για τον σκοπό αυτόν κινητήρα.

Στην σύνδεση των ηλεκτρικών αγωγών με τα ηλεκτρόδια RS υπάρχουν αντιστάσεις για την δημιουργία περιβάλλοντος θερμοκρασίας πάνω από 100oC (φαινόμενο Joule), ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία ύδατος και συνεπώς κίνδυνοι διαφυγής ηλεκτρικού φορτίου και βραχυκυκλωμάτων.

Η σκόνη που πέφτει περιοδικά από τα φίλτρα συλλογής είναι πλέον απιονισμένη αφού προέρχεται από το γειωμένο ηλεκτρόδιο και μπορεί να διακινηθεί χωρίς να παρουσιάζει ηλεκτροστατικά προβλήματα απώθησης του υλικού. Η πτώση της σκόνης γίνεται σε τέσσερα διαμερίσματα που είναι χοανοειδώς διαμορφωμένα στη βάση του φίλτρου (silos), τα οποία μέσω κατάλληλου τροφοδοτικού και δονητικού μηχανισμού αδειάζουν σε κάποιον από τους κοιλίες μεταφοράς.

Οι πολλές δυνατότητες των θέσεων τροφοδοσίας των κοιλιών (οκτώ συνολικά-δύο για κάθε Η/Φ), δημιούργησαν την ανάγκη ύπαρξης ενός μικρού δικτύου που σαρώνει τους χώρους των Η/Φ. Έτσι τα silos 1,3 των Η/Φ 1 και 2 εκκενώνονται στον ίδιο κοιλία, αντίστοιχα τα 2,4 silos των φίλτρων στον ίδιο επίσης κοιλία. Οι δύο αυτές χωριστές διατάξεις κοιλία ενώνονται σε δεδομένο σημείο προκειμένου να τροφοδοτήσουν το αναβατήριο του silos των PNEUMEX της Π/Κ 4. Επειδή η απομάκρυνση της σκόνης είναι ζωτικής σημασίας για την λειτουργία των Η/Φ, για κάθε silo υπάρχει ανάλογο εφεδρικό σύστημα κοιλιών όπως το κύριο. Το εφεδρικό αυτό σύστημα κινείται συνεχώς ή διακεκομμένα παραλαμβάνοντας την λεπτή σκόνη του κονιοθαλάμου και οδηγώντας την προς το σύστημα πνευματικής μεταφοράς. Τροφοδοτείται από τα Η/Φ μόνο όταν για κάποιο λόγο δεν μπορεί να λειτουργήσει μέρος ή το σύνολο του κυρίου δικτύου. Τα Η/Φ έχουν δυνατότητα πλήρους αποσύνδεσης από το επόμενο μέρος του δικτύου προς την καμινάδα εξαγωγής μέσω αντίστοιχης διάταξης με αυτή της εισόδου με σύστημα αυτομάτων κλαπέτων, της θέσης των οποίων προηγείται διάταξη πυρομέτρων για τον έλεγχο της θερμοκρασίας εξόδου των καθαρών ουσιαστικά αερίων.

Επειδή οι παροχές των αερίων είναι μεγάλες πριν από την καμινάδα είναι τοποθετημένοι και λειτουργούν παράλληλα δύο μυζητικοί ανεμιστήρες δυναμικότητας 120.000 Nm³/h έκαστος.

Στους ανεμιστήρες αυτούς γίνεται προσεκτικός έλεγχος των δονήσεων για την προστασία τους, γιατί κάθε πρόβλημα στην λειτουργία τους συνεπάγεται αρυθμίες παραγωγής και του υπόλοιπου δικτύου. Στο κεντρικό κύκλωμα σωληνώσεως μεταφοράς αερίων προς την καμινάδα, η σύνδεση του καθενός πραγματοποιείται με ξεχωριστή σωλήνωση στη θέση της οποίας είναι τοποθετημένο το κλαπέτο αποκλεισμού αυτών από το υπόλοιπο δίκτυο. Για τελική προστασία της καμινάδας σε περίπτωση έκτακτων κινδύνων, υπάρχει στην είσοδο αυτής αυτόματο κλαπέτο αποκλεισμού των αερίων.

Συμπερασματικά υπάρχει σύστημα καθαρισμού των καπναερίων που μεν για τις τρεις περιστροφικές Π/Κ 1,2 και 3 αποτελείται από κονιοθάλαμο, πολυκυκλώνα και πύργο πλύσης (Σχήμα 3.3), ενώ η τέταρτη Π/Κ 4 αποτελείται από κονιοθάλαμο και ηλεκτρόφιльтра (Σχήμα 3.4). Τα δύο υφιστάμενα συστήματα αποκονίωσης είναι:

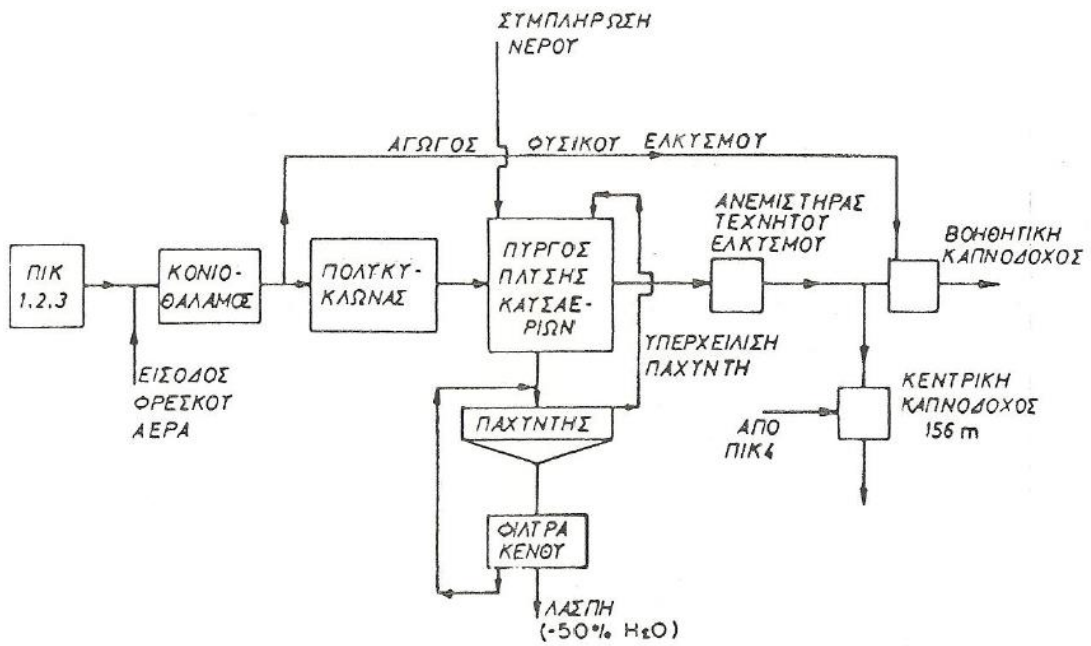
1. Π/Κ 1,2 και 3

- κονιοθάλαμος
- πολυκυκλώνας που συγκρατεί ξερή σκόνη (1),
- πύργος πλύσεως που συγκρατεί ξερή σκόνη (2) και συνεπώς καθαρίζουν τα αέρια, τα οποία διαχωρίζονται σε καθαρά καπναέρια που οδεύουν προς την καμινάδα και σε νερό έκπλυσης που οδεύει προς τον παχυντή
- από τον παχυντή το νερό διαχωρίζεται σε καθαρό νερό που χρησιμοποιείται στους πύργους πλύσεως και σε λάσπη που διέρχεται μέσω φίλτρων και ξηραίνεται (cake)
- το cake αποτελείται κατά 50% από στερεό, το οποίο αποτίθεται σε πλατεία για επαναχρησιμοποίηση και κατά 50% από υγρό

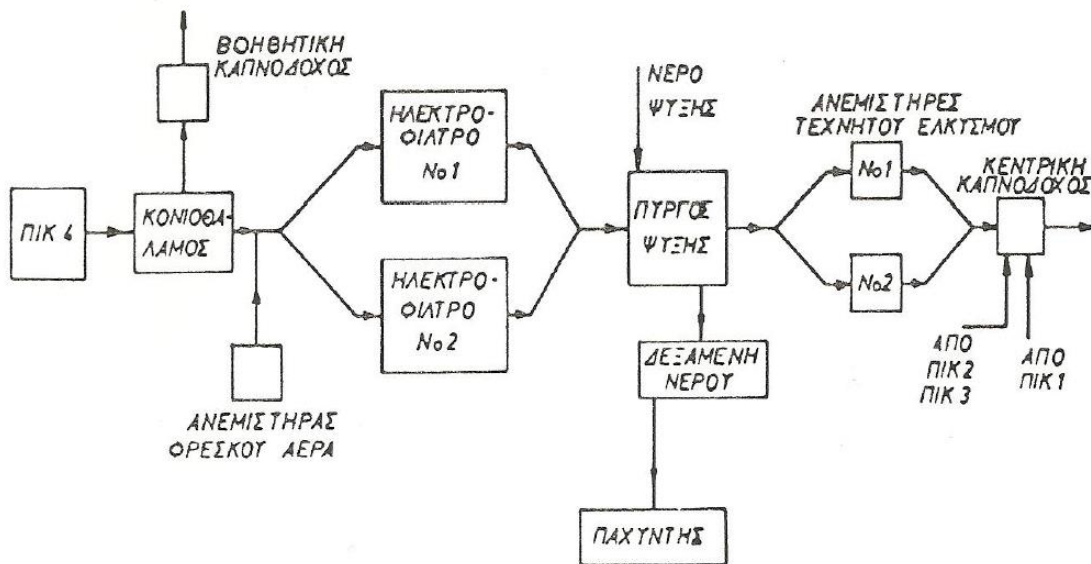
2. Π/Κ 4

- κονιοθάλαμο που συγκρατεί ξερή σκόνη (3)
- ηλεκτρόφιльтра
- καμινάδα

Οι σκόνες από τα (1), (2) και (3) με σύστημα πνευματικής μεταφοράς (pneumex) οδηγούνται σε σιλό προς σχηματισμό σφαιριδίων (pellets) και από εκεί για αποθήκευση.



Σχήμα 3.3: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης αποκονίωσης στις Π/Κ 1, 2, 3 [6]



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης αποκονίωσης στην Π/Κ 4 [6]

Πρόταση επιλογής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στη ΛΑΡΚΟ

6.1 Ελληνική νομοθεσία

Στις 23-2-2012 το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με επιστολή προς το εργοστάσιο της Λάρυμνας και έχοντας υπόψη:

α) Την υπ' αρ. πρωτ. ΕΥΕΠ/Τ.Ν.Ε. 5079/21.12.10 Έκθεση μερικού ελέγχου τήρησης των περιβαλλοντικών όρων και της κείμενης περιβαλλοντικής νομοθεσίας για τη βιομηχανία παραγωγής σιδηρονικελίου της εταιρείας 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' στη Λάρυμνα Ν. Φθιώτιδας (αρ. πρωτ. Δ/νσης ΕΑΡΘ: 171085/28.12.10),

β) Την υπ' αρ. πρωτ. 58/12.1.11 αίτηση της εταιρείας 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' με συνημμένη προμελέτη για την επιλογή συστήματος αποκονίωσης στις Η/Κ του μεταλλουργικού εργοστασίου Λάρυμνας (αρ. πρωτ. Δ/νσης ΕΑΡΘ: 185118/13.1.11),

γ) Την υπ' αρ. πρωτ. 14/11.3.11 επιστολή του Συλλόγου Προστασίας Περιβάλλοντος ΛΑΡΥΜΝΑ (αρ. πρωτ. Δ/νσης ΕΑΡΘ: 185973/11.3.11),

δ) Την υπ' αρ. πρωτ. 967/15.4.11 επιστολή της εταιρείας 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' με συνημμένη έκθεση μετρήσεων εκπομπών και ποιότητας περιβάλλοντος για το έτος 2010 (αρ. πρωτ. Δ/νσης ΕΑΡΘ: 186710/15.4.11),

ε) Το υπ' αρ. 28/6.10.11 υπηρεσιακό σημείωμα του Τμήματος Βιομηχανιών της Δ/νσης ΕΑΡΘ/ΥΠΕΚΑ με το οποίο διαβάστηκε η υποβληθείσα έκθεση μετρήσεων εκπομπών και ποιότητας περιβάλλοντος για το έτος 2010 στο Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας της Δ/νσης ΕΑΡΘ/ΥΠΕΚΑ για τις απόψεις του και

ζ) Το υπ' αρ. πρωτ. οικ. 2226/20.9.11 έγγραφο της Ειδικής Γραμματείας Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας σχετικά με την επιβολή μέτρων συμμόρφωσης με τους περιβαλλοντικούς όρους και την περιβαλλοντική νομοθεσία στην εταιρεία 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' (αρ. πρωτ. Δ/νσης ΕΑΡΘ: 189039/30.9.11) αποφάσισε τα εξής:

Επιτρεπόμενες τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών ρυπαντικών φορτίων

- Αιωρούμενα σωματίδια $\leq 40 \text{ mg/Nm}^3$ (μέση ημερήσια τιμή) από το σύνολο των εγκαταστάσεων της (θεωρουμένων ως μία πηγή). Η προαναφερόμενη οριακή τιμή πρέπει να έχει επιτευχθεί το αργότερο εντός τεσσάρων ετών από την έκδοση της παρούσας Απόφασης.
- Αιωρούμενα σωματίδια (ενδιάμεσος στόχος) $\leq 100 \text{ mg/Nm}^3$ (μέση ημερήσια τιμή) από το σύνολο των εγκαταστάσεων της (θεωρουμένων ως μία πηγή). Η προαναφερόμενη οριακή τιμή πρέπει να έχει επιτευχθεί το αργότερο εντός δύο ετών από την έκδοση της παρούσας Απόφασης.

- $SO_2 \leq 250 \text{ mg/Nm}^3$ (μέση ημερήσια τιμή)
- $NO_x \leq 500 \text{ mg/Nm}^3$ (μέση ημερήσια τιμή)
- $Ni \leq 1 \text{ mg/Nm}^3$ (μέση ημερήσια τιμή)
- Καπνός ≤ 1 βαθμός της κλίμακας Ringelmann (Π.Δ. 1180/81, ΦΕΚ 293Α)

Τεχνικά έργα και μέτρα αντιρρύπανσης ή γενικότερα αντιμετώπισης της υποβάθμισης του περιβάλλοντος που επιβάλλεται να κατασκευαστούν ή να τηρηθούν

- Η 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' οφείλει να εγκαταστήσει και να λειτουργεί τον κατάλληλο εξοπλισμό συλλογής και επεξεργασίας των ατμοσφαιρικών εκπομπών στον παραγωγικό εξοπλισμό της, ώστε να τηρηθούν οι παραπάνω επιτρεπόμενες τιμές της εκπομπής των ρυπαντικών φορτίων.
- Η αντιρρυπαντική τεχνολογία θα πρέπει να εφαρμοστεί κατά προτεραιότητα στις Η/Κ και να ολοκληρωθούν οι κατάλληλες παρεμβάσεις στον αντιρρυπαντικό εξοπλισμό των Μ/Τ και Π/Κ ώστε να επιτευχθούν οι οριακές τιμές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων εντός των προθεσμιών που τίθενται σε αυτά.
- Μέχρι την υλοποίηση των αναφερόμενων, οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τις Π/Κ 1, 2 & 3 θα πρέπει να οδηγούνται σε σύστημα αποκονίωσης αποτελούμενο από κονιοθάλαμο, πολυκυκλώνα και πλυντρίδα Venturi. Οι ατμοσφαιρικές εκπομπές από τους Μ/Τ να οδηγούνται σε σακόφιλτρα.
- Να γίνεται τακτικός έλεγχος της καλής λειτουργίας του συνόλου των συστημάτων επεξεργασίας των ατμοσφαιρικών εκπομπών (συμπεριλαμβανομένων των οργάνων μέτρησης) σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών. Επίσης, να τηρείται ημερολόγιο συντήρησης, θεωρημένο από την υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Περιφερειακής Ενότητας.
- Η διακίνηση της σκόνης από τις εγκαταστάσεις αποκονίωσης των Π/Κ προς τη μονάδα σφαιροποίησης (pelletizing) να γίνεται μέσω εκσυγχρονισμένων κοχλιωτών μεταφορέων, ταινιών και σταθμών μεταφόρτωσης ταινιών. Να λειτουργούν απορροφητήρες σκόνης σε επιλεγμένες πηγές (π.χ. φλογοθάλαμοι Π/Κ ή σημεία μεταφόρτωσης ταινιών) σε συνδυασμό με νέα σακόφιλτρα. Να γίνεται χρήση νέων κινητών μονάδων καθαρισμού σκόνης με τεχνολογία κενού.
- Να εφαρμόζεται συστηματικό πρόγραμμα παρακολούθησης των ατμοσφαιρικών εκπομπών με προμήθεια και σταδιακή εγκατάσταση συστημάτων συνεχούς μέτρησης και ηλεκτρονικής καταγραφής των αιωρούμενων σωματιδίων, SO_2 , NO_x , για τις Π/Κ και Η/Κ και των αιωρούμενων σωματιδίων για τους Μ/Τ.
- Στα απαέρια των Π/Κ, των Η/Κ και των Μ/Τ να πραγματοποιείται με συχνότητα, τέσσερις φορές ανά έτος μέτρηση βαρέων μετάλλων (Ni, Pb, As, Cr). Ειδικά στα απαέρια των Π/Κ να παρακολουθείται μια φορά το έτος και η περιεκτικότητά τους σε ολικό οργανικό άνθρακα.
- Να παρακολουθείται η ποιότητα της ατμόσφαιρας μέσω εγκατάστασης και λειτουργίας τουλάχιστον ενός σταθερού σταθμού μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{10}), SO_2 και Ni, εγκαταστημένου κατάντη του ανέμου ως προς το μεταλλουργικό συγκρότημα της εταιρείας 'Γ.Μ.Μ.Α.Ε. ΛΑΡΚΟ' στην πλησιέστερη οικιστική περιοχή.

- Ο τρόπος μέτρησης των συγκεντρώσεων πρέπει να βασίζεται σε διεθνή πρότυπα, τα οποία αναφέρονται στις Κ.Υ.Α ΗΠ 14122/549/Ε103/11 (ΦΕΚ 488Β) και ΗΠ 22306/1075/Ε103/07 (ΦΕΚ 920Β) καθώς επίσης, θα πρέπει να πληρούνται τα κριτήρια ποιότητας και πληρότητας δεδομένων για σταθερές μετρήσεις.
- Ο σταθμός να διαθέτει εξοπλισμό μέτρησης / καταγραφής μετεωρολογικών παραμέτρων. Οι παράμετροι να αφορούν διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου, καθώς και θερμοκρασία και υγρασία αέρα. Να καταχωρούνται σε ηλεκτρονική μορφή οι μέσες ωριαίες τιμές των μετρούμενων παραμέτρων.
- Να διενεργούνται ενδεικτικές μετρήσεις, τέσσερις φορές το έτος (εποχιακά) διάρκειας 15 ημερών έκαστη σε γειτονικές αστικές περιοχές (π.χ. Λάρυμνα, Μαρτίνο, Μαλεσίνα α) κυρίως για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM₁₀, PM_{2,5}) και τα μέταλλα (νικέλιο, αρσενικό, κάδμιο, υδρογόνο) [μία θέση δειγματοληψίας ανά έτος].
- Και τέλος να προωθηθούν, από τη στιγμή που θα καταστεί δυνατή η σύνδεση με το δίκτυο παροχής φυσικού αερίου, οι κατάλληλες ενέργειες για την εισαγωγή του φυσικού αερίου ως καυσίμου (συνδυασμένη χρήση καυσίμων και φυσικού αερίου) για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών εκπομπών.

6.2 Τεχνικά δεδομένα

6.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Περιτροφικής Καμίνου Π/Κ 1

Τα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της περιστροφικής καμίνου Νο 1 είναι τα εξής:

1. Εσωτερική διάμετρος κελύφους: 5,2 m.
2. Μήκος: 90 m.
3. Τροφοδοσία: 140 t/h (σιδηρονικελιούχο μέταλλευμα + λιγνίτης + γαιάνθρακας + pellets). Στον καυστήρα χρησιμοποιείται ως καύσιμο μαζούτ.
4. Μέγιστη ποσότητα παραγόμενων καπναερίων: 180.000 Nm³/h.
5. Θερμοκρασία καπναερίων στον κονιοθάλαμο: 350 – 450 °C, max 500 °C, min 280 °C.
6. Μέγιστη περιεχόμενη σκόνη στα καπναέρια: 150 g/m³ (προ του πολυκυκλώνα)
7. Ανάλυση καπναερίων:

Πίνακας 6.1: Ανάλυση καπναερίων εργοστασίου Λάρκο

CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	Υγρασία (%)	SO ₂ (%)
7-17	5-10	0,5-1	10-18	0,02-0,05

Σημειώνουμε ότι το CO κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας ξεπερνά για κάποια χρονικά διαστήματα κατά πολύ τις προαναφερθείσες τιμές.

8. Χημική ανάλυση σκόνης Π/Κ 2&3: Πίνακας 6.2.

9. Κοκκομετρική ανάλυση σκόνης Π/Κ 2&3: Πίνακας 6.3.

6.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Περιστροφικών Καμίνων Π/Κ 2&3

Οι περιστροφικές κάμινοι Νο 2 και 3 διαθέτουν κατά βάση τα ίδια γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι τα εξής:

1. Εσωτερική διάμετρος κελύφους: 4,2 m.
2. Μήκος: 90 m.
3. Τροφοδοσία: 95 - 100 t/h (σιδηρονικελιούχο μετάλλευμα + λιγνίτης + γαιάνθρακας + pellets). Στον καυστήρα χρησιμοποιείται ως καύσιμο μαζούτ και αλεσμένος άνθρακας.
4. Μέγιστη ποσότητα παραγόμενων καπναερίων: 130.000 Nm³/h.
5. Θερμοκρασία καπναερίων στον κονιοθάλαμο: 350 – 450 °C, max 500 °C, min 280 °C.
6. Μέγιστη περιεχόμενη σκόνη στα καπναέρια: 150 g/m³ (προ του πολυκυκλώνα)
7. Ανάλυση καπναερίων:

Πίνακας 6.4: Ανάλυση καπναερίων εργοστασίου Λάρκο

CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	Υγρασία (%)	SO ₂ (%)
7-17	5-10	0,5-1	10-18	0,02-0,05

Σημειώνουμε ότι το CO κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας ξεπερνά για κάποια χρονικά διαστήματα κατά πολύ τις προαναφερθείσες τιμές.

8. Χημική ανάλυση σκόνης Π/Κ 2&3: Πίνακας 6.2.

9. Κοκκομετρική ανάλυση σκόνης Π/Κ 2&3: Πίνακας 6.3.

Πίνακας 6.2: Χημική ανάλυση σκόνης Π/Κ 1,2&3

Είδος σκόνης	Fe ₂ O ₃ (%)	FeO (%0	NiO (%)	CoO+Co ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%0	Al ₂ O ₃ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Mn ₃ O ₄ (%)	C (%)	S (%)
Υγρή	20,8	6,3	1,08	0,06	32,5	5,3	3,8	12,6	2,8	0,47	7,7	0,7
Ξηρή	20,5	4,8	1,19	0,06	34,8	3,3	4	15,3	1,7	0,43	6,2	0,5

Πίνακας 6.3: Κοκκομετρική ανάλυση σκόνης Π/Κ 1,2&3

Είδος σκόνης	Πλέγμα διαμέτρου	+0,50 0m	0,500 m	0,250 m	0,150 m	0,125 m	0,090 m	0,063 m	0,045 m	- 0,045m
1 Ξηρή	Κατάλοιπα	0,0	0,3	0,3	0,5	0,6	2,3	8,8	26	61,2
Συνολικό ποσό που πέρασε ξηρό		100,0	99,7	99,4	98,9	98,3	96,0	87,2	61,2	0,0
2 Υγρή	Κατάλοιπα	0,0	0,7	0,4	0,3	2,0	2,9	7,7	11,3	74,7
Συνολικό ποσό που πέρασε υγρό		100,0	99,3	98,9	98,6	96,6	93,7	86,0	74,7	0,0

6.3 Προτεινόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αποκονίωσης των Π/Κ 1 & Π/Κ 2 & Π/Κ 3

Τα προτεινόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αποκονίωσης των Π/Κ που θα πρέπει να κατασκευαστούν και να τοποθετηθούν σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή και διακήρυξη του έργου είναι τα εξής:

1. Κάθε περιστροφική κάμιнос θα διαθέτει πλήρες – αυτόνομο σύστημα αποκονίωσης (ξεχωριστό φίλτρο για κάθε κάμινο).
2. Η θέση εγκατάστασης θα είναι παραθαλάσσια.

3. Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III, σεισμική επιτάχυνση $g=0,24 \text{ m/sec}^2$
4. Μέγιστη ταχύτητα ανέμων 75 km/h.
5. Επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σκόνης στα εκπεμπόμενα καπναέρια: $\max 10 \text{ mg/Nm}^3$.
6. Επιθυμητή σχεδίαση των φίλτρων modular (πολλαπλά), έτσι ώστε να πραγματοποιείται η επισκευή τους τμηματικά, χωρίς να απαιτείται η πλήρης διακοπή λειτουργίας τους.
7. Επιθυμητή χαμηλή κατανάλωση αέρα καθαρισμού πίεσης κάτω από 3 bar.
8. Να εξετασθεί ως εναλλακτική λύση η διατήρηση του πολυκυκλώνα. Ελάχιστη θερμοκρασία μετά τον πολυκυκλώνα $210 \text{ }^\circ\text{C}$, μέγιστη $320 \text{ }^\circ\text{C}$.
9. Η ψύξη των καπναερίων πριν από την είσοδό τους στα σακόφιλτρα είναι επιθυμητό να γίνεται σε πύργο ψύξης με νερό ψεκασμού. Εάν για τον ψεκασμό απαιτηθεί και πεπεισμένος αέρας τότε θα πρέπει να προμηθευτεί και όλη η εγκατάσταση παραγωγής και παροχής του πεπεισμένου αέρα. Εναλλακτικά, θα εξεταστεί και οποιαδήποτε άλλη λύση.
10. Αναφέρεται ότι μετά από διακοπή της καμίνου κατά τη διάρκεια της προθέρμανσής της, η θερμοκρασία των παραγόμενων καπναερίων στον κονιοθάλαμο αυξάνεται σύμφωνα με το διάγραμμα του Σχήματος 6.1. Θα πρέπει να μελετηθεί και να προταθεί η κατάλληλη λύση για τον καθαρισμό των καπναερίων και κατά τη φάση προθερμάνσεως της καμίνου.
11. Η εγκατάσταση πρέπει να τοποθετηθεί σε κατάλληλο ύψος από το έδαφος έτσι ώστε να είναι δυνατή η διάταξη του συστήματος διαχείρισης σκόνης (μεταφορικοί κοχλίες, αναβατόρια, δοχεία πίεσεως κλπ). Το ύψος αυτό είναι απαραίτητο για την εγκατάσταση τροφοδοτών και κοχλιών μεταφοράς της σκόνης. Το ύψος στο οποίο θα βρίσκονται στα στόμια εξαγωγής των και οι τροφοδότες των χοανών θα ορισθεί ακριβώς μετά την τελική χωροθέτηση τόσο των φίλτρων όσο και του συστήματος διαχείρισης της παραγόμενης σκόνης. Σημειώνεται ότι κάτω από κάθε χοάνη η παραλαβή της σκόνης θα γίνεται από διπλή γραμμή μεταφορικών κοχλιών (μία κανονική και μία εφεδρική). Το σύστημα μεταφοράς της σκόνης θα αποτελείται από τους κοχλίες, το αναβατόριο, το σύστημα πνευματικής μεταφοράς και τα silos αποθήκευσης σκόνης
12. Ο ανεμιστήρας αναρρόφησης θα πρέπει να περιλαμβάνει:
 - α. όργανο ένδειξης κραδασμών με ηχητικό alarm, στο χειριστήριο
 - β. όργανο ένδειξης της ταχύτητας περιστροφής, στο χειριστήριο
 - γ. όργανο ένδειξης θερμοκρασίας ρουλεμάν με ηχητικό alarm, στο χειριστήριο
 - δ. ηχομόνωση (maximum 80 dB(A))
 - ε. μετάδοση κίνησης μέσω κόμπλερ (ελαστικοί σύνδεσμοι) και μονομπλόκ (αντλία θερμότητας)

ζ. σύστημα ψύξης της έδρασης του άξονα του ανεμιστήρα (πτερύγια στον άξονα της πτερωτής)

12. Σιλό με περιστρεφόμενους τροφοδότες και ανιχνευτές στάθμης σκόνης ενταγμένων στο σύστημα αυτοματισμού της εγκατάστασης (κλίση πλευρών κώνων $> 60^{\circ}$ ως προς το οριζόντιο επίπεδο).

13. Δομητές σιλό, οι οποίοι θα πρέπει να λειτουργούν μόνο μετά από εντολή από τους ανιχνευτές στάθμης σκόνης.

14. Εύκολο τρόπο αντικατάστασης σάκων. Ο ανάδοχος θα πρέπει να σχεδιάσει, να κατασκευάσει και να προμηθεύσει την στέγη του κάθε φίλτρου καθώς και τον εξοπλισμό που απαιτείται για εύκολη αντικατάσταση των σάκων (εξοπλισμός ανάρτηση και εξαγωγής σάκων, όπως βαρούλκο κλπ.). Επί πλέον, θα πρέπει να μελετήσει, να σχεδιάσει και προμηθεύσει όλες τις σκάλες και διαδρόμους κίνησης του προσωπικού που ελέγχει και συντηρεί την εγκατάσταση.

15. Σιδηροκατασκευή από γαλβανισμένο χάλυβα, με επιπλέον βαφή πάχους 40 μm (εποξειδικό χρώμα πλούσιο σε μεταλλικό ψευδάργυρο).

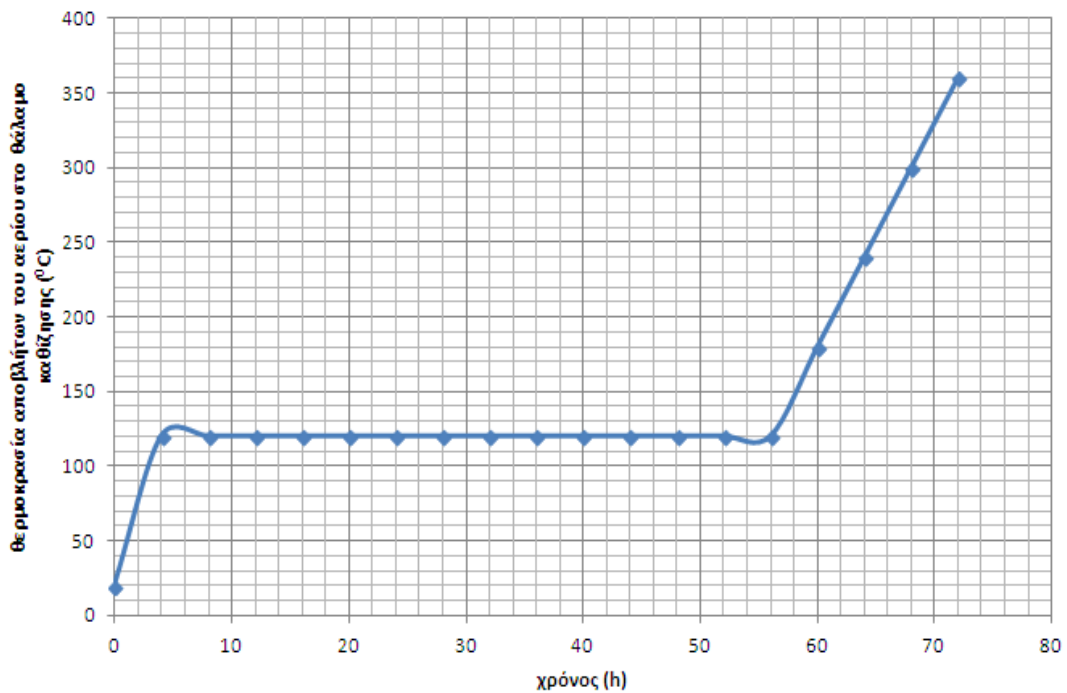
16. Στάθμη θορύβου $< 80 \text{ dB(A)}$.

17. Ηλεκτρολογικό εξοπλισμό επώνυμων οίκων.

Τέλος τα δεδομένα του χώρου που απαιτούνται παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.5.

Πίνακας 6.5: Δεδομένα του χώρου που απαιτούνται για τις αποκονιώσεις των Π/Κ 1,2&3

Θέση	Λάρυμνα Φθιώτιδος, Ελλάδα
Υψόμετρο εγκατάστασης	~ 9 m απόσταση από τη θάλασσα
Ατμοσφαιρική πίεση	~ 1013 mbar
Θερμοκρασία αέρα-μέγιστη	~ 40 $^{\circ}\text{C}$
Θερμοκρασία αέρα-ελάχιστη	~ 5 $^{\circ}\text{C}$



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα ξήρανσης και θέρμανσης περιστροφικών κλιβάνων

6.4 Προσφορές συστημάτων καθαρισμού καπναερίων των Π/Κ της Λάρκο

Το εργοστάσιο της Λάρυμνας περί τα τέλη του 2008 δέχτηκε τις προσφορές που παρουσιάζονται παρακάτω, οι οποίες δόθηκαν από τους αντιπροσώπους των οίκων στην Ελλάδα και είναι οι εξής: ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Α, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Β, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Γ, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Δ, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ε, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ζ και ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Η (τα ονόματα αυτά δεν αναφέρονται για ευνόητους λόγους και πρόκειται για επώνυμους κατά τα άλλα προμηθευτές και οίκους, με μεγάλη εμπειρία στο χώρο). Οι προσφορές αυτές αφορούν οίκους με πολυετή εμπειρία στο χώρο των συστημάτων καθαρισμού των καπναερίων, οι οποίοι με βάση τα δεδομένα για την ανάγκη αντικατάστασης των συστημάτων αντιρρύπανσης του εργοστασίου της Λάρκο αλλά και τα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά για τις αποκονιώσεις των Π/Κ πρότειναν τα εξής (το κόστος είναι ενδεικτικό και αφορά εκείνη την περίοδο):

Πίνακας 6.6: Προσφορές ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Α

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Α		
Οίκος	A1	A2
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	1 πύργος ψύξης + 1 Η/Φ με 3 πεδία	1 Η/Φ με 3 πεδία
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, περιεκτικότητα σε σκόνη ≤ 170 g/m ³ (STP dry), απόδοση 99,988 %, σκόνη σε καθαρά καπναέρια ≤ 20 mg/m ³ (STP dry)	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, περιεκτικότητα σε σκόνη 176,5 g/m ³ , απόδοση 99,989 %, σκόνη σε καθαρά καπναέρια ≤ 20 mg/m ³ (STP dry)
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	Πύργος ψύξης με σύστημα ψεκασμού + στηρίγματα + μεταφορά σκόνης + θερμική μόνωση (460.000 €), 1 πλήρες Η/Φ μονωμένο με ανεμιστήρα και μεταφορά σκόνης (1.969.000 €), ανέγερση + επίβλεψη + commissioning (σε λειτουργία θέσης) (623.000 €)	1 πλήρες Η/Φ μονωμένο με ανεμιστήρα και μεταφορά σκόνης (2.888.000 €), ανέγερση + επίβλεψη + commissioning (908.000 €)
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Έξοδος πύργου πλύσης 230.000 m ³ /h (150 °C), ταχύτητα αερίων σε Η/Φ = 0,86 m/sec, retention time (χρόνος κατακράτησης) = 17,5 sec, ενεργή επιφάνεια συλλογής σκόνης 10.584 m ² , ανεμιστήρας 400.000 m ³ /h σε 150 °C, ΔΡ=2098 Pa	Είσοδος σε Η/Φ 451.490 m ³ /h (400 °C), ταχύτητα αερίων σε Η/Φ=0,57 m/sec, retention time=28,7 sec, ενεργή επιφάνεια συλλογής σκόνης 21.344 m ² , ανεμιστήρας 540.000 m ³ /h σε 450 °C, ΔΡ=1580 Pa
ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	Δεν περιλαμβάνονται: έργα εδράσεων εγκατάστασης, κτίριο για δεξαμενή αντλιοστασίου πύργου ψύξης, κτίριο για την τοποθέτηση των high voltage rectifier control panels (πίνακες ελέγχου υψηλής τάσης ανόρθωσης), αναλυτής CO	Δεν περιλαμβάνονται: έργα εδράσεων εγκατάστασης, κτίριο για την τοποθέτηση των high voltage rectifier control panels, αναλυτής CO
Κόστος (€)	3.052.800	3.796.000

Πίνακας 6.7: Προσφορές ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Β

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Β			
Οίκος	B1	B2	B3
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Εναλλάκτης θερμότητας + Σακκόφιλτρο	Πύργος ψύξης+Σακόφιλτρο	Ηλεκτροστατικό φίλτρο
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	Όγκος αερίων 150.000 ± 20 % Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια ≤ 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 150.000 ± 20 % Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια ≤ 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 150.000 ± 20 % Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 25 mg/Nm ³
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	Εναλλάκτης οίκου ENVEN, σακόφιλτρο (8 modules), ανεμιστήρας, σάκοι, αγωγοί, αεροσυμπιεστής, ηλεκτρολογικά, scada	Πύργος ψύξης d=6000 mm, h=20.000 mm, σακόφιλτρο με 6 modules, μεταφορά σκόνης, 2 ανεμιστήρες, αγωγοί, αεροσυμπιεστής, ηλεκτρολογικά, scada	Ηλεκτροστατικό φίλτρο οίκου (1 θάλαμος με 4 πεδία), μεταφορά σκόνης, αγωγοί, ηλεκτρολογικά, scada
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Είσοδος εναλλάκτη θερμότητας 496.400 m ³ /h σε 500 °C, ψυχρός αέρας 525.600 m ³ /h σε 400 °C, αριθμός modules (δομοστοιχεία) 3, είσοδος σακόφιλτρου 325.600 m ³ /h σε 220 °C, επιφάνεια καθαρισμού 3.561,6 m ² , ανεμιστήρας ΔΡ=420 mm H ₂ O	Είσοδος πύργου ψύξης 453.204 m ³ /h (400 °C), ψεκάσμος νερού 25 m ³ /h, είσοδος σε σακόφιλτρο 364.563 m ³ /h (200 °C), αριθμός modules 6, επιφάνεια καθαρισμού 6.104 m ² , ανεμιστήρες ΔΡ=2.334 Pa	Είσοδος σε Η/Φ 180.000 Nm ³ /h (400 °C), ταχύτητα αερίων 0,70 m/sec, retention time 17,91 sec, επιφάνεια συλλογής 11.663 m ²
ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	Δεν περιλαμβάνονται: έργα εδράσεων εγκατάστασης	Δεν περιλαμβάνονται: έργα εδράσεων εγκατάστασης	Δεν περιλαμβάνονται: έργα εδράσεων εγκατάστασης. Η προσφορά δεν αναφέρει για ανεμιστήρα
Κόστος (€)	3.350.000	3.550.000	3.650.000

Πίνακας 6.8: Προσφορές ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Γ, ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Δ και ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ε

	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Γ	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Δ	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ε
Οίκος	Γ1	Δ1	Ε1
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Σακκόφιλτρο	Εναλλάκτης θερμότητας + Σακκόφιλτρο	Ηλεκτροστατικό φίλτρο
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 39 g/Nm ³ wet, σκόνη στα καθαρά καπναέρια 20 mg/Nm ³ dry (απόδοση 99,956 %)
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	Σακκόφιλτρο (2x4 modules), αγωγοί, chain conveyor, ανεμιστήρας, ψύκτης με 2 ανεμιστήρες, μονώσεις, ανέγερση, control, εδράσεις (239.520+180.000+3.320.000) = 3.739.520 €	Εναλλάκτης θερμότητας, Σακκόφιλτρο με 8 modules, αγωγοί, PLC και συνδέσεις, ανέγερση	Ηλεκτροστατικό φίλτρο 2 παράλληλων διαμερισμάτων + ηλεκτρικός εξοπλισμός (1.814.600 €)
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Είσοδος σε σακκόφιλτρο 180.000 Nm ³ /h σε max T=260 °C, επιφάνεια 7.460 m ² , ανεμιστήρας 600.000 m ³ /h (200 °C), ΔP=3.971 Pa	Είσοδος εναλλάκτη θερμότητας 180.000 Nm ³ /h, (Tεισ.=320 °C, Tεξ.=180 °C), επιφάνειας 3.265 m ² , 8 ανεμιστήρες με 61.000 m ³ /h έκαστος, σακκόφιλτρο με 8 modules, επιφάνειας 4.222 m ²	Είσοδος σε Η/Φ 180.000 Nm ³ /h (320 °C), επιφάνειας συλλογής 10.558 m ² , ταχύτητα αερίων 0,83 m/sec, retention time 19,2 sec
ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	Δεν περιλαμβάνονται: δωμάτιο πινάκων	Δεν περιλαμβάνονται: Συμπιεστές, frequency converter, MCC για κινητήρες, δωμάτια πινάκων Options: Προμήθεια-τοποθέτηση ανεμιστήρα, έργα πολιτικού μηχανικού, ανταλλακτικά εκκίνησης	Δεν περιλαμβάνονται: έργα πολιτικού μηχανικού, δωμάτιο πινάκων, καλωδιώσεις για CCS, τελική βαφή επί τόπου, SCADA Options: Μόνωση + προσβάσεις (178.600 €), ανέγερση φίλτρου 688.100 €, Ανεμιστήρας 258.900 €, αγωγοί-στηρίγματα 456.100 €, ανέγερση αγωγών-στηριγμάτων 143.500 €
Κόστος (€)	3.739.520	2.344.000	3.539.800

Πίνακας 6.9: Προσφορές ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ζ

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Ζ		
Οίκος	Z1	Z2
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Εναλλάκτης θερμότητας + Σακκόφιλτρο	Εναλλάκτης θερμότητας + Σακκόφιλτρο
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 150.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων 130 ± 20% g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 20 mg/Nm ³
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	Εναλλάκτης θερμότητας, σακόφιλτρο, ανεμιστήρας, inverter, αγωγοί, μεταφορά σκόνης, ηλεκτρικοί πίνακες με PLC, ανέγερση, commissioning	Εναλλάκτης θερμότητας, σακόφιλτρο, ανεμιστήρας, inverter, αγωγοί, μεταφορά σκόνης, ηλεκτρικοί πίνακες με PLC, ανέγερση, commissioning
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Είσοδος εναλλάκτη θερμότητας 180.000 Nm ³ /h (280 °C), επιφάνειας 1.400 m ² , 12 ανεμιστήρες με 25.000 Nm ³ /h έκαστος (300.000 m ³ /h), ψύξη αερίων από 280 °C σε 200 °C, είσοδος σε σακόφιλτρο 310.000 m ³ /h (200 °C), σακόφιλτρο 5.148 m ² , ανεμιστήρας 310.000 m ³ /h σε 200 °C	Είσοδος εναλλάκτη θερμότητας 150.000 Nm ³ /h (280 °C), επιφάνειας 1.200 m ² , 12 ανεμιστήρες με 20.000 Nm ³ /h έκαστος (240.000 m ³ /h), ψύξη αερίων από 280 °C σε 200 °C, είσοδος σε σακόφιλτρο 258.000 m ³ /h (200 °C), σακόφιλτρο 4.290 m ² , ανεμιστήρας 258.000 m ³ /h σε 200 °C
ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	Δεν περιλαμβάνονται: ηλεκτρικές συνδέσεις από γραμμή σε ηλεκτρικούς πίνακες, πεπιεσμένος αέρας και έργα πολιτικού μηχανικού	Δεν περιλαμβάνονται: ηλεκτρικές συνδέσεις από γραμμή σε ηλεκτρικούς πίνακες, πεπιεσμένος αέρας και έργα πολιτικού μηχανικού
Κόστος (€)	2.431.600	2.128.100

Πίνακας 6.10: Προσφορές ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Η

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟΣ Η		
Οίκος	H1	H2
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	Σακκόφιλτρο	Ηλεκτροστατικό φίλτρο
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΕΡΙΩΝ	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων στην έξοδο πολυκυκλώνα 20 g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 20 mg/Nm ³	Όγκος αερίων 180.000 Nm ³ /h, σκόνη καπναερίων στην έξοδο πολυκυκλώνα 20 g/Nm ³ , σκόνη στα καθαρά καπναέρια < 50 mg/Nm ³
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ	Σακκόφιλτρο με 6 modules, αγωγοί, ανεμιστήρας	Ηλεκτροστατικό φίλτρο με 1 διαμέρισμα, αγωγοί, ανεμιστήρας
ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Είσοδος σε σακκόφιλτρο 180.000 Nm ³ /h (240 °C), επιφάνεια φίλτρου 5.430 m ² , ανεμιστήρας 350.000 m ³ /h (250 °C), ΔΡ=350 mm H ₂ O	Είσοδος σε Η/Φ 180.000 Nm ³ /h (240 °C), επιφάνεια συλλογής 7.296 m ² , ταχύτητα αερίων 0,87 m/sec, retention time 15,3 sec, ανεμιστήρας για 350.000 m ³ /h (250 °C), ΔΡ=200mm H ₂ O
ΔΕΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ	Δεν περιλαμβάνονται: έργα πολιτικού μηχανικού, πεπιεσμένος αέρας, καλωδιώσεις, πίνακες ισχύος, μονώσεις (υλικά + τοποθέτηση), ανέγερση	Δεν περιλαμβάνονται: έργα πολιτικού μηχανικού, πεπιεσμένος αέρας, καλωδιώσεις, πίνακες ισχύος, μονώσεις (υλικά + τοποθέτηση), ανέγερση
Κόστος (€)	1.850.000	1.950.000

Μία απλή κατάταξη των προσφορών που παρουσιάστηκαν στο εργοστάσιο της Λάρυμνας (από την πιο οικονομική μέχρι την ακριβότερη προσφορά) παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 6.11:

Πίνακας 6.11: Κατάταξη προσφορών από την οικονομικότερη μέχρι την ακριβότερη προσφορά

Αντιπρόσωπος Ελλάδα	ΑΝΤΙΠΡΟΣ ΩΠΟΣ Α		ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠ ΟΣ Β			ΑΝΤΙΠΡΟΣ ΩΠΟΣ Γ	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩ ΠΟΣ Ζ		ΑΝΤΙΠΡΟΣΩ ΠΟΣ Η		ΑΝΤΙΠΡΟΣΩ ΠΟΣ Ε	ΑΝΤΙΠΡΟΣΩ ΠΟΣ Δ
Οίκος	A1	A2	B 1	B 2	B 3	Γ1	Z1	Z2	H1	H2	E1	Δ1
ΚΑΤΑΤΑΞΗ	6	12	7	9	10	11	5	3	1	2	8	4

Συμπερασματικά και δεδομένου της δυναμικότητας του υπάρχοντος παχυντή, δεν μπορεί το εργοστάσιο της Λάρκο να επιλέξει μέθοδο υγρής αποκονίωσης οπότε η πιο κατάλληλες προσφορές είναι εκείνες που αφορούν σε Η/Φ και σακόφιλτρα.

Ακόμη δεδομένης της υπάρχουσας εμπειρίας (θέματα συντήρησης και λειτουργίας της εγκατάστασης) έχουν ένα μικρό προβάδισμα επιλογής τα Η/Φ.

Τέλος η μέθοδος που θα επιλεγεί δεδομένης της στενότητας του συγκεκριμένου εργοστασιακού χώρου (πρόκειται για ένα παλιό εργοστάσιο που λειτουργεί από το 1966), θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν και το μέγεθος της εγκατάστασης αποκονίωσης που θα απαιτηθεί.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η αλυσίδα εγκαταστάσεων καθαρισμού των καπναερίων, δεν είναι σε θέση σήμερα να καλύψει τις ανάγκες καθαρισμού αυτών στο εργοστάσιο της Λάρκο έτσι ώστε τα εκπεμπόμενα στην ατμόσφαιρα στερεά σωματίδια να βρίσκονται σε επιτρεπτά από τους υφιστάμενους κανονισμούς επίπεδα.

Οι πιο προχωρημένες κατά αύξουσα σειρά αποτελεσματικότητας βιομηχανικές εγκαταστάσεις καθαρισμού καπναερίων είναι τα Η/Φ (Electrostatic precipitators ESP) και τα σακόφιλτρα (Baghouses). Με τις εγκαταστάσεις αυτές οι οποίες είναι ξηρού τύπου επιτυγχάνεται συγκράτηση σωματιδίων μεγέθους μικρότερου του 1μm και με κατάλληλη διαστασιολόγηση είναι δυνατή απόδοση καθαρισμού > 99%.

Η αποκονίωση της Π/Κ 4 γίνεται με Η/Φ και όχι με πολυκυκλώνα και πύργο πλύσης για τους παρακάτω λόγους:

α) Χαμηλότερο κόστος λειτουργίας εξ' αιτίας της μικρότερης κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον με την ξηρή αποκονίωση δεν απαιτείται η χρήση οξέως (ή βάσεως) και αντικαθαλωτικού, ούτε παράγεται λάσπη (cake) που έχει σημαντικές δυσκολίες στη διακίνηση, ούτε χρειάζεται προσωπικό λειτουργίας όπως στην υγρή αποκονίωση,

β) Μείωση και σχεδόν εξάλειψη των υγρών αποβλήτων σε αντίθεση με την υγρή αποκονίωση, όπου ο καθαρισμός απαιτεί σημαντικές δαπάνες (προσθήκη οξέως ή βάσεως, αντικαθαλωτικού του οποίου η χρήση τα τελευταία έτη είναι περιστασιακή κ.λ.π),

γ) Μεγαλύτερος βαθμός λειτουργικότητας εξ' αιτίας της απλούστερης εγκατάστασης και ευκολότερης συντήρησης.

Εκτός του βασικού στόχου ο οποίος είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η ανάγκη εναρμόνισης με τους ισχύοντες κανονισμούς, υπάρχουν και άλλες βασικές οικονομικές και λειτουργικές παράμετροι οι οποίες οδηγούν στην αντικατάσταση της υγρής αποκονίωσης με νέα ξηρού τύπου.

Υπάρχουν περίοδοι κατά τις οποίες οι συνθήκες είναι αρκετά όξινες με αποτέλεσμα την έντονη διαβρωτική δράση σε όλες τις μεταλλικές κατασκευές από τις οποίες διέρχονται τα υγρά και τα αέρια των συστημάτων υγρής αποκονίωσης, όπως πύργος πλύσης, καπναγωγός μετά τον πύργο πλύσης, πτερωτή τεχνητού ελκυσμού, αντλία νερού, δίκτυο σωληνώσεων νερού κ.τ.λ. Επίσης υπάρχουν χρονικές περίοδοι που το περιβάλλον γίνεται σχεδόν αλκαλικό με τη δημιουργία εντονότατων επικαθίσεων ανθρακικών αλάτων σε όλες τις προαναφερθείσες εγκαταστάσεις. Αυτό οφείλεται στις αλλαγές της σύστασης των μεταλλευμάτων και των καυσίμων τα οποία διαμορφώνουν το μεταλλουργικό μίγμα. Κατά

την διάρκεια της φυσικοχημικής διεργασίας εντός της περιστροφικής καμίνου παράγονται λιγότερα ή περισσότερα οξείδια του θείου με αποτέλεσμα να απαιτούνται συχνές διακοπές λειτουργίας της καμίνου με σκοπό την επισκευή των εγκαταστάσεων, την αντικατάσταση πτερωτής τεχνητού ελκυσμού και την απόφραξη της αποχέτευσης του πύργου πλύσης κ.τ.λ.

Είτε με όξινες, είτε με αλκαλικές συνθήκες, για τον έλεγχο του pH του κυκλοφορούντος νερού σε όλο το κύκλωμα, απαιτείται η προσθήκη είτε βιομηχανικού διαλύματος NaOH, είτε βιομηχανικού διαλύματος HCl (περίπου 500 t/έτος), με κόστος περίπου 90.000 ευρώ/έτος. Επιπλέον στο κύκλωμα νερού απαιτείται και προσθήκη 2,5 t/έτος αντικαθαλωτικού και 1,5 t/έτος κροκιδωτικού.

Η παραγόμενη λάσπη, αφενός δημιουργεί μεγάλο κόστος λειτουργίας και αφετέρου είναι προβληματική (όσον αναφορά στη λειτουργία των αντλιών λάσπης, της εγκατάστασης τυμπανόφιλτρων αφύγρανσης, των αντλιών κενού, κλπ.). Με τα σημερινά δεδομένα λειτουργίας των περιστροφικών καμίνων (ύπαρξη υγρής και ξηρής αποκονίωσης) το ποσοστό ανακύκλωσης σκόνης που περιέχεται στη λάσπη είναι περίπου 85 % ενώ το αντίστοιχο μέγεθος για την ξηρή σκόνη είναι μεγαλύτερο του 95 %. Αιτία της επίτευξης του μικρότερου βαθμού αξιοποίησης της σκόνης της λάσπης είναι τα προαναφερθέντα προβλήματα κατά την λειτουργία όλων αυτών των εγκαταστάσεων και η αναγκαιότητα ύπαρξης μίας περιοχής αναλογιών παραγωγής ξηρής σκόνης και σκόνης λάσπης η οποία δεν μπορεί να τηρηθεί πάντα (π.χ. όταν η Π/Κ 4 βρίσκεται εκτός λειτουργίας). Όλα τα παραπάνω προκαλούν ανάγκη απόρριψης εκτός εργοστασίου 2.000-2.500 t σκόνης σε μορφή λάσπης ετησίως, με πρόσθετα προβλήματα ρύπανσης κατά τη διακίνηση και αποθήκευση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και την απώλεια αντίστοιχης παραγωγής pellets.

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

1. Μπαντέκα Ε. (1991), “Στοιχεία φυσικής μεταλλουργίας”, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
2. Cooper C.D. & Alley F.C. (2004) “Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης: Σχεδιασμού Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
3. Καταπότης Μ. Ν. (1998), “Αναγωγική φρύξη σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος με χρήση λιγνίτη”, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., Αθήνα.
4. Τζουβελέκης Κ.Ε. (1981) “Κατεργασία των νικελιούχων λατεριτών και η θέση του νικελίου στην παγκόσμια αγορά”, Εκδόσεις Τεχνικά Χρονικά, σ. 171 – 185, Αθήνα.
5. Σκαρτάδος Κ. (1994) “Εφαρμογή των Ισοζυγίων Μάζας και Ενέργειας στις Ηλεκτρικές Καμίνους των Νικελιούχων Λατεριτών”, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., Αθήνα.
6. Ζευγώλης Μ.Ν. (1984) “Κατεργασία αερίων αποβλήτων στη μεταλλουργία και εφαρμογές από το εργοστάσιο παραγωγής σιδηρονικελίου της ΛΑΡΚΟ ΑΕ”, Μεταλλειολογικά – Μεταλλουργικά Χρονικά, σ. 47 – 63. Αθήνα.
7. Ξαφά Μ. (2011) “Το μέλλον της διαχείρισης των αποταμιεύσεων” Άρθρο Β.1, Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης και της Ελλάδας: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον; Επιμέλεια Νικόλαος Β. Καραμούζης και Γκίκας Α. Χαρδούβελης, Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.
8. Mayer (2011), “Διδάγματα από την κρίση χρέους στην Ελλάδα”, Άρθρο Δ.1, Από τη διεθνή κρίση στην κρίση της Ευρωζώνης και της Ελλάδας: Τι μας επιφυλάσσει το μέλλον; Επιμέλεια Νικόλαος Β. Καραμούζης και Γκίκας Α. Χαρδούβελης, Εκδόσεις Λιβάνη, Αθήνα.
9. Λιανός Θ., Παπαβασιλείου Α. και Χατζηανδρέου Α. (2009) “Αρχές Οικονομικής Θεωρίας”, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, σ. 160 – 161 Αθήνα.
10. Γεντεκάκης Ι. (2010) “Ατμοσφαιρική ρύπανση: επιπτώσεις, έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες 2η έκδοση”, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, σ. 510 – 530, Χανιά.

Ξένη:

11. Kreith, F. (2002) “AIR POLLUTION CONTROL TECHNOLOGY HANDBOOK” (Laple, USEPA AP 40, Air Pollution Engineering Manual, 1951, pp. 94-99) Theodore & DePaola (Journal of Air Pollution Control Association, Predicting Cyclone Efficiency, 1980, 30: pp. 1132 – 1133.
12. De Nevers N. (1995) “AIR POLLUTION CONTROL ENGINEERING”, mcgraw Hill, New York.

13. Zevgolis, E., Zografidis C., and Halikia, I. (2010) “The reducibility of the Greek nickeliferous laterites: a review”, Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy, Section C: Mineral Processing and Extractive Metallurgy, pp. 9 – 10.

Διαδίκτυο

14. http://www.metal.ntua.gr/uploads/3452/365/lesson_6.ppt

15. <http://www.astir-vent.gr/kyklones.php>

16. http://www.metal.ntua.gr/index.pl/notes7d2d20d8_gr

17. <http://www.larco.gr/el.index.php>

18. http://www.oryktosploutos.net/2012/09/blog-post_7.html

19. <http://www.lme.com/metals/non-ferrous/nickel/#tab2>

20. http://www.rhi-ag.com/internet_en/

21. http://inflationdata.com/Inflation/Inflation_Rate/HistoricalInflation.aspx