



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧ. ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**



**ΑΜΜΟΒΟΛΗ – ΥΔΡΟΒΟΛΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ**

ΠΑΠΑΧΑΡΙΤΟΥ ΝΙΚΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής : Παπάζογλου Βασίλης

ΑΘΗΝΑ 2008

«Η πραγματοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δε θα ήταν δυνατή χωρίς την βοήθεια ορισμένων προσώπων, σε επιστημονικό και προσωπικό επίπεδο.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Παπάζογλου Βασίλη, ο οποίος υπήρξε ο επιβλέπων της παρούσας διπλωματικής εργασίας για την διάθεση πολύτιμου χρόνου και κόπου, σε κάθε στιγμή εκπόνησης της εργασίας μου. Η συνεργασία μου μαζί του υπήρξε πρωταρχικής σημασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Λαμπράκη Δημήτριο, Μηχ. Μεταλλείων – Μεταλλουργό Μηχανικό, ο οποίος μου παρείχε σημαντική βοήθεια συζητώντας μαζί του αλλά και δίνοντας μου σημαντικά στοιχεία για το θέμα της εργασίας μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω, ιδιαίτερα, την οικογένεια μου και την αρραβωνιαστικιά μου, για την υπομονή που έδειξαν και την αμέριστη ψυχολογική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη την πορεία μου μέχρι και την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας».

Αθήνα, Μάρτιος 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύντομη αναφορά στην εργασία.....	1
Περιεχόμενα ανά κεφάλαιο.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

2.1. Οι λόγοι συντήρησης των μεταλλικών επιφανειών.....	3
2.2. Τι είναι οξείδωση – διάβρωση.....	3
2.2.1. Συνθήκες που επιταχύνουν τη διάβρωση.....	6
2.2.2. Βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών.....	6
2.2.3. Που παρουσιάζεται η διάβρωση.....	9
2.3. Γιατί βιάφονται τα πλοία.....	9
2.4. Η σημασία της μικροτραχύτητας.....	10
2.4.1. Ορισμοί και φυσική σημασία των παραμέτρων μικροτραχύτητας.....	11
2.5. Προετοιμασία της επιφάνειας για επικάλυψη με αντιδιαβρωτικά - αντιρρυπαντικά χρώματα.....	14
2.5.1. Απολίπανση (deagrising).....	14
2.5.2. Απομάκρυνση του στρώματος οξειδίων ή καλαμίνας (millscale) με την έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον (removal of millscale by weathering).....	15
2.5.3. Μηχανικός τρόπος προετοιμασίας (mechanical cleaning).....	15
2.5.3.1. Καθαρισμός με εργαλεία χειρός.....	15
2.5.3.2. Μηχανικός καθαρισμός με χρήση ηλεκτροκίνητων εργαλείων.....	17
2.5.4. Καθαρισμός με ψηγματοβολή.....	17
2.5.4.1. Ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων (nozzle blasting).....	18
2.5.4.2. Ψηγματοβολή με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστή (impeller/centrifugal blasting).....	19
2.5.4.3. Ψηγματοβολή εν κενώ (Vacuum blasting).....	20
2.5.4.4. Καθαρισμός με υδροβολή (water blasting).....	20
2.5.4.5. Καθαρισμός με αμμοβολή (sand blasting).....	21
2.5.5. Καθαρισμός με φλόγα (flame cleaning).....	21
2.5.6. Καθαρισμός με εμβάπτιση σε οξέα (pickling).....	22
2.5.7. Σύνοψη – συμπεράσματα.....	22
2.6. Προετοιμασία επιφάνειας συγκολλήσεων.....	23
2.7. Βαφή.....	23
2.8. Αντιδιαβρωτικά χρώματα.....	25
2.8.1. Σύσταση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων.....	27
2.8.2. Τρόπος δράσης των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων.....	31
2.8.2.1. Αντοχή επιστρωμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο.....	35
2.8.3. Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου αντιδιαβρωτικού επιστρώματος.....	36
2.9. Αντιρρυπαντικά χρώματα.....	38
2.9.1. Μηχανισμοί λειτουργίας των αντιρρυπαντικών επιστρωμάτων.....	39
2.9.1.1. Συνήθη αντιρρυπαντικά διαλυτης μήτρας.....	39
2.9.1.2. Αντιρρυπαντικά τα τύπου αδιάλυτης μήτρας.....	39
2.9.1.3. Αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά επιστρώματα.....	40
2.9.1.4. Αντιρρυπαντικά λειαινόμενα από τριβή.....	41
2.10. Πάχος μεμβράνης χρώματος.....	42
2.10.1. Καθορισμός του πάχους.....	42

2.10.2. Κατανομή του πάχους μεμβράνης.....	42
2.10.3. Πάχος υγρής και ξηρής μεμβράνης.....	43
2.10.4. Μέσο πάχος μεμβράνης και κατανάλωσης χρώματος.....	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ

3.1. Γενικά περί ψηγματοβολής.....	45
3.2. Η σημασία της ψηγματοβολής.....	46
3.3. Δράσεις της ψηγματοβολής.....	47
3.4. Κατηγορίες ψηγματοβολής.....	48
3.5. Ιστορικά στοιχεία.....	49
3.6. Πεδία βιομηχανικών εφαρμογών της ψηγματοβολής.....	50
3.7. Η ψηγματοβολή στην Ελλάδα.....	51
3.8. Οικονομικά στοιχεία.....	52
3.9. Η αρχή λειτουργίας της ψηγματοβολής.....	53
3.9.1. Ο αεροσυμπιεστής.....	54
3.9.2. Η μηχανή ψηγματοβολής.....	56
3.9.3. Σωλήνες μεταφοράς του πεπιεσμένου αέρα και του αποξεστικού υλικού.....	57
3.9.4. Το ακροφύσιο.....	58
3.9.5. Ο χειριστής με την κατάλληλη εξάρτηση.....	60
3.9.6. Αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής.....	61
3.10. Χαρακτηριστικά των αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής.....	62
3.10.1. Σκληρότητα.....	62
3.10.2. Εδικό βάρος.....	63
3.10.3. Σχήμα κόκκων.....	63
3.10.4. Κοκκομετρική κατανομή.....	63
3.11. Ταξινόμηση των αποξεστικών υλικών.....	64
3.11.1. Φυσικά ορυκτά.....	66
3.11.2. Μεταλλουργικές σκωρίες.....	69
3.11.3. Βιομηχανικά υλικά.....	70
3.12. Προβλήματα ακαριαίας οξείδωσης.....	74
3.13. Προδιαγραφές καθαρισμού επιφάνειας με ψηγματοβολή.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΥΔΡΟΒΟΛΗ

4.1. Γενικά περί υδροβολής.....	77
4.1.1. Υδροβολή χαμηλής πίεσης (Low pressure Water Jetting – LP WC).....	77
4.1.2. Υδροβολή μέσης πίεσης (High Pressure Water Cleaning – HP WC).....	78
4.1.3. Υδροβολή υψηλής πίεσης (High Pressure Water Jetting – HP WJ).....	78
4.1.4. Υδροβολή υπέρ-υψηλής πίεσης (Ultra High Pressure Water Jetting UHP - WJ).....	78
4.2. Αρχές λειτουργίας υδροβολής υψηλής και υπερυψηλής πίεσης.....	79
4.3. Τρόπος καθαρισμού και εμφάνιση επιφάνειας.....	80
4.4. Το φαινόμενο της άμεσης οξείδωσης (Flush rusting).....	81
4.5. Κύρια μέρη μιας μονάδας υδροβολής.....	82
4.6. Αντλίες υδροβολής ΥΠ και ΥΥΠ.....	83
4.7. Κατηγορίες αντλιών.....	84
4.8. Εργαλεία υδροβολής ΥΠ και ΥΥΠ.....	85
4.8.1. Πιστόλια υδροβολής.....	85
4.8.2. Κεφαλές μπέκ.....	87
4.8.3. Μπέκ.....	88
4.9. Προδιαγραφές προετοιμασίας επιφανειών με υδροβολή.....	89

4.10. Προδιαγραφή NACE 5/SSPC-SP12.....	90
4.11. Νέες τάσεις στο εμπόριο χρωμάτων.....	92
4.12. Προδιαγραφή της Hempel's (Δανία).....	92
4.13. Πλεονεκτήματα και προβλήματα της υδροβολής.....	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

5.1. Πρόλογος.....	96
5.2. Εισαγωγή στην Υγιεινή και Ασφάλεια των εργαζομένων.....	96
5.3. Υγιεινή και Ασφάλεια στην ψηγματοβολή.....	97
5.4. Υγιεινή και Ασφάλεια στην υδροβολή.....	102
5.5. Υγιεινή και Ασφάλεια σε εργασίες χρωματισμού.....	103
5.6. Μέτρα για την πρόληψη και την εξασφάλιση ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος.....	105
5.7. Τα οφέλη μιας ασφαλούς και υγιούς εργασίας.....	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

6.1. Το φαινόμενο της ρύπανσης του περιβάλλοντος.....	111
6.2. Επιπτώσεις από την ψηγματοβολή. Γενικά στοιχεία.....	112
6.3. Ατμοσφαιρική ρύπανση (Αέρια ρύπανση).....	113
6.3.1. Ορισμός – Ατμοσφαιρικοί ρύποι και πηγές πρόκλησης.....	113
6.3.2. Επίπεδα ρύπανσης και όρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.....	115
6.3.3. Έλεγχος αέριας ρύπανσης.....	117
6.3.3.1. Μέθοδος υπολογισμού σωματιδίων TSP.....	119
6.3.4. Αέρια ρύπανση από ψηγματοβολή.....	120
6.4. Επιπτώσεις από τα παραγόμενα απόβλητα.....	122
6.4.1. Θαλάσσια ρύπανση από λειτουργικές απορρίψεις των εμπορικών πλοίων.....	122
6.4.2. Επιπτώσεις από τα απόβλητα από την ψηγματοβολή.....	123
6.4.2.1. Η περίπτωση των αποβλήτων της Λάρκο.....	124
6.4.3. Έλεγχος των στερεών αποβλήτων της ψηγματοβολής.....	127
6.4.4. Τι προβλέπει η νομοθεσία για τα απόβλητα.....	129
6.5. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον από τις εργασίες χρωματισμού.....	132
6.5.1. Η χρήση της TBT στα αντιρρυπαντικά υφαλοχρώματα.....	133
6.5.2. Διεθνής αντιμετώπιση του προβλήματος.....	135
6.5.3. Οι εναλλακτικές λύσεις.....	136
6.6. Μελέτη για τις συνθήκες εργασίας στον κλάδο των ψηγματοβολιστών, καθαριστών και βαφών της Ν/Ε ζώνης Περάματος.....	137
6.7. Έρευνα για την αέρια ρύπανση από ψηγματοβολές στα ναυπηγεία της Σύρου.....	140
6.7.1. Σχολιασμός – συμπεράσματα αποτελεσμάτων.....	150
6.8. Επιπτώσεις από την υδροβολή.....	151
6.9. Ψηγματοβολή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.....	152

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

7.1. Εισαγωγή.....	153
7.2. Υδροαμμοβολή.....	153
7.2.1. Υδροαμμοβολή με “κουρτίνα” νερού.....	153
7.2.2. Υδροαμμοβολή τύπου πολφού.....	154
7.2.3. Υδροαμμοβολή με εγχυση αποξεστικού.....	155
7.3. Υδροβολή.....	155

7.4. Ψηγματοβολή υπο κενό (vacuum blasting).....	156
7.5. Ψηγματοβολή κλειστού τύπου.....	157
7.6. Ψηγματοβολή με σφαιρίδια ψευδαργύρου.....	158
7.7. Ψηγματοβολή με σπογγίδια (Sponge blasting).....	158
7.8. Ξηρός πάγος (Παγοβολή).....	160
7.9. Σπασμένο γυαλί (Crushed glass).....	161
7.10. Νέες τεχνολογίες και καλύτερος εξοπλισμός για την κατακράτηση της σκόνης.....	162
7.10.1. Θάλαμοι κατακράτησης με βαρύτητα.....	162
7.10.2. Αδρανειακοί συλλέκτες.....	163
7.10.3. Υγροί συλλέκτες.....	164
7.10.4. Σακόφιλτρα.....	166
7.10.5. Ηλεκτροστατικά φίλτρα.....	167

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.1. Ανακεφαλαίωση.....	169
8.2. Συμπεράσματα.....	169
8.3. Προτάσεις.....	171

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	172
---------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	183
----------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανοικτή ξηρή ψηγματοβολή (open air blast cleaning) αποτελεί σημαντικό τομέα των εργασιών που εκτελούνται σε μια ναυπηγοεπισκευαστική (N/E) μονάδα αλλά και σε μικρές μονάδες καθαρισμού και βαφής μεταλλικών επιφανειών. Ψηγματοβολή είναι η μέθοδος καθαρισμού και τράχυνσης της επιφάνειας με εκτόξευση σωματιδίων αποξεστικού μέσου, αιωρούμενων σε ρεύμα υψηλής πίεσης. Τα σωματίδια με την πρόσπτωση στην επιφάνεια απομακρύνουν τα επιστρώματα βαφής, τα οξειδία που έχουν δημιουργηθεί, τα λάδια, τις βρωμιές, άλλες ξένες Προσμίξεις, κ.λπ. και προετοιμάζουν την επιφάνεια για βαφή. Το αποξεστικό μέσο μπορεί να είναι άμμος, ορυκτά υλικά, ψήγματα μετάλλων, κ.λπ.

Η ψηγματοβολή αποτελεί σήμερα την πλέον αποδοτική και διαδεδομένη μέθοδο καθαρισμού και προετοιμασίας προς βαφής μεταλλικών, κυρίως, επιφανειών μεγάλης κλίμακας. Το φάσμα των εφαρμογών της μεθόδου επεκτείνεται σήμαρα πολύ πιο πέρα από τον κλασικό καθαρισμό πλοίων και μεταλλικών κατασκευών και περιλαμβάνει εφαρμογές όπως η διαμόρφωση της επιφάνειας των διαστημοπλοίων με πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία, ο καθαρισμός κτιρίων, δρόμων ή αγαλμάτων, η διακόσμηση γυαλιού (βιτρό) και ξύλου ή ακόμη και η οδοντιατρική.

Ωστόσο, παρά το μεγάλος εύρος εφαρμογών της, η ψηγματοβολή παραμένει, ακόμη και σήμερα, μια εξαιρετικά ρυπογόνος εργασία, κυρίως λόγω των ποαραγόμενων αποβλήτων αποξεστικού υλικού, τα οποία προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις, τόσο στην ανθρώπινη υγεία, όσο και στο περιβάλλον. Όμως, παρά τα προβλήματα που παρουσιάζει, η ψηγματοβολή παραμένει αναντικατάστατη μέθοδος

προετοιμασίας των μεταλλικών επιφανειών, εξ' αιτίας των πολύ σημαντικών πλεονεκτημάτων της έναντι των άλλων διαθέσιμων μεθόδων καθαρισμού.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, η εφαρμοσμένη έρευνα επικεντρώνει τις προσπάθειες της στην ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας των μεταλλικών επιφανειών, με στόχους αφενός τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και αφετέρου τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια μέθοδος η οποία κερδίζει έδαφος σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες είναι η υδροβολή.

Υδροβολή είναι η μέθοδος καθαρισμού των επιφανειών διαφόρων υλικών (π.χ χάλυβα, πέτρας, τσιμέντου, πλαστικού, ξύλου) μέσω της εκτόξευσης πίδακα (τζετ) νερού από κάποιο ειδικό εργαλείο ("πιστόλι") με μεγάλη πίεση πάνω στην επιφάνεια. Χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στη ναυπηγική και N/E βιομηχανία για τον προκαταρκτικό καθαρισμό ή "πλύσιμο" (wash down) των επιφανειών των πλοίων, πριν τον κυρίως καθαρισμό, ο οποίος γινόταν και εξακολουθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό να γίνεται, με τη μέθοδο της ψηγματοβολής. Εδώ και μερικά χρόνια εφαρμογή βρίσκει και η υδροβολή μεγαλύτερων πιέσεων. Πρώτο πεδίο εφαρμογής της υδροβολής υψηλής πίεσης ήταν οι κοπές μετάλλων και πετρωμάτων (π.χ. μαρμάρου), δηλαδή η μέθοδος γνωστή ως υδροκοπή. Η χρήση της υδροβολής υψηλής πίεσης ως εναλλακτικής μεθόδου καθαρισμού και προετοιμασίας των επιφανειών έναντι της ψηγματοβολής άρχισε να υιοθετείται από τη N/E βιομηχανία μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1980, αρχικά από αμερικάνικα ναυπηγεία και ναυπηγεία της βόρειας Ευρώπης (Γερμανία, Ολλανδία).

Ο βασικός λόγος για τον οποίο αναπτύχθηκε η τεχνολογία της υδροβολής υψηλής πίεσης στη N/E βιομηχανία ήταν το πολύ αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο των χωρών αυτών σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι, η υδροβολή, η οποία παρουσίαζε τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (πλήρης απουσία σκόνης και ελαχιστοποίηση των στερεών αποβλήτων), παρουσιάστηκε ως κύρια εναλλακτική λύση έναντι της κλασικής ψηγματοβολής

Η εργασία χωρίζεται σε επτά κεφάλαια:

Στην **Πρώτο Κεφάλαιο** γίνεται μια σύντομη αναφορά στις δύο βασικές μεθόδους καθαρισμού και προετοιμασίας των μεταλλικών επιφανειών, την ψηγματοβολή και υδροβολή, αναφέροντας κάποια βασικά χαρακτηριστικά τους.

Στο **Δεύτερο Κεφάλαιο** γίνεται αναφορά για τους λόγους που μια επιφάνεια χρειάζεται συντήρηση, αναφέροντας τι είναι η οξειδωση και που εμφανίζεται αυτή καθώς και τους βαθμούς που χαρακτηρίζονται οι επιφάνειες ανάλογα με την ένταση που αυτή υπάρχει. Επίσης παρέχονται στοιχεία για τους κυριότερους τρόπους καθαρισμού που υπάρχουν καθώς και για τα επικαλυπτικά στρώματα που εφαρμόζονται αφού γίνει η κατάλληλη προετοιμασία.

Στο **Τρίτο και Τέταρτο Κεφάλαιο**, γίνεται εκτενής αναφορά για τις μεθόδους καθαρισμού, ψηγματοβολή και υδροβολή αντίστοιχα.

Στο **Πέμπτο Κεφάλαιο**, αναπτύσσονται και επισημαίνονται τα επικίνδυνα σημεία για την υγιεινή και την ασφάλεια των εργαζομένων στις εργασίες της ψηγματοβολής και υδροβολής καθώς και τις εργασίες χρωματισμού, και δίνονται κάποια μέτρα για πιθανή αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται.

Στο **Εκτο Κεφάλαιο**, γίνεται ανάπτυξη των επιπτώσεων που μπορεί να υπάρξουν κατά την διαδικασία των ψηγματοβολών, υδροβολών και του χρωματισμού τόσο στην υγεία των ανθρώπων αλλά και τις επιπτώσεις που δέχεται το περιβάλλον τόσο σε μακροχρόνια αλλά και βραχυχρόνια κλίμακα.

Στο **Εβδομο Κεφάλαιο**, περιγράφονται εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού των επιφανειών, για την εξάλειψη των προβλημάτων που προκύπτουν από τις συμβατικές μεθόδους, ή τουλάχιστον, όσο το δυνατόν μείωσή τους.

Και τέλος, στο **Όγδοο Κεφάλαιο** γίνεται μια ανακεφαλαίωση της εργασίας και συγκεντρώνονται βασικά συμπεράσματα που εξάγονται από την εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

2.1. Οι λόγοι συντήρησης των μεταλλικών επιφανειών

Είναι γνωστό ότι οποιοδήποτε κατασκεύασμα χρειάζεται συντήρηση προκειμένου να μπορεί να ανταποκριθεί στο χρόνο και κατ' επέκταση στο σκοπό για τον οποίο έχει κατασκευαστεί. Αυτό ισχύει και για το πλοίο και για οποιαδήποτε εργοστασιακή εγκατάσταση. Εάν επικεντρωθούμε στη Ναυπηγοεπισκευαστική Βιομηχανία και συγκεκριμένα στο πλοίο, είναι γνωστό ότι αν δε συντηρηθεί, αργά ή γρήγορα θα χάσει την αξία του και τη χρησιμότητά του.

Ο σημαντικότερος λόγος συντήρησης – προστασίας της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου είναι η πρόληψη της φθοράς και ζημιών που προκύπτουν από την οξείδωση του ελάσματος. Η μη σωστή συντήρηση και προστασία του πλοίου από την οξείδωση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή του, τη ρύπανση των μεταφερόμενων φορτίων ή και του περιβάλλοντος. Η φθορά που προξενεί η οξείδωση – διάβρωση στο αρχικά υπολογισμένο πάχος των στοιχείων της κατασκευής, συνεπάγεται τη μείωση της αντοχής της.

Εάν ληφθούν υπόψη και οι ισχύοντες αυστηροί κανονισμοί σχετικά με την κατάσταση της κατασκευής, είναι ευνόητο πόσο σημαντική και απαραίτητη είναι η προστασία – συντήρηση των ελασμάτων του πλοίου.

Για την αντιμετώπιση της οξείδωσης χρειάζεται προετοιμασία της επιφάνειας και στη συνέχεια η προστασία της επιφάνειας με χρωματισμό.

Όπως αναφέραμε ο εχθρός των μεταλλικών κατασκευών είναι η οξείδωση. Πώς όμως μπορεί να προστατευθεί ένα έλασμα, ή ένα μεταλλικό κατασκεύασμα γενικότερα, από την οξείδωση;

Προφανώς όταν θα μπορεί να υπάρξει ένα εμπόδιο (φράγμα) μεταξύ του ελάσματος και των εχθρικών παραγόντων που επιφέρουν τη οξείδωση.

Προκειμένου να γίνει τούτο επιστρώνεται η επιφάνεια με το κατάλληλο σύστημα χρωματισμού, το οποίο μπορεί να αποτρέψει μια σημαντική αντικατάσταση ελασμάτων στο μέλλον ή και άλλες δυσμενείς επιπτώσεις στο πλοίο, στο περιβάλλον και στον άνθρωπο κατ' επέκταση. Αυτή η μεμβράνη ή στρώμα χρώματος είναι αδιαπέραστο εμπόδιο που αποτρέπει την επαφή του ελάσματος με την υγρασία, οξυγόνο ή και χημικούς παράγοντες που δημιουργούν την οξείδωση.

Για τη επίστρωση, όμως, του κατάλληλου χρώματος και τη σωστή πρόσφυση τούτου στη μεταλλική επιφάνεια, απαιτείται κατάλληλη προετοιμασία του υποστρώματος, σύμφωνα πάντα με τις ισχύουσες προδιαγραφές. Η καταλληλότητα αυτή της επιφάνειας επιτυγχάνεται κατά κύριο και πλέον αποτελεσματικό τρόπο με την ψηματοβολή.

Η καλή προετοιμασία της μεταλλικής επιφάνειας σε συνδυασμό με το σωστό χρωματισμό είναι το κλειδί της μακράς διάρκειας καλής συμπεριφοράς των προστατευθέντων επιφανειών.

2.2. Τι είναι οξείδωση – διάβρωση

Η οξείδωση είναι λίγο πολύ το ίδιο με το να λέμε σκωρία ή σκωρίαση. Η σκωρία γίνεται όταν το μέταλλο περνά από τη διαδικασία της οξείδωσης. Ο σίδηρος και ο χάλυβας δε βρίσκονται στη φυσική τους μορφή, αλλά προέρχονται από το μέταλλευμα μαζί με κάρβουνο ή κόκ. Το σιδηρομέταλλευμα μαζί με το κάρβουνο θερμαίνονται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία στο καμίνι ή ηλεκτροκλίβανο.

Κατά την διαδικασία αυτή μεγάλα ποσά ενέργειας εισάγονται στο μέταλλωμα. Μερική από αυτή την ενέργεια αποθηκεύεται στο σίδηρο ή τον χάλυβα και κάθε τμήμα τούτων μπορεί να θεωρηθεί στο εξής σαν μια φορτισμένη μπαταρία.

Είναι γνωστό ότι όταν μια μπαταρία ξεφορτίζεται, η κάψουλα του ψευδάργυρου γύρω από στην μπαταρία καταναλώνεται και ο υγρός ηλεκτρολύτης τρέχει έξω. Αυτή η κάψουλα του ψευδάργυρου καλείται άνοδος.

Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και με το μέταλλο. Μερικά συστατικά του χάλυβα φθείρονται ή οξειδώνονται κατά την απελευθέρωση ενέργειας, δηλαδή το μέταλλο σκουριάζει. Προκειμένου να έχουμε αυτή τη δράση πρέπει να έχουμε τις ίδιες συνθήκες σε ένα έλασμα, όπως συμβαίνει και σε μια μπαταρία. Ένα ηλεκτρικό στοιχείο η μπαταρία έχει ως γνωστό δυο άκρα-πόλους (την άνοδο και την κάθοδο).

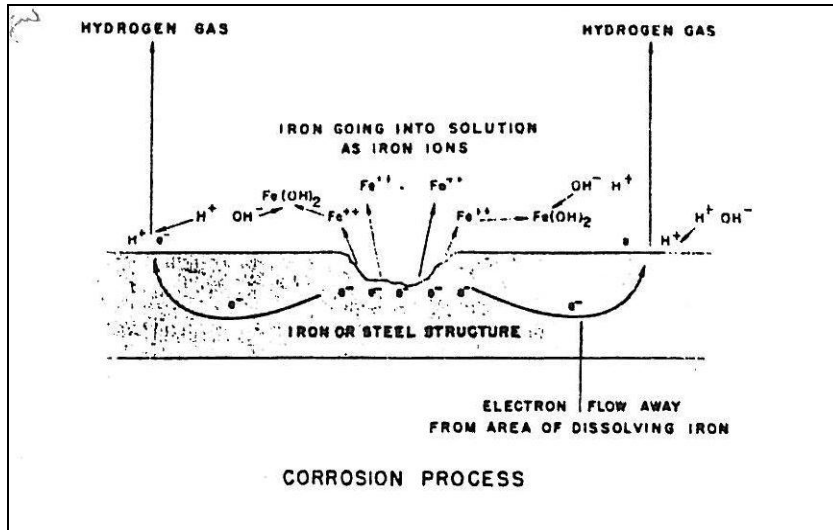
Σε μια μπαταρία έχουμε το οξύ ως ηλεκτρολύτη. Ο χάλυβας, εάν παρατηρηθεί σε μεγέθυνση, αποτελείται πλήρως από ανωμαλίες και πόρους. Σε αυτά τα σημεία η υγρασία ή το νερό είναι εύκολο να συγκεντρωθούν και έτσι με τις ακαθαρσίες του μετάλλου ή με το αλάτι δημιουργούν ηλεκτρολύτη. Επιπλέον, επειδή το οξυγόνο του αέρα αντιδρά με το σίδηρο όταν απελευθερώνεται ηλεκτρική ενέργεια, με την παρουσία του αέρα είναι φυσικό να αρχίσει η διαδικασία της διάβρωσης (Σχήματα 1 και 2).

Ένα έλασμα το οποίο δεν προστατεύεται και εκτίθεται στον αέρα και την υγρασία, εκλύει ένα μεγάλο αριθμό από μικροσκοπικά στοιχεία τα οποία μπορούν κάλλιστα να συγκριθούν με μια φορτισμένη μπαταρία. Έτσι η ενέργεια η οποία αρχικά δόθηκε για τη δημιουργία του μετάλλου, εκλύεται, με αποτέλεσμα να δημιουργείται σκωρία. Χημικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η σκωρία είναι το ίδιο με το σιδηρομέταλλωμα. Ο κύκλος έχει ολοκληρωθεί και είμαστε στην αρχή της φυσικής κατάστασης στην οποία ο σίδηρος και ο χάλυβας συναντώνται.

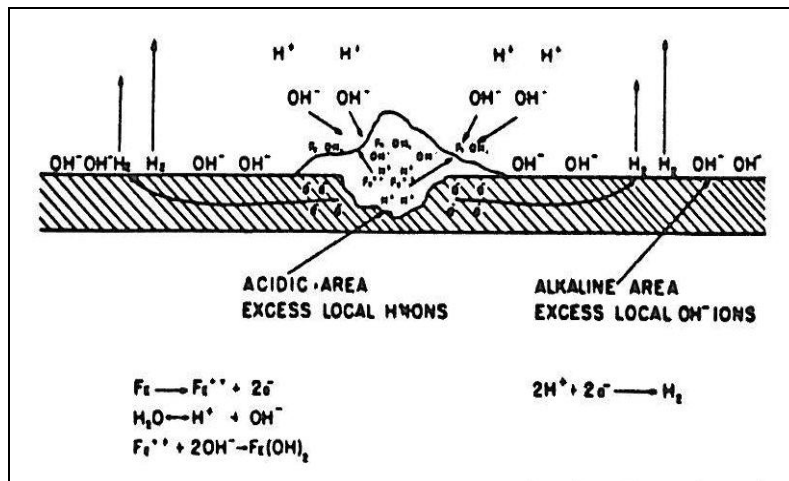
Με άλλα λόγια, η οξείδωση είναι μια φυσική ηλεκτροχημική αντίδραση (INE) που γίνεται από :

- Μια ανοδική αντίδραση
- Μια καθοδική αντίδραση
- Έναν ηλεκτρολύτη (νερό ή υγρασία) και
- Μια αγώγιμη επιφάνεια (έλασμα)

Εξαλείφοντας μια από αυτές τις αντιδράσεις αποφεύγουμε την οξείδωση. Η εφαρμογή ενός συστήματος χρωματισμού δρα σαν εμπόδιο μεταξύ του αέρα, της υγρασίας (πολύ περισσότερο της θάλασσας) και του μεταλλικού υποστρώματος, επιτυγχάνοντας έτσι μια επιβράδυνση ή σταμάτημα της καθοδικής αντίδρασης.



Σχήμ 2.1 : Τυπικό διάγραμμα της διαδικασίας της διάβρωσης.



Σχήμα 2.2 : Διάγραμμα διαδικασίας της διάβρωσης δείχνοντας τις οξικές και αλκαλικές περιοχές.

Η αποτελεσματικότητα των προστατευτικών χρωμάτων και σχετικών προϊόντων που εφαρμόζονται στα μέταλλα, επηρεάζονται σημαντικά από την κατάσταση της επιφάνειας του ελάσματος, ακριβώς πριν αρχίσει η βαφή.

Οι κύριοι συντελεστές που είναι γνωστό ότι επιδρούν σε αυτή τη διαδικασία είναι:

- Η παρουσία της σκωρίας και καλαμίνας.
- Η παρουσία ρύπων της επιφάνειας, συμπεριλαμβανομένων των αλάτων, σκόνης, λαδιών και λιπαρών ουσιών.
- Το προφίλ της επιφάνειας.

Η καλαμίνα (mill scale) είναι η επιφανειακή οξείδωση που παρουσιάζουν τα ελάσματα, δοκάρια, σωλήνες, κ.λπ. όταν εξέρχονται καινούργια από το εργοστάσιο παραγωγής. Είναι χρώματος μαύρου και είναι αρκετά σκληρή. Ο λόγος που πρέπει να αφαιρείται είναι επειδή από τα διάφορα ραγίσματα στο στρώμα της καλαμίνας, η οξείδωση εισχωρεί στο εσωτερικό του μετάλλου, με αποτέλεσμα τη διάβρωση.

Περαιτέρω οξείδωση της καλαμίνας παρουσιάζει μια κίτρινη πούδρα και το επόμενο στάδιο οξείδωσης είναι πιο έντονη η παρουσία της κίτρινης πούδρας με την ταυτόχρονη απολέπιση του στρώματος της καλαμίνας.

2.2.1. Συνθήκες που επιταχύνουν τη διάβρωση

Δυο είναι τα απαραίτητα στοιχεία για τη διάβρωση του γυμνού μετάλλου: α) η υγρασία και β) το οξυγόνο. Άλλα στοιχεία, όπως τα άλατα, οι βρωμιές, ο θερμός αέρας, διάφορα αέρια, οξέα, ρύπανση, κ.λπ. επιταχύνουν τη διάβρωση. Όλα αυτά τα στοιχεία είναι παρόντα στο περιβάλλον της θάλασσας. Επιπλέον, η διάβρωση επιταχύνεται σε κάποιες συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως :

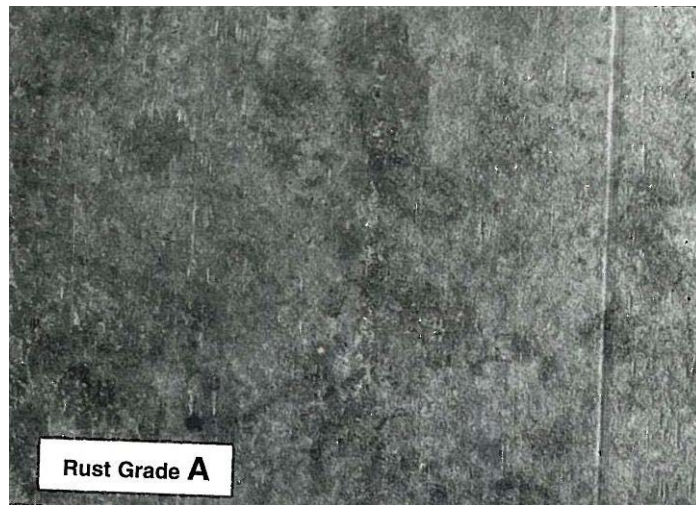
- ❖ Κακή αποστράγγιση σωλήνων και δεξαμενών, με αποτέλεσμα την παγίδευση νερού και διαβρωτικών διαλυμάτων.
- ❖ Κοφτερές γωνίες σε δοκάρια, ενισχυτικά, κ.λπ. που αν δεν στρογγυλέψουν πριν την βαφή, προκαλούν ελάττωση του πάχους βαφής στα συγκεκριμένα σημεία.
- ❖ Κοιλότητες, κενά και ανωμαλίες στις ραφές συγκόλλησης που δεν μπορούν να καλυφθούν επαρκώς από τη βαφή.

2.2.2. Βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών

Η επιτυγχάνομενη ποιότητα καθαρισμού εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από τον βαθμό οξείδωσης της επιφάνειας. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της κατάστασης της οξείδωσης των επιφανειών πριν τον καθαρισμό τους με κάποια συγκεκριμένη μέθοδο. Σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO 8501 (International Standard: ISO8501-1:1998) έχουν καθοριστεί τέσσερις βαθμοί οξείδωσης (A, B, C και D) για την χαλύβδινη επιφάνεια και τέσσερις βαθμοί προετοιμασίας της επιφάνειας (Sa 1, Sa 2, Sa 2^{1/2} και Sa 3 - αυτοί παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο πιο επισταμένα) για καθέναν από τους βαθμούς οξείδωσης.

Οι τέσσερις βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών είναι οι εξής :

- Βαθμός οξείδωσης A: Χαλύβδινη επιφάνεια, πλήρως καλυμμένη από καλά προσκολλημένη σκουριά ελάστρου (καλαμίνα), χωρίς καθόλου άλλη σκουριά (Εικόνα 2.1).



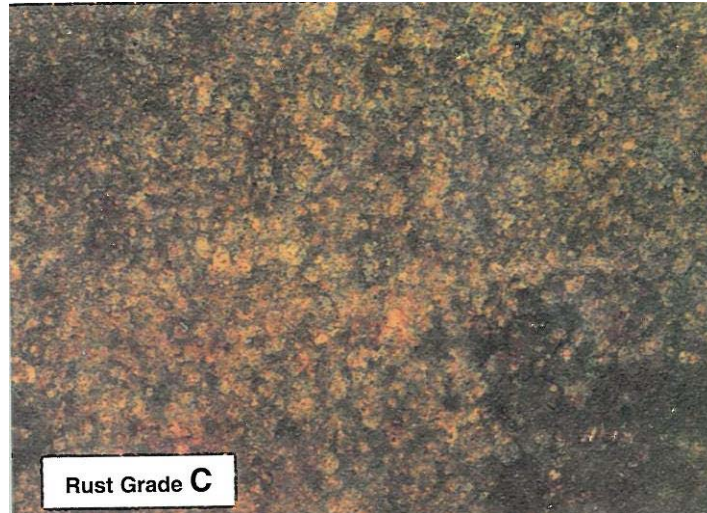
Εικόνα 2.1 : Βαθμός οξείδωσης A

- Βαθμός οξείδωσης B: Χαλύβδινη επιφάνεια, η οποία έχει αρχίσει να οξειδώνεται και της οποίας η καλαμίνα έχει αρχίσει να αποφλοιώνεται (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 : Βαθμός οξείδωσης B

- Βαθμός οξείδωσης C: Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση ή μπορεί να αποκολληθεί με ξύσιμο και η οποία έχει μόνο λίγους βελονισμούς (pitting=ευλογίαση της επιφάνειας, δηλαδή η ύπαρξη μικρών λάκκων), ορατούς με γυμνό μάτι (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 : Βαθμός οξείδωσης C

- Βαθμός οξείδωσης D: Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση και η οποία έχει πολλούς βελονισμούς, που φαίνονται με γυμνό μάτι (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4 : Βαθμός οξείδωσης D

2.2.3. Που παρουσιάζεται η διάβρωση

Η διάβρωση μπορεί να εμφανιστεί οπουδήποτε σε ένα πλοίο. Για τα εξωτερικά μέρη, διακρίνονται τρεις ξεχωριστές ζώνες διάβρωσης (Ανδρόνικος, 2000):

- **Ύφαλη ζώνη (“βρεχάμενα”):** Τα ύφαλα του πλοίου είναι συνεχώς βυθισμένα στο θαλασσινό νερό. Διάφορα θαλάσσια ζώα και φυτά προσκολλούνται εκεί και, εκτός από το γεγονός ότι μεγαλώνει η διάβρωση, προκαλούν και ελάττωση της αρχικής ταχύτητας πλεύσης των πλοίων. Παρά τον καθαρισμό και επαναβαφή των υφάλων τους, τα πλοία έχουν χάσει οριστικά το 7 έως 14% της αρχικής ταχύτητάς τους, επειδή η επιφάνεια των ελασμάτων, που κατεργάστηκαν, δεν μπορεί να αποκτήσει την αρχική της λειότητα. Επιπλέον, ρύποι που προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως λάδια και χημικές κηλίδες επιτίθενται στο χάλυβα.
- **Ίσαλος ζώνη:** Η ζώνη πάνω από την ίσαλο γραμμή εκτίθεται σε νέφη αλάτων, υγρασία, ρύπανση και στις ηλιακές ακτίνες που σπάνε το φιλμ της βαφής.
- **Ατμοσφαιρική ζώνη:** Η υπερκατασκευή, όπως τα stacks, masts, spars, ραντάρ και ηχητικές συσκευές, είναι εκτεθειμένη στις καιρικές συνθήκες, στα άλατα, στις υπεριώδεις ακτινοβολίες, σε καπνούς και αέρια που κατακάθονται πάνω στις επιφάνειες.

Τα πλοία αντιμετωπίζουν επίσης τον κίνδυνο φθοράς από προσκρούσεις σε διάφορα άλλα αντικείμενα ή από πλεύση σε αβαθή νερά. Καθώς τα στρώματα των βαφών αποξέονται, το μέταλλο εκτίθεται στην επίθεση της διάβρωσης. Όσον αφορά στα εσωτερικά μέρη ενός πλοίου, η διάβρωση μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις δεξαμενές, στα αμπάρια, στις σωληνώσεις, κ.λπ.

2.3. Γιατί βιάφονται τα πλοία

Ο κύριος λόγος για τη βιάφη ενός πλοίου είναι η δημιουργία ενός φράγματος μεταξύ του υποστρώματος (μέταλλου) και των στοιχείων εκείνων που προκαλούν τη διάβρωση. Τα κύρια στοιχεία στο θαλασσινό περιβάλλον είναι το θαλασσινό νερό, τα άλατα, το οξυγόνο, η ρύπανση και ο ήλιος. Η βιάφη ενός πλοίου εξυπηρετεί τρεις κύριους σκοπούς :

1. Προστασία της επιφάνειας.

Αν η χαλύβδινη επιφάνεια ενός πλοίου αρχίσει να σκουριάζει, τότε όλη η κατασκευή μπαίνει σε κίνδυνο από τη διάβρωση. Η βιάφη δημιουργεί ένα προστατευτικό φιλμ (μεμβράνη) έναντι της φθοράς και της διάβρωσης.

2. Λειτουργικοί λόγοι.

Οι βιάφες χρησιμεύουν σε διάφορους σκοπούς εκτός της προστασίας από τη διάβρωση, όπως :

- **Μαρκαρίσματα ασφαλείας**
Ορισμένα χρώματα χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για γρήγορη αναγνώριση σε έκτακτη ανάγκη:
Κόκκινο: εξοπλισμός πυρασφάλειας
: προσοχή/φυσικός κίνδυνος.
Πράσινο: εξοπλισμός ασφαλείας.
- **Επιβράδυνση πυρκαγιάς.**
Ορισμένα χρώματα μπορούν να καθυστερήσουν τη διάδοση της πυρκαγιάς και για αυτό χρησιμοποιούνται στους χώρους διαμονής ενός πλοίου για να παρέχουν ένα επιπλέον βαθμό ασφαλείας.
- **Αντιρρυπαντικές ουσίες (antifouling).**
Η ανάπτυξη θαλάσσιων οργανισμών στα ύφαλα των πλοίων μπορεί να προκαλέσει επιτάχυνση της διάβρωσης, ελάττωση της ταχύτητας και αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων κατά 10-20%. Η χρήση των αντιρρυπαντικών χρωμάτων για την προστασία από τη ρύπανση από τη θάλασσα, είναι επομένως πολύ σημαντική μείωση του κόστους.
- **Προστασία από θόρυβο**

3. Διακοσμητικοί λόγοι.

Αν και οι λόγοι αισθητικής είναι γενικά δευτερεύουσας σημασίας στα χρώματα των πλοίων, η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος και άνετων συνθηκών εργασίας επιτρέπει στο πλήρωμα του πλοίου να εργάζεται πιο αποτελεσματικά και με λιγότερη κούραση.

2.4. Η σημασία της μικροτραχύτητας

Ο ρόλος της δημιουργούμενης μικροτραχύτητας στην αντιδιαβρωτική προστασία και στην απόδοση των επιστρωμάτων βαφής που πρόκειται να εφαρμοσθούν στην επιφάνεια, είναι πολύ σημαντικός (Andronikos, et al, 1997). Τα χαρακτηριστικά της μικροτραχύτητας και η καθαρότητα της επιφάνειας αποτελούν τους κύριους παράγοντες για την ποιότητα της πρόσφυσης και την προστασία από τη διάβρωση (Griffiths, Bleile et al, 1985), ενώ η σημασία τους θεωρείται σήμερα μεγαλύτερη ακόμη και από εκείνη της ποιότητας των προστατευτικών επικαλύψεων (αντιδιαβρωτικά χρώματα).

Για παράδειγμα, αν η μικροτραχύτητα είναι πολύ βαθιά απαιτείται πολύ μεγαλύτερη ποσότητα χρώματος ώστε να καλυφθούν όλες οι κορυφές, οι οποίες αν μείνουν εκτεθειμένες μπορούν να προκαλέσουν γρήγορα αστοχία του χρώματος. Αν, αντίθετα, η μικροτραχύτητα της επιφάνειας είναι πολύ ρηχή, δημιουργούνται προβλήματα στην πρόσφυση του χρώματος και επίσης γρήγορη αστοχία του.

Με την ψηγματοβολή επιτυγχάνεται επιφάνεια καθαρή, απαλλαγμένη από χρώματα και οξειδώσεις, κατάλληλης τραχύτητας ώστε να προσφουθεί ισχυρά σε αυτή το χρώμα ή η χημική ένωση. Τα χαρακτηριστικά της δημιουργούμενης μικροτραχύτητας της επιφάνειας (surface profile ή microroughness) εξαρτώνται από μια σειρά παραμέτρων όπως: το κοκκομετρικό μέγεθος του χρησιμοποιούμενου αποξεστικού, το σχήμα του (γωνιώδες ή σφαιρικό), το ειδικό βάρος του, την ταχύτητα πρόσπτωσης στην επιφάνεια, τη διάρκεια καθαρισμού και την αρχική κατάσταση της προς καθαρισμό επιφάνειας.

2.4.1. Ορισμοί και φυσική σημασία των παραμέτρων μικροτραχύτητας

Ο πλήρης χαρακτηρισμός της τραχύτητας και των χαρακτηριστικών της (βάθος, μορφή, συχνότητα, πτύχωση κ.λπ.) δεν μπορεί να επιτευχθεί με τον υπολογισμό μιας μόνο παραμέτρου (Modis et al, 2002). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται μια σειρά παράμετροι, καθεμιά από τις οποίες εκφράζει ορισμένα χαρακτηριστικά τραχύτητας.

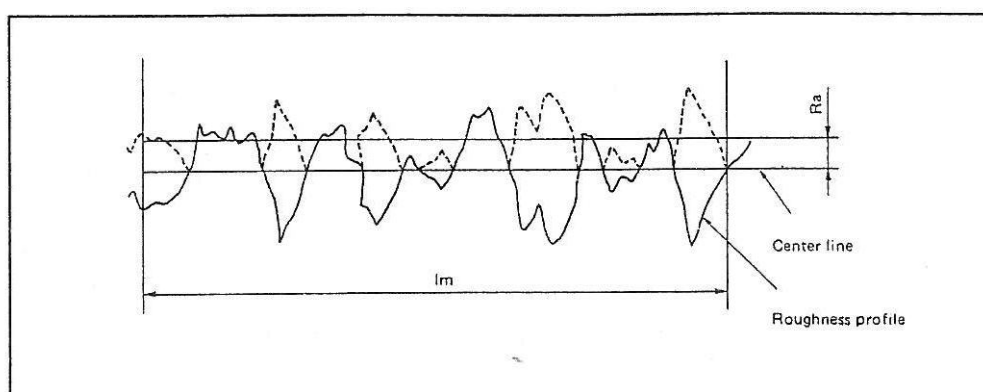
Γενικά, οι παράμετροι μικροτραχύτητας μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που μετρούν. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις παραμέτρους πτύχωσης, όπως R_a , R_q , R_t , R_z , R_p , κ.λπ., που καθορίζονται από τα ύψη των κορυφών ή/και των κοιλάδων των ανωμαλιών της επιφάνειας, ανεξάρτητα από την οριζόντια θέση τους. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις χωρικές παραμέτρους, όπως τις Δa , Δq , λa , λq , τp , κ.λπ., οι οποίες καθορίζονται και από τις παραμέτρους εύρους και διαστήματος (Bayliss, 1985; Kandeil et al, 1989).

Ακολούθως δίνονται ορισμοί παραμέτρων μικροτραχύτητας σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO 8503-4.

Το μήκος εκτίμησης l_m ορίζεται ως το μήκος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των παραμέτρων τραχύτητας της επιφάνειας και το οποίο συνήθως περιέχει αρκετά μήκη δειγματοληψίας l_e . Ένας αριθμός 5 συνεχών τέτοιων μηκών θεωρείται κανονικός.

R_a : Είναι η καθιερωμένη και πλέον χρησιμοποιούμενη διεθνώς παράμετρος της τραχύτητας. Μαθηματικά ορίζεται ως ο αριθμητικός μέσος των απόλυτων τιμών των αποστάσεων της τραχύτητας από τη μέση γραμμή (Σχήμα 2.3) μέσα στο μήκος εκτίμησης :

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |f(x)| dx$$



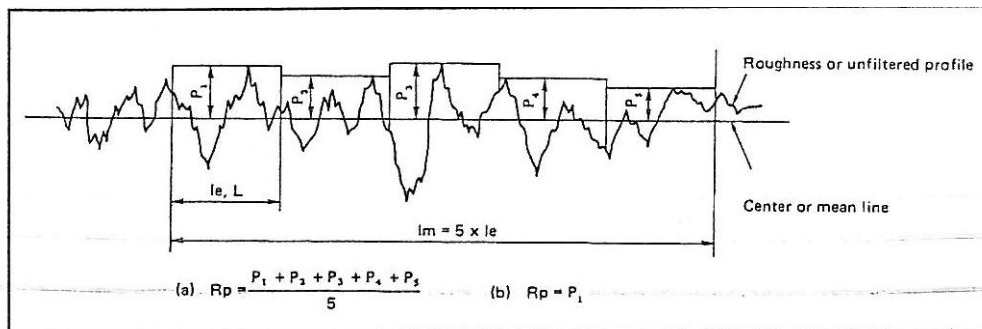
Σχήμα 2.3 : Σχηματική αναπαράσταση της παραμέτρου R_a

Όμως, το Ra δεν δίνει πρακτικές πληροφορίες για το σχήμα των ανωμαλιών της τραχύτητας. Αυτό σημαίνει ότι, επιφάνειες που δίνουν προφίλ με το ίδιο Ra μπορούν να είναι τελείως διαφορετικές και επομένως να έχουν διαφορετικούς βαθμούς διάβρωσης ή διαφορετική συμπεριφορά στην πρόσφυση του χρώματος.

Rq : Είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής των τετραγώνων των αποστάσεων της τραχύτητας από τη μέση γραμμή, μέσα στο μήκος εκτίμησης :

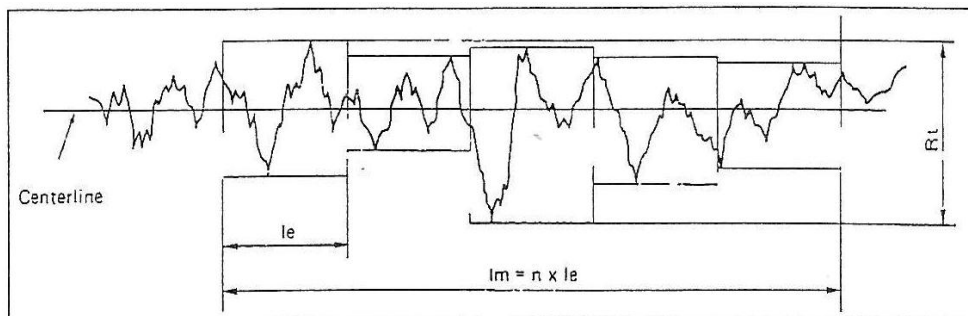
$$Rq = \sqrt{\frac{1}{lm} \int_0^{lm} f(x)^2 dx}$$

Rp : Είναι ο αριθμητικός μέσος των τιμών των αποστάσεων της πιο ψηλής κορυφής από τη μέση γραμμή, σε κάθε μήκος δειγματοληψίας (Σχήμα 4) μέσα στο μήκος εκτίμησης. Θεωρείται, επομένως, η παράμετρος που εκφράζει το ανάγλυφο του προφίλ της επιφάνειας.



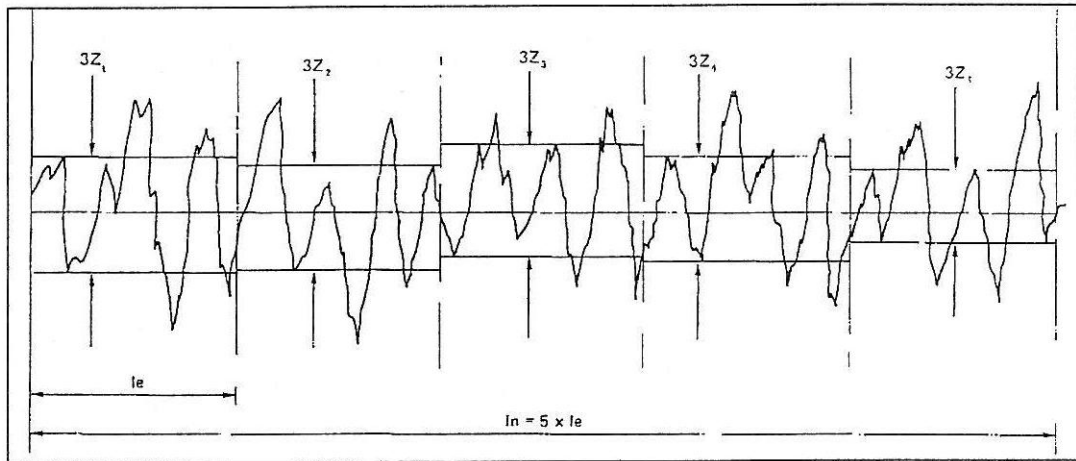
Σχήμα 2.4 : Σχηματική αναπαράσταση της παραμέτρου Rp

Rt : Είναι η απόσταση μεταξύ της ψηλότερης κορυφής και της πιο βαθιάς κοιλάδας (Σχήμα 5) μέσα στο μήκος εκτίμησης. Κατά συνέπεια, θεωρείται ως η παράμετρος που εκφράζει τη μέγιστη απόσταση της τραχύτητας της επιφάνειας.



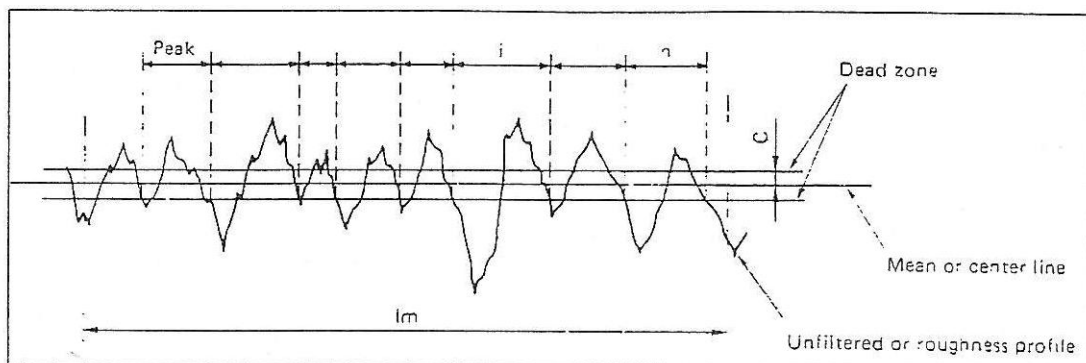
Σχήμα 2.5 : Σχηματική αναπαράσταση της παραμέτρου Rt

R3z : Είναι η μέση τιμή της τρίτης ψηλότερης κορυφής προς την τρίτη χαμηλότερη κοιλάδα (Σχήμα 2.6) μέσα στα μήκη δειγματοληψίας που περιέχονται στο μήκος εκτίμησης.



Σχήμα 2.6 : Σχηματική αναπαράσταση της παραμέτρου R3z

Pc : Εκφράζει τον αριθμό των κορυφών, που προεξέχουν (peak count) πάνω από ένα επιλεγμένο εύρος τιμών (που αναγράφεται στη μέτρηση), το οποίο έχει κέντρο τη μέση γραμμή (Σχήμα 2.7). Ο αριθμός αυτός μετράται για όλο το μήκος της εκτίμησης, παρόλο που τα αποτελέσματα δίνονται σε κορυφές ανά cm (ή ανά ίντσα). Επομένως, η παράμετρος αυτή πρέπει να μετράται για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μήκος εκτίμησης.



Σχήμα 2.7 : Σχηματική αναπαράσταση της παραμέτρου Pc

2.5. Προετοιμασία της επιφάνειας για επικάλυψη με αντιδιαβρωτικά και αντιρρυπαντικά χρώματα

Μόνον όταν η χαλύβδινη επιφάνεια προετοιμασθεί, έτσι ώστε να μας εξασφαλίσει καλή και σταθερή πρόσφυση του συστήματος βαφής, τότε είναι σίγουρη η μεγάλης διάρκειας προστασία. Η ισχυρή πρόσφυση του επιστρώματος στην χαλύβδινη επιφάνεια απαιτεί τον πλήρη καθαρισμό της επιφάνειας και την ελαφριά τράχυνση της επιφάνειας του προστατευόμενου χάλυβα.

Τα μεν προϊόντα της διάβρωσης και οι ακαθαρσίες δημιουργούν τοπικά γαλβανικά στοιχεία, με συνέπεια την επιτάχυνση καταστροφής του συστήματος βαφής, η δε ελαφριά αύξηση της τραχύτητας της επιφάνειας σημαίνει αύξηση της επιφάνειας επαφής με συνέπεια την καλύτερη πρόσφυση.

Πάντως, το σύστημα βαφής και η προετοιμασία της επιφάνειας θα πρέπει να βρίσκονται πάντα σε αλληλεξάρτηση, και η σημασία της κατάλληλης προετοιμασίας της επιφάνειας δεν μπορεί να υπερτονισθεί.

Η κατάλληλη προετοιμασία της χαλύβδινης επιφάνειας είναι εξαιρετικής σπουδαιότητας για τη βέλτιστη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης που πρόκειται να βαφεί. Λέγοντας προετοιμασία επιφάνειας εννοούμε την εις βάθος απομάκρυνση όλων των ακαθαρσιών (όπως είναι η σκόνη, η σκουριά, τα διάφορα λίπη, τα διαλυόμενα άλατα και οποιοδήποτε άλλο ξένο σωματίδιο), οι οποίες επιδρούν στην αποδοτικότητα του συστήματος βαφής. Λέγοντας ξένα σωματίδια εννοούμε διάφορα διαλυτά άλατα νερού και κατάλοιπα από ηλεκτροσυγκόλληση και τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν μόνο με πλύσιμο της επιφάνειας.

Οι μέθοδοι προετοιμασίας της επιφάνειας (Βασιλείου Π – Ανδρεόπουλος Α., 2004) διακρίνονται στους παρακάτω τομείς :

1. Απολίπανση (degreasing).
2. Απομάκρυνση του στρώματος οξειδίων ή της καλαμίνας (millscale) με έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον (removal of millscale (oxide layer) by weathering).
3. Μηχανικός καθαρισμός (mechanical cleaning)
4. Καθαρισμός με ψηγματοβολή (blast cleaning).
5. Καθαρισμός με φλόγα (flame cleaning).
6. Καθαρισμός με εμβάπτιση σε οξέα (pickling)

2.5.1. Απολίπανση (degreasing)

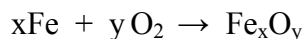
Η διαδικασία της απολίπανσης περιλαμβάνει την απομάκρυνση μεγάλων ποσοτήτων λίπους και λαδιών, όσο είναι δυνατό, με τη μέθοδο της απόξεσης. Στη συνέχεια απομακρύνονται οι διάφορες παραμένοντες ουσίες με τη χρήση οργανικών διαλυτικών ή απορρυπαντικών σε υδατική διάλυση (συνδυασμένων μερικές φορές με γαλακτοποιημένα οργανικά διαλυτικά).

Η απομάκρυνση κάθε ίχνους λίπους ή λαδιού από την επιφάνεια που πρόκειται να βαφεί κρίνεται απολύτως απαραίτητη, διότι τα λίπη θα χαλάσουν την πρόσφυση του συστήματος βαφής, θα προκαλέσουν ανομοιογένεια στην επιφάνεια και έτσι προδιαθέτουν για διάβρωση με βελονισμούς.

Τα οργανικά διαλυτικά που χρησιμοποιούνται για τον παραπάνω σκοπό είναι: ακετόνη, αλκοόλες, βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο, τριχλωροαιθυλένιο, τετραχλωράνθρακας, χλωρομεθυλένιο και επιλέγονται ανάλογα με το είδος της μεταλλικής επιφάνειας και το οικονομικό σκέλος της εργασίας.

2.5.2. Απομάκρυνση του στρώματος οξειδίων ή καλαμίνας (millscale) με την έκθεση στο εξωτερικό περιβάλλον (removal of millscale by weathering)

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής θερμικά ανοπτημένων χαλύβδινων ελασμάτων ο θερμός χάλυβας αντιδρά με το O₂ και σχηματίζει οξείδια κατά την αντίδραση:



Τα σχηματιζόμενα υπό μορφή στρώματος οξείδια είναι όπως ξέρουμε τα : Fe₂O, Fe₃O₄, FeO. Αυτό το στρώμα οξειδίων που ποικίλει σε πάχος και σύνθεση ανάλογα με τη θερμοκρασία έλασης και το μέγεθος του χάλυβα, ονομάζεται καλαμίνα (millscale).

Η μέθοδος απομάκρυνσης της καλαμίνας με τη βοήθεια των καιρικών συνθηκών είναι η παλαιότερη και απαιτεί την έκθεση των ελασμάτων στο ανοικτό περιβάλλον. Αν αυτό συμβαίνει κατά τη συναρμολόγηση των ελασμάτων και κατά την ανέγερση του πλοίου, η διαδικασία ονομάζεται “δόμηση στη σκουριά” (building in the rust).

Κατά την διάρκεια της “δόμησης στη σκουριά” ενός πλοίου οι επιφάνειες των ελασμάτων προσβάλλονται από άλατα της θάλασσας μεταφερόμενα με τον αέρα. Τα άλατα αυτά δεν απομακρύνονται τελείως με χειρονακτικές μεθόδους καθαρισμού (ματσακόνι, βούρτσες) και η παραμονή τους είναι καταστροφική για το σύστημα βαφής που θα χρησιμοποιηθεί.

Αν η καλαμίνα δεν απομακρυνθεί από την χαλύβδινη επιφάνεια, λόγω της κακής πρόσφυσής της στο μεταλλικό υπόστρωμα, το χρώμα χάνει πιο σύντομα την πρόσφυσή του στην επιφάνεια και, λόγω της διαφοράς δυναμικού μεταξύ της καλαμίνας και του χάλυβα, δημιουργείται γαλβανικό στοιχείο και η καταστροφή του συστήματος βαφής επιταχύνεται (Σχήμα 2.8). Έτσι λοιπόν χειρονακτικές μέθοδοι καθαρισμού χαλύβδινων επιφανειών δεν προτείνονται, όπου το σύστημα βαφής πρόκειται να εκτεθεί σε θαλάσσιο περιβάλλον, όπως είναι τα ναυπηγεία.

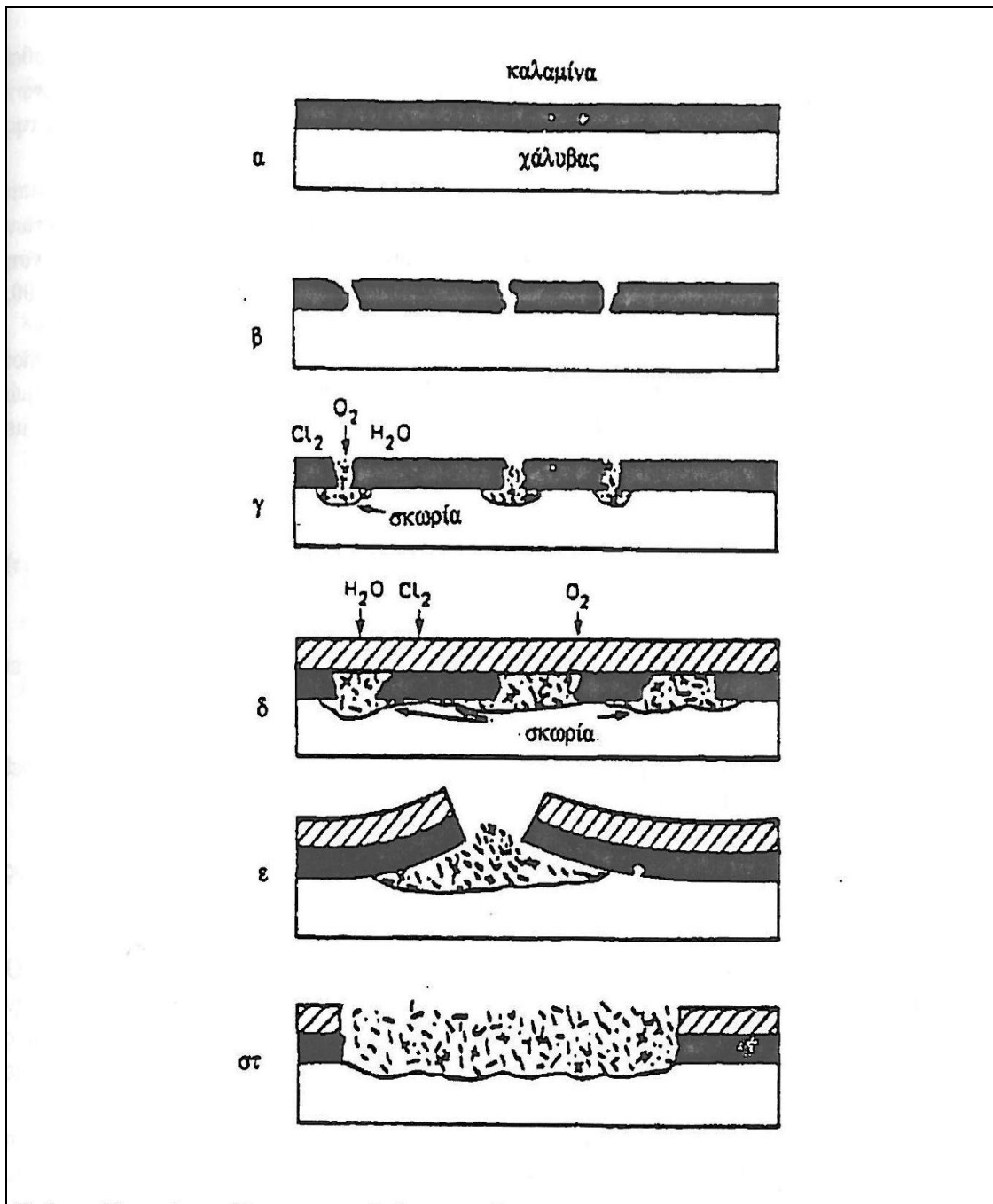
2.5.3. Μηχανικός τρόπος προετοιμασίας (mechanical cleaning)

2.5.3.1. Καθαρισμός με εργαλεία χειρός

Η απολίπανση των επιφανειών, όπου είναι απαραίτητη, θα έπρεπε πάντα να προηγείται του καθαρισμού με εργαλεία χειρός. Κοινώς χρησιμοποιούμενα εργαλεία καθαρισμού είναι τα ματσακόνια (chipping hammers), κοπίδια (scrapers), μηχανήματα εξομάλυνσης (chisels) κ.α. Όταν η επιφάνεια έχει απελευθερωθεί από την χαλαρώς προσκολλημένη σκουριά, το χαλαρό χρώμα και τις διάφορες ακαθαρσίες, βουρτσίζεται με συρματοβούρτσες ή τρίβεται με αποξεστικές ουσίες (σφυριδόπανα).

Στη συνέχεια, αφαιρείται η σκόνη με καθαρό πεπιεσμένο αέρα ή με μια μαλακιά βούρτσα. Το πρώτο στρώμα βαφής θα έπρεπε να επιχρισθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά τον καθαρισμό της επιφάνειας.

Ο καθαρισμός με εργαλεία χειρός είναι κατάλληλος μόνον για την απομάκρυνση της χαλαρής σκουριάς, της χαλαρής καλαμίνας, των φυλλιδίων μπογιάς και άλλων επιφανειακών ακαθαρσιών. Χρησιμοποιείται μόνον για τοπικές επισκευές ή σε μέρη του πλοίου απρόσιτα στον μηχανικό καθαρισμό και στον καθαρισμό με ψηγματοβολή, επειδή είναι μια διαδικασία με πολύ ένταση και ποιοτικώς κατώτερη.



Σχήμα : Τυπικό παράδειγμα αποφλοιώσης χρώματος σε επιφάνεια με καλαμίνα σε θαλάσσια ατμόσφαιρα. (α) Θερμικά ανοπτημένος χάλυβας με καλαμίνα, (β) Ρηγμάτωση της καλαμίνας λόγω ψύξης και χρησιμοποίησης του χάλυβα, (γ) Διάβρωση του χάλυβα κατά την αποθήκευση, (δ) Η σκόρπια σκουριά απομακρύνεται και επιχρίεται το χρώμα, (ε) Εισχώρηση υγρασίας και χλωριόντων κάτω από την σκουριά και την καλαμίνα αρχίζει να αποφλοιώνεται το επίστρωμα (στ).

Σχήμα 2.8

2.5.3.2. Μηχανικός καθαρισμός με χρήση ηλεκτροκίνητων εργαλείων

Η απολίπανση, όπου αυτή χρειάζεται, θα έπρεπε να προηγείται του μηχανικού καθαρισμού με εργαλεία, ο οποίος εκτελείται μέσω αεροκίνητων (πνευματικών) και φορητών ηλεκτρικών εργαλείων. Η δράση του καθαρισμού επιτυγχάνεται ή με πρόσκρουση ή με περιστροφή ή με συνδυασμό και των δύο. Τα συνηθισμένα εργαλεία καθαρισμού κρούσης είναι οι σφύρες σμίλευσης/απολέπισης, ενώ τα εργαλεία καθαρισμού περιστροφής είναι ευθείες ή κάθετες μηχανές. Τονίζεται ότι πρέπει να αποφεύγεται ο παρατεταμένος διάρκειας καθαρισμός με περιστροφικά εργαλεία, γιατί οδηγεί σε εξαιρετικά λεία επιφάνεια, με αποτέλεσμα να μειώνεται η πρόσφυση του χρώματος στο μέταλλο.

Μετά τον μηχανικό καθαρισμό με εργαλεία, ακολουθεί η απομάκρυνση της σκόνης και κατόπιν όσο το δυνατόν γρηγορότερα η επίχριση του πρώτου στρώματος βαφής.

Προφανώς ο μηχανικός καθαρισμός με εργαλεία είναι λιγότερο χρονοβόρος και δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τον χειρονακτικό μηχανικό καθαρισμό. Είναι όμως, ακριβότερος από τον καθαρισμό με ψηγματοβολή, ιδίως για μεγάλες επιφάνειες. Επίσης, εκτός των εργαλείων περιστροφικής κρούσης, με τον μηχανικό καθαρισμό επιτυγχάνεται στην καλύτερη περίπτωση μερική απομάκρυνση της καλαμίνας.

Για τους παραπάνω λόγους ο μηχανικός καθαρισμός με εργαλεία χρησιμοποιείται κυρίως για τοπικές επισκευές, απομάκρυνση σκουριάς μικρών περιοχών, επεξεργασία κατεστραμμένων ή καμένων περιοχών και ραφών συγκόλλησης (weldging seams)

Παράλληλα, σύμφωνα με το ISO 8501 (International Standard: ISO 8501-1:1998), κανονισμοί με λεπτομερείς περιγραφές και κατάλληλα φωτογραφικά παραδείγματα ορίζουν βαθμούς προετοιμασίας επιφανειών που έχουν υποστεί μηχανικό καθαρισμό (St):

- St 2 Λεπτομερής καθαρισμός με εργαλεία χειρός ή εργαλεία ισχύος.

Όταν η επιφάνεια εξετάζεται χωρίς μεγέθυνση, πρέπει να είναι απαλλαγμένη από ορατά λάδια, λίπη, ακαθαρσίες και ελαφρώς προσκολλημένη καλαμίνα, επιστρώματα βαφής και ξένα υλικά.

- St 3 Πολύ λεπτομερής καθαρισμός με εργαλεία χειρός ή με εργαλεία ισχύος.

Ισχύει ό,τι ισχύει και για το βαθμό προετοιμασία St 2 , με τη διαφορά ότι τώρα η επιφάνεια θα υποστεί πιο λεπτομερή προετοιμασία ώστε να αποκτήσει μια μεταλλική λάμψη.

Υπάρχει, επίσης, και ο βαθμός προετοιμασίας St 1, ο οποίος αναφέρεται σε επιφάνειες ακατάλληλες για βαφή.

2.5.4. Καθαρισμός με ψηγματοβολή

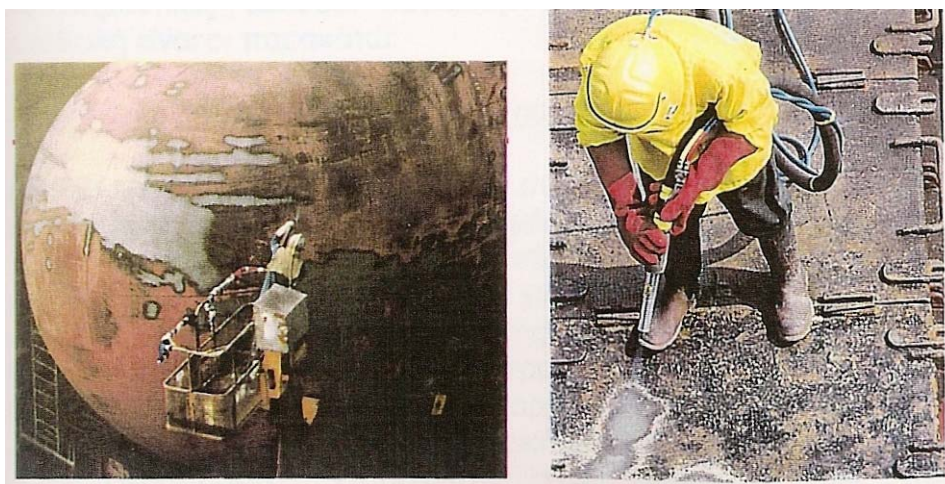
Χωρίς αμφιβολία, ο καθαρισμός μεταλλικών επιφανειών με ψηγματοβολή αποτελεί την πιο συνηθισμένη μέθοδο προετοιμασίας των χαλύβδινων επιφανειών, με ικανοποιητικά αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις.

Πριν εφαρμοσθεί η παραπάνω διαδικασία καθαρισμού, όπου είναι απαραίτητη, η επιφάνεια θα έπρεπε να έχει απολιπανθεί, να έχουν απομακρυνθεί η

καλαμίνα, τα υπόλοιπα των συγκολλήσεων και όλες οι τυχόν ακαθαρσίες, έτσι ώστε η επιφάνεια να έχει γίνει λεία.

Μετά τον καθαρισμό με ψηγματοβολή η επιφάνεια ελευθερώνεται από την σκόνη και το πρώτο στρώμα βαφής επιχρίεται όσο το δυνατό πιο γρήγορα.

Κατά την ψηγματοβολή (Εικόνα 2.5) πραγματοποιείται πρόσκρουση με μεγάλη ταχύτητα μικρών μεταλλικών ή ορυκτών σωματιδίων (ψηγμάτων) πάνω στην χαλύβδινη επιφάνεια που επιθυμούμε να καθαρίσουμε. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές της μεθόδου, οι διαφορές των οποίων συνίσταται στο μέγεθος των χρησιμοποιούμενων ψηγμάτων, στο μέσο μεταφοράς τους (π.χ. νερό, αέρας) και στον τύπο και είδος του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού. Η επιλογή της κατάλληλης παραλλαγής της μεθόδου εξαρτάται από τα είδη των ακαθαρσιών, τα υπολείμματα καλαμίνας και τα διάφορα παλιά φθαρμένα και κατεστραμμένα επικαλυπτικά συστήματα. Η επιφάνεια που θα προκύψει δεν πρέπει να είναι εξαιρετικά λεία, αλλά τραχειά και σε τέτοιο βαθμό ώστε να επιτυγχάνεται η ικανοποιητική πρόσφυση του χρώματος στο μέταλλο.



Εικόνα 2.5: Ψηγματοβολή σε μεταλλικά ελάσματα του πλοίου

Σημαντικοί παράγοντες για έναν σωστό καθαρισμό με ψηγματοβολή είναι:

- ο Κατάλληλη επιλογή ψήγματος (υλικό, μέγεθος, πιθανή ρύπανση)
- ο Έγκαιρη απομάκρυνση σκόνης και ακαθαρσιών
- ο Κατάλληλη πίεση βολής
- ο Ξηρός αέρας (όταν χρησιμοποιείται)
- ο Κατάλληλη αναλογία ψήγματος και μέσου μεταφοράς (αέρας ή νερό).

Οι πιο σημαντικές μέθοδοι καθαρισμού των μεταλλικών επιφανειών με ψηγματοβολή είναι οι παρακάτω :

2.5.4.1. Ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων (*nozzle blasting*)

Στη μέθοδο αυτή, η οποία εφαρμόζεται συνήθως για τον καθαρισμό μεγάλων επιφανειών, τα ψήγματα προωθούνται μέσω πεπιεσμένου αέρα (*compressed air*). Ειδικότερα, όταν εφαρμόζεται σε πλοία και πλωτές κατασκευές, η όλη εργασία πραγματοποιείται σε ανοιχτούς χώρους χωρίς να γίνεται ανακύκλωση των ψηγμάτων. Γενικά, η εφαρμογή της μεθόδου σε ανοιχτούς χώρους θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς προκαλείται μόλυνση του γειτονικού περιβάλλοντος από τη σκόνη και τα

απορρίμματα που δημιουργούνται από τα μη ανακυκλώσιμα ψήγματα, ενώ σημαντική είναι και η ηχορύπανση. Επίσης, οι γύρω φρεσκοβαμμένες κατασκευές, εάν υπάρχουν, θα πρέπει να προστατεύονται από τη σκόνη που παράγεται.

Πρόσφατες παραλλαγές της μεθόδου κάνουν χρήση συστημάτων τα οποία ελαττώνουν την σκόνη που απελευθερώνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η προσθήκη νερού ή ατμού στο ρεύμα αέρα-ψηγμάτων.

Μια άλλη σημαντική παραλλαγή της μεθόδου είναι η ταυτόχρονη ψηγματοβολή σε συνδυασμό με επίχρισή ασταριού (blast-cleaning/priming system). Στη μέθοδο αυτή γίνεται καθαρισμός της επιφάνειας με ψηγματοβολή με τη βοήθεια ορυκτών ψηγμάτων και ταυτόχρονη επίχριση της με το πρώτο στρώμα βαφής. Αυτό το στρώμα ξηραίνεται αρκετά γρήγορα, είναι εποξικό και περιέχει ενώσεις του ψευδαργύρου (zinc epoxie primer). Πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η γρήγορη αποπεράτωση της εργασίας και η δυνατότητα επίχρισης ακόμα και υγρών επιφανειών υπό μη ευνοϊκές καιρικές συνθήκες. Από την άλλη, βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι η βαφή ακολουθεί αμέσως μετά την ψηγματοβολή, με αποτέλεσμα την αδυναμία ελέγχου της τελικής ποιότητας της επιφάνειας. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις το χρώμα περιέχει αδρανή ψήγματα τα οποία ελαττώνουν την πρόσφυση του στην επιφάνεια. Γενικά, η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη μόνο για επίπεδες επιφάνειες, ενώ σε μη επίπεδες περιοχές γίνεται αρχικά προ-ψηγματοβολή και μετά εφαρμόζεται η μέθοδος.

2.5.4.2. Ψηγματοβολή με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστή (*impeller/centrifugal blasting*)

Τα ψήγματα (σφαιρικά συνήθως) εκτοξεύονται προς την επιφάνεια του χάλυβα από φυγόκεντρες μηχανές με εξωθητήριους τροχούς (*impeller wheels*), ενώ ταυτόχρονα μηχανές κινούνται σε όλη την έκταση της επιφάνειας. Συνήθως, ο χάλυβας προθερμαίνεται μέχρι τη θερμοκρασία των 35-40 °C και, αμέσως αφού απομακρυνθεί η μηχανή, καλύπτεται με ένα αστάρι προσωρινής προστασίας για το χρόνο ανέγερσης του πλοίου. Τα χρησιμοποιούμενα ψήγματα διαχωρίζονται από τυχόν ακαθαρσίες σε ένα ειδικό διαχωριστήρα και στη συνέχεια επαναχρησιμοποιούνται, αποφεύγοντας με τον τρόπο αυτό την περιβαλλοντική μόλυνση.

Ο βαθμός τραχύτητας της τελικής επιφάνειας του χάλυβα καθορίζεται από την ταχύτητα με την οποία η μηχανή διατρέχει την επιφάνεια και από τη φύση και τον κύκλο ανανέωσης του ψήγματος. Εξαιτίας του σφαιρικού σχήματος των σωματιδίων, η τελική επιφάνεια είναι συνήθως πιο λεία από εκείνη που προκύπτει από την ψηγματοβολή με χρήση ακροφυσίων. Τραχεία επιφάνεια μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη ψηγμάτων πολλαπλών εδρών (*grits*), αλλά αυτό αποφεύγεται λόγω προβλημάτων που δημιουργούνται στα πτερωτά στροφία των φυγόκεντρων μηχανών.

Αξιοσημείωτο είναι ότι υπάρχουν ειδικοί τύποι φορητών μηχανών καθαρισμού με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστού, οι οποίοι διαθέτουν, μεταξύ άλλων, μονάδες για τις πλευρές και τα καταστρώματα των πλοίων. Οι μονάδες για τη γάστρα του πλοίου είναι δυνατόν να στηριχτούν σε ένα κινητό γερανό και με αυτόν τον τρόπο να προσεγγίσουν και δουλέψουν σε όλη την έκταση της επιφάνειας της γάστρας, ακόμα και των μεγάλων πλοίων. Τα πλεονεκτήματα των φορητών αυτών μηχανών είναι η χωρίς μόλυνση και σκόνη λειτουργία τους, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ψηγμάτων και η μη ενόχληση άλλων συγχρόνως εκτελούμενων γειτονικών εργασιών. Τα μειονεκτήματά τους είναι η περιορισμένη χρήση τους εκεί όπου συναντώνται ασυνέχειες (γωνίες ή προεξοχές), η συχνή συντήρησή τους και οι συσσωματώσεις των ψηγμάτων σε συνθήκες υγρασίας.

2.5.4.3. Ψηγματοβολή εν κενώ (*Vacuum blasting*)

Κατά τον καθαρισμό εν κενώ, ο αέρας και τα ψήγματα προωθούνται σε μια πλαστική υποδοχή. Τα χρησιμοποιημένα ψήγματα και η σκόνη που δημιουργείται ρίπτονται πίσω από τη μονάδα εκτόξευσης, όπου και πραγματοποιείται διαχωρισμός και ανακύκλωση των ψηγμάτων. Λόγω αυτής της ανακύκλωσης, η διαδικασία καθαρισμού εν κενώ παράγει σκόνη και προκαλεί μόλυνση.

Γενικά, η μέθοδος αυτή είναι η πιο χρονοβόρος από όλες τις μεθόδους καθαρισμού με βολή, αλλά επιτυγχάνει σε γενικές γραμμές ένα ικανοποιητικό βαθμό καθαρότητας της μεταλλικής επιφάνειας. Άλλα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι οι δυσκολίες που παρουσιάζονται σε γωνιακές περιοχές, καθώς και το επίπονο της εργασίας όταν γίνεται χρήση κινητού εξοπλισμού. Για τους λόγους αυτούς, ο καθαρισμός εν κενώ χρησιμοποιείται σε τοπικές επισκευές και για τον καθαρισμό ραφών συγκόλλησης.

2.5.4.4. Καθαρισμός με υδροβολή (*Water blasting*)

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ένας εκτοξευτήρας νερού υψηλής πίεσης (περίπου 150 ως 300 bar). Ο καθαρισμός με νερό υψηλής πίεσης εφαρμόζεται σε εργασίες συντήρησης της γάστρας των πλοίων. Με τη μέθοδο αυτή απομακρύνονται θαλάσσιοι οργανισμοί που προσκολλώνται πάνω στην επιφάνεια της γάστρας λόγω του φαινομένου της ρύπανσης, η ελαφρώς προσκολλημένη σκουριά και τα υδατοδιαλυτά άλατα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ειδικός εξοπλισμός, η παραπάνω διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί με αρκετά υψηλότερη πίεση, της τάξης των 3000 bar. Η μέθοδος τότε ονομάζεται υδρο-εκτόξευση (*hydro-jetting*) και επιτυγχάνει την απομάκρυνση ακόμα και των παλαιών στρωμάτων βαφής και πολύ καλά προσκολλημένης σκουριάς. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα απομάκρυνσης παλιών στρωμάτων βαφής στις περιοχές εκείνες που εμείς επιθυμούμε. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν θέλουμε να απομακρύνουμε κάποιο ανώτερο στρώμα βαφής, χωρίς να υποστούν ζημιά τα στρώματα που βρίσκονται κάτω από αυτό. Επίσης με υδρο-εκτόξευση απομακρύνονται στρώματα θερμοπλαστικών χρωμάτων που με άλλες μεθόδους ψηγματοβολής δεν είναι δυνατόν να απομακρυνθούν.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο καθαρισμός της επιφάνειας όταν γίνεται με συνδυασμό πεπιεσμένου αέρα, νερού και ψήγματος. Τότε η διαδικασία ονομάζεται υδατο-ψηγματοβολή (*wet abrasive blast-cleaning*) και το μέσο μεταφοράς είναι ο πεπιεσμένος αέρας. Τα τρία συστατικά (αέρας-νερό-ψήγμα) αναμειγνύονται ελεγχόμενα πριν προωθηθούν στην προς καθαρισμό επιφάνεια, ενώ ο βαθμός καθαρισμού είναι εξαιρετικός (λευκό μέταλλο/*white metal*). Πολλές φορές, το χρησιμοποιούμενο νερό περιέχει ειδικές ουσίες (*επιβραδυντές/inhibitors*) που καθυστερούν την εμφάνιση διάβρωσης στην επιφάνεια του χάλυβα που μόλις έχει καθαριστεί. Απαιτείται, όμως, μεγάλη προσοχή στην επιλογή αυτών των επιβραδυντών διάβρωσης γιατί πρέπει να είναι απόλυτα συμβατοί με το επικαλυπτικό σύστημα που θα εφαρμοστεί μετέπειτα, διαφορετικά εμφανίζονται φλύκταινες (*φουσκάλες*), ιδιαίτερα στα βυθισμένα μέρη των πλοίων και των πλωτών κατασκευών.

Η μέθοδος καθαρισμού με υδροβολή είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος απομάκρυνσης των αλάτων από τις επιφάνειες υπό ρύπανση. Παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως ο αποτελεσματικότερος καθαρισμός της επιφάνειας, η δυνατότητα εφαρμογής της κάτω από συνθήκες υγρασίας, η μικρή ποσότητα

ψήγματος που χρησιμοποιείται, η αποφυγή περιβαλλοντικής μόλυνσης και η ασφάλεια της μεθόδου. Κύριο μειονέκτημά της είναι το γεγονός ότι μετά τον καθαρισμό η επιφάνεια είναι υγρή και σίγουρα ακατάλληλη για την επίχριση κάποιου χρώματος, εκτός αν χρησιμοποιηθούν ειδικά αστάρια ανθεκτικά στην υγρασία.

2.5.4.5. Καθαρισμός με αμμοβολή (sand blasting)

Κατά τη μέθοδο αυτή, ο καθαρισμός γίνεται με εκτόξευση σωματιδίων άμμου πάνω στη μεταλλική επιφάνεια. Αποτέλεσμα της πρόσκρουσης είναι η αφαίρεση παλαιότερων επιστρωμάτων και οξειδίων, καθώς και η επίτευξη κατάλληλης τραχύτητας ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη πρόσφυση της βαφής πάνω στο μέταλλο.

2.5.5. Καθαρισμός με φλόγα (Flame cleaning)

Κατά τη διαδικασία αυτή, φλόγα οξυγόνου-ακετυλενίου πέφτει στην χαλύβδινη επιφάνεια και η θερμική διαστολή που πραγματοποιείται μεταξύ του χάλυβα και της καλαμίνης ή της σκουριάς προκαλεί την απομάκρυνση των τελευταίων. Η ταχύτητα της φλόγας πάνω στη χαλύβδινη επιφάνεια εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας και δύναται να ποικίλλει μεταξύ των τιμών 1 έως 5 m/min. Χαμηλές ταχύτητες πρέπει να χρησιμοποιηθούν για ελάσματα πολύ οξειδωμένα ή για βαμμένα ελάσματα. Η αναλογία μεταξύ ακετυλενίου και οξυγόνου θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην εναποτίθενται ποσότητες αιθάλης (καπνιάς) πάνω στα ελάσματα (οξειδωτική φλόγα). Πριν τον καθαρισμό με φλόγα πρέπει να απομακρυνθούν τα στρώματα σκουριάς με απόξεση, ενώ μετά τον καθαρισμό η επιφάνεια πρέπει να περαστεί με μηχανική συρματόβουρτσα.

Πάντως με τη μέθοδο αυτή δεν απομακρύνονται πλήρως η καλαμίνη και η σκουριά, ενώ το τελικό αποτέλεσμα είναι σχετικά φτωχό. Για τον λόγο αυτό ο καθαρισμός με φλόγα είναι ακατάλληλος, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν συστήματα βαφής υψηλής ποιότητας. Απαιτείται προσοχή κατά την εφαρμογή της μεθόδου, λόγω υψηλού κινδύνου φωτιάς (δεν εφαρμόζεται σε πλωτές κατασκευές).

Ο καθαρισμός με φλόγα προτιμάται συνήθως όταν για οποιοδήποτε λόγο ο καθαρισμός με βολή είναι αδύνατον ή ανεπίτρεπτο να εφαρμοσθεί, π.χ. όταν η βαφή πρόκειται να πραγματοποιηθεί σε υγρές καιρικές συνθήκες.

Σύμφωνα με τους Διεθνείς Κανονισμούς ISO 8501-1(1988), ο βαθμός προετοιμασίας της επιφάνειας που επιτυγχάνεται με τον καθαρισμό με φλόγα περιγράφεται και συμβολίζεται ως εξής:

F1 καθαρισμός με φλόγα

Η επιφάνεια του χάλυβα, όταν εξετάζεται χωρίς μεγεθυντικό φακό, θα πρέπει να είναι απαλλαγμένη από την καλαμίνη, τη σκουριά, παλαιά βαφή και από ξένα υλικά (υδατοδιαλυτά άλατα, κατάλοιπα) συγκολλήσεων. Οποιαδήποτε εναπομείναντα κατάλοιπα θα φαίνονται μόνον ως αποχρωματισμός της επιφάνειας (σκιές διαφορετικών χρωμάτων).

2.5.6. Καθαρισμός με εμβάπτιση σε οξέα (Pickling)

Κατά τη διαδικασία αυτή, η επιφάνεια του χάλυβα εμβαπτίζεται σε θερμό λουτρό οξέων, με τη βοήθεια των οποίων καθαρίζεται η σκουριά. Επίσης, στην εμβάπτιση προστίθενται επιβραδυντές προκειμένου να αποφευχθεί η άμεση προσβολή του μετάλλου από το οξύ. Πριν εφαρμοσθεί η παραπάνω μέθοδος, ο χάλυβας πρέπει να απολιπανθεί και να απαλλαγθεί από τη σκόνη (σε μεγάλο ποσοστό). Η απολίπανση συνήθως πραγματοποιείται σε θερμό λουτρό.

Αμέσως μετά την εφαρμογή της μεθόδου ο χάλυβας ξεπλένεται με φρέσκο καθαρό νερό για να απομακρυνθούν τα κατάλοιπα του οξέος. Αν αυτό δεν γίνει προσεκτικά και λεπτομερώς, το σύστημα βαφής μπορεί να αστοχήσει πρόωρα. Μετά το ξέπλυμα ο χάλυβας παθητικοποιείται με ζεστό φωσφορικό οξύ.

Ο χάλυβας που προκύπτει είναι πιο λείος από αυτόν που καθαρίζεται με ψηγματοβολή.

Πάντως, η μέθοδος καθαρισμού με εμβάπτιση σε οξέα εφαρμόζεται ελάχιστα (ως καθόλου) στα ναυπηγεία, διότι απαιτεί μεγάλου μεγέθους δεξαμενές και παράγει βλαβερά και διαβρωτικά αέρια. Επίσης, λόγω των τεχνικών και οικονομικών προβλημάτων που προκύπτουν λόγω της αποθήκευσης ισχυρών οξέων και οξυγόνου, που απαιτούν υψηλή κατανάλωση νερού.

Συνήθως η μέθοδος εφαρμόζεται από ειδικές βιομηχανίες, όπως οι σωληνοουργικές.

Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες καθαρισμού με εμβάπτιση σε οξέα είναι οι παρακάτω :

- i) Μέθοδος θεικού οξέος (εμβάπτιση)/φωσφορικού οξέος (παθητικοποίηση).
- ii) Μέθοδος υδροχλωρικού οξέος/φωσφορικού οξέος.
- iii) Μέθοδος φωσφορικού οξέος/φωσφορικού οξέος.

2.5.7. Σύνοψη - Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, συγκρίνοντας όλες τις παραπάνω μεθόδους καταλήγουμε στα εξής :

- Στις εφαρμογές της ναυπηγικής, η καλαμίνα και η σκουριά μπορούν να αφαιρεθούν τελείως από τη χαλύβδινη επιφάνεια μόνο με την ψηγματοβολή και με την εμβάπτιση σε οξέα.
- Όταν οι χαλύβδινες επιφάνειες είναι αρκετά διαβρωμένες και εμφανίζουν βελονισμό, τότε η πιο αποτελεσματική μέθοδος προετοιμασίας τους είναι η υδατο-ψηγματοβολή, ακολουθούμενη από την υδρο-ριπή.
- Ο καθαρισμός με φλόγα είναι ποιοτικά κατώτερος από πλευράς αποτελεσμάτων σε σχέση με την ψηγματοβολή και τον καθαρισμό με εμβάπτιση σε οξέα, και για το λόγο αυτό δε θεωρείται κατάλληλη μέθοδος στην περίπτωση εφαρμογής επικαλυπτικών συστημάτων υψηλής ποιότητας. Το πλεονέκτημα της μεθόδου με φλόγα, όμως, είναι ότι εξασφαλίζει ζεστή και στεγνή επιφάνεια, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν η προετοιμασία της επιφάνειας και η βαφή γίνονται σε συνθήκες υγρασίας.
- Ο μηχανικός καθαρισμός είναι μια ιδιαίτερα χρονοβόρος μέθοδος, ενώ γενικά δίνει χαμηλό βαθμό καθαρότητας της επιφάνειας. Επιπλέον, με εξαίρεση ορισμένους τύπους περιστροφικών εργαλείων κρούσης, η

καλά προσκολλημένη καλαμίνα δεν απομακρύνεται. Γενικά, ο μηχανικός καθαρισμός χρησιμοποιείται σε τοπικές επισκευές και για την προετοιμασία κατεστραμμένων ή καμένων περιοχών ραφών συγκόλλησης.

- Η απομάκρυνση της καλαμίνας με έκθεση στις καιρικές συνθήκες είναι μια εξαιρετικά αργή μέθοδος με μη ικανοποιητικά αποτελέσματα σε αρκετές περιπτώσεις. Η μέθοδος αυτή, όπως και ο μηχανικός καθαρισμός, δεν χρησιμοποιούνται στην περίπτωση εφαρμογής επικαλυπτικών συστημάτων υψηλής ποιότητας. Είναι αποδεκτές, όμως, για συμβατικά χρώματα επειδή η καθαρότητα της επιφάνειας δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην αντοχή των επιστρωμάτων αυτών. Συνιστάται, πάντως, η προετοιμασία της επιφάνειας να γίνεται με ψηγατοβολή και για τα συμβατικά χρώματα.

2.6. Προετοιμασία επιφάνειας συγκολλήσεων

Οι συγκολλήσεις της κατασκευής ενός πλοίου αποτελούν ένα εξαιρετικά σημαντικό τμήμα, το οποίο συχνά παραμελείται όταν πρόκειται να βαφεί ένα πλοίο (Βασιλείου Π.- Ανδρεόπουλος Α., 2004).

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η πράξη έχει δείξει, ότι η πρώτη περιοχή της κατασκευής, στην οποία αστοχεί η βαφή είναι αυτή των συγκολλήσεων. Συμβαίνει στην κατασκευή ενός πλοίου μια συγκόλληση να γίνει αποδεκτή κατασκευαστικά (αντοχή), ενώ η επιφάνειά της είναι ακατάλληλη για να επιστρωθεί με κάποιο χρώμα.

Προκειμένου να μη συμβεί το παραπάνω θα πρέπει η επιφάνεια μιας συγκόλλησης να είναι συνεχής και απαλλαγμένη από τρύπες (pinholes), προεξοχές (sharp projection) και υπερβολικές υποκοπές (εσοχές). Συγκεκριμένα, όπου είναι δυνατό, θα πρέπει να απομακρυνθούν τα κατάλοιπα των συγκολλήσεων (weld spatters) γιατί εισχωρούν στο φιλμ του επιστρώματος και προκαλούν την αποφλοιώσή του. Επειδή τα κατάλοιπα των συγκολλήσεων είναι πιθανόν να είναι αλκαλικά, σαπωνοποιούν τον φορέα των χρωμάτων (χρώματα λαδιού) και τον καταστρέφουν. Ενθαρρύνουν την υποχώρηση και άλλων χρωμάτων. Γενικά, οι συγκολλήσεις θα πρέπει να καθαρίζονται με ψηγατοβολή για να φύγουν οι διάφορες ακαθαρσίες και όλα τα προαναφερθέντα.

Τέλος, οι διάφορες τρύπες ή εσοχές πρέπει να γεμίζονται με κάποιο υλικό (εποξειδικό 2 συστατικών, επανασυγκολλήσεις). Το τρίψιμο (βούρτσισμα) της επιφάνειας μιας συγκόλλησης δεν πρέπει να προχωρήσει πολύ, διότι μπορεί να εξασθενήσει τη συγκόλληση. Προτείνεται, επίσης, η επικάλυψη της περιοχής των συγκολλήσεων με ένα επιπλέον στρώμα ασταριού (primer) ως πρόσθετη προφύλαξη έναντι της διάβρωσης.

2.7. Βαφή

Μετά τον καθαρισμό της επιφάνειας ακολουθεί η βαφή (Stoye D. Et al, 1993). Η μέθοδος εξαρτάται από το μέγεθος της μεταλλικής επιφάνειας και το είδος του επιχρίσματος.

Οι τρόποι βαφής συνοψίζονται παρακάτω:

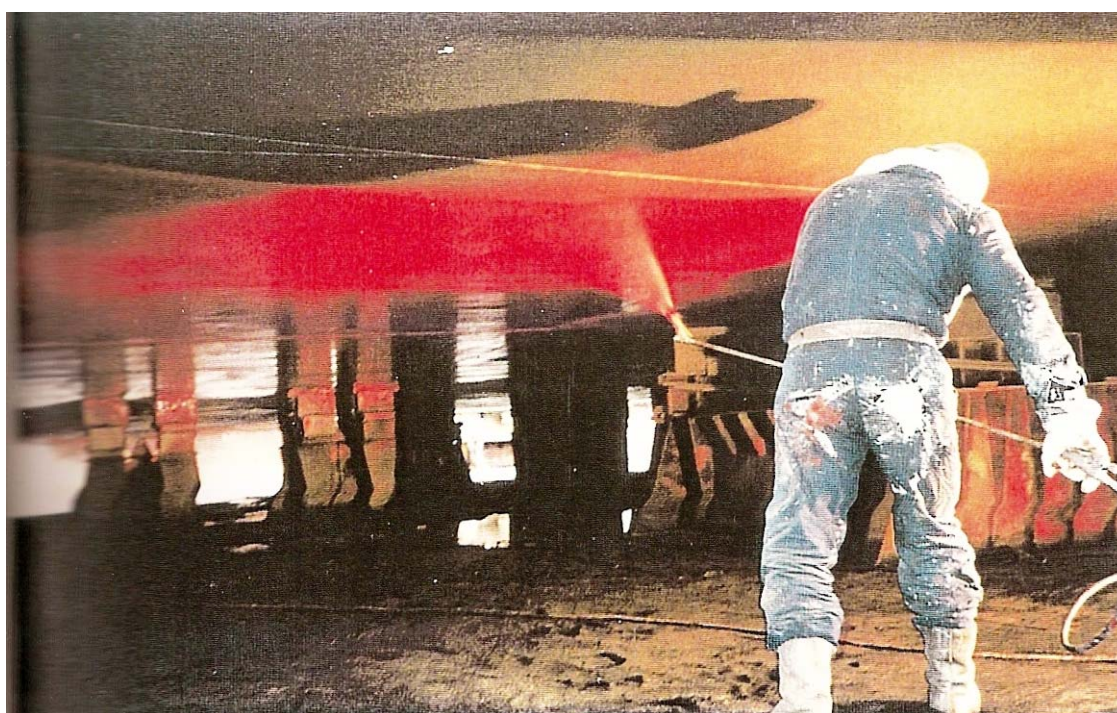
α) Πινέλο ή ρολό: Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για μικρές επιφάνειες, μια και απαιτεί πολλές ανθρωποώρες για να γίνει. Βαφή με πινέλο γίνεται σε ορισμένα

τμήματα μεγάλων επιφανειών, που θέλουν προσοχή εξαιτίας γεωμετρικού σχήματος και είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στη διάβρωση. Αυτόματα μηχανικά ρολά χρησιμοποιούνται για πλατιές επιφάνειες.

β) Εκνέφωση (Spraying): Η εκνέφωση (Εικόνες 2.6 και 2.7) μπορεί να πραγματοποιηθεί με ή χωρίς αέρα και θέρμανση, ενώ εφαρμόζεται κυρίως σε βιομηχανική κλίμακα. Είναι ταχύτερη και θεωρείται καλύτερη από τη βαφή με πινέλο ή ρολό, καθώς μεγάλες επιφάνειες καλύπτονται γρήγορα και ομοιόμορφα. Μειονέκτημα της μεθόδου, όμως, είναι οι σημαντικές απώλειες χρώματος που εξαρτώνται από την πείρα του χειριστή, το μέγεθος και τη γεωμετρία των προς βαφή μεταλλικών επιφανειών, την ένταση του ανέμου που επικρατεί στο χώρο της βαφής, την πίεση ψεκασμού του χρώματος, τα χαρακτηριστικά του επικαλυπτικού υλικού και την απόσταση του ακροφυσίου της διάταξης από τη μεταλλική επιφάνεια. Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο χρόνο επαναβαφής μεταξύ των διαδοχικών στρωμάτων, ο οποίος υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή τους.



Εικόνα 2.6: Ψεκασμός στα εξωτερικά ελάσματα του πλοίου με τη βοήθεια μηχανικού μπράτσου τύπου “cherry picker”



Εικόνα 2.7: Επίστρωση χρώματος με εκνέφωση στον πυθμένα πλοίου

Στην εκνέφωση με αέρα είναι σημαντικό να παρέχεται μόνο η απαιτούμενη ποσότητα αέρα, καθώς περίσσειά του μπορεί να προκαλέσει υπερβολική κατανάλωση της μπογιάς και αναπήδησή της πάνω στη μεταλλική επιφάνεια. Η συνήθης απόσταση του πιστολιού από την επιφάνεια είναι 15-20cm (6-8 inch) και η κανονική πίεση ψεκασμού είναι 2,8-5,6kg/cm² (40-80psi).

Η θερμή εκνέφωση και η χωρίς αέρα εκνέφωση (με πίεσεις σημαντικά υψηλότερες της τάξης των 176-246 Kg/cm²) εμφανίζουν περισσότερα μειονεκτήματα και οδηγούν σε επιστρώματα μεγαλύτερου πάχους. Μια άλλη παραλλαγή της μεθόδου είναι η ηλεκτροστατική εκνέφωση, κατά την οποία προηγείται φόρτιση της επιφάνειας με φορτίο αντίθετο εκείνου των κolloειδών σωματιδίων του χρώματος. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι μπορεί να απλωθεί μόνο ένα στρώμα.

γ) Εμβάπτιση: Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τα μεταλλικά μέρη των αυτοκινήτων ή μηχανών, που δεν απαιτούν καλή εμφάνιση. Τελευταία, εφαρμόζεται κατά την εμβάπτιση η μέθοδος της ηλεκτροφόρισης, όπου το αντιδιαβρωτικό χρώμα, που αποτελείται από δίπολα μόρια ή μοριακά κolloειδή, έλκεται από το κατάλληλα φορτισμένο κομμάτι.

δ) Θέρμανση: Η ξήρανση των χρωμάτων, που έχουν διαλυτικό, γίνεται με θερμαινόμενους από ρεύμα αέρα φούρνους, όπου ο αέρας συγχρόνως θερμαίνει και παρασύρει και τους ατμούς που παράγονται. Όταν το χρώμα είναι από ρητίνες, που απαιτούν ψήσιμο σε υψηλές θερμοκρασίες, τότε χρησιμοποιούνται ειδικές εγκαταστάσεις. Τώρα εφαρμόζονται τεχνικές με ακτινοβολίες υπέρυθρων, όπου γίνεται γρήγορη ανύψωση της θερμοκρασίας χωρίς να πειραχτεί το μεταλλικό υπόστρωμα και οι μηχανικές του ιδιότητες.

Γενικά, πρέπει να σημειωθεί, ότι ο τρόπος και το σύστημα βαφής έχει άμεση σχέση με το είδος της μεταλλικής κατασκευής και τις ιδιότητες του χρώματος.

2.8. Αντιδιαβρωτικά χρώματα

Εισαγωγή (Stoye D. Et al, 1993).

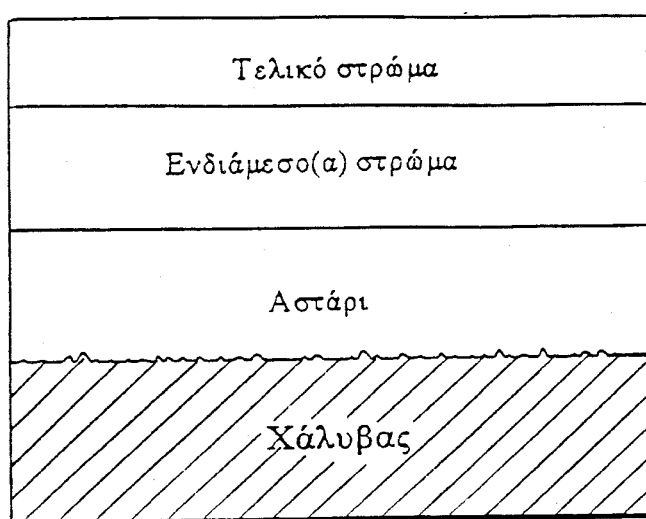
Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα είναι από τα υλικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο στα μέταλλα. Υπολογίστηκε, ότι περίπου το 50% των μεταλλικών επιφανειών, που απαιτούν επιφάνεια χωρίς πόρους, με καλή εμφάνιση και με προστατευτικές ιδιότητες, καλύπτονται με κάποιο είδος αντιδιαβρωτικού χρώματος και το 40% με πορώδη αντιδιαβρωτικά. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλα επικαλυπτικά (επιμεταλώσεις, ανοδιώσεις κ.τ.λ.)

Ως αντιδιαβρωτικό επίστρωμα μπορούμε να ορίσουμε ένα ρευστό μέσο, ικανό να εφαρμοστεί ή να απλωθεί πάνω σε μια συμπαγή επιφάνεια στην οποία βαθμιαία ξηραίνεται και σκληραίνει, ώστε τελικά να δημιουργηθεί ένα προσκολλημένο, συνεχές στρώμα υπό μορφή μεμβράνης. Τα αντιδιαβρωτικά επιστρώματα, ή χρώματα όπως απλούστερα αποκαλούνται, είναι μίγματα πολλών υλικών, καθένα από τα οποία με τη σειρά του έχει κατασκευαστεί ώστε να προσδώσει συγκεκριμένες ιδιότητες.

Η χρήση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων ή άλλων επικαλυπτικών ουσιών για την προστασία των μεταλλικών επιφανειών συναντά εφαρμογές σε όλους τους τομείς της ναυπηγικής δραστηριότητας. Οι ουσίες αυτές παρουσιάζουν αυξημένη ηλεκτρική αντίσταση, με αποτέλεσμα, σύμφωνα με το νόμο του Ohm, να ελαττώνεται άμεσα η ένταση του ρεύματος διάβρωσης που αποτελεί μέτρο της ταχύτητας διάβρωσης. Τα μη-μεταλλικά επιστρώματα αποσκοπούν στο να απομονώσουν το υπόστρωμα από την άμεση επαφή με το διαβρωτικό περιβάλλον, να το μονώσουν θερμικά ή ηλεκτρικά για να ελαττώσουν το δυναμικό διάβρωσης ή να πετύχουν αναστροφή του,

καθώς και να καθυστερήσουν την εισχώρηση του νερού και του οξυγόνου στη μεταλλική επιφάνεια (barrier effect). Κάθε κατηγορία αντιδιαβρωτικών χρωμάτων έχει ιδιότητες οι οποίες εκπληρώνουν έναν ή περισσότερους από τους παραπάνω στόχους και το καθιστούν χρήσιμο για κάθε ειδική περίπτωση προστασίας.

Μια μόνο επίστρωση χρώματος δεν είναι ικανή να παρέχει πλήρη προστασία στη μεταλλική κατασκευή του πλοίου. Για αυτό απαιτείται εφαρμογή πολλών διαδοχικών επιστρώσεων, το σύνολο των οποίων αποτελεί το λεγόμενο επικαλυπτικό σύστημα βαφής (paint system). Ένα συμβατικό σύστημα βαφής (Σχήμα 2.9) για χαλύβδινες επιφάνειες αποτελείται από ένα ή περισσότερα στρώματα από αντιδιαβρωτικά αστάρια (primers), από ένα ενδιάμεσο στρώμα (undercoat) και από ένα τελικό στρώμα (finishing coat). Το συνολικό πάχος των διαφόρων στρωμάτων βαφής για ένα τέτοιο σύστημα κυμαίνεται από 120 έως 180 μm . Νεότερα, περισσότερο εξελιγμένα συστήματα βαφής υψηλής ποιότητας απαιτούν λιγότερα στρώματα, τα οποία όμως έχουν συνήθως μεγαλύτερο πάχος από αυτά των συμβατικών επικαλυπτικών συστημάτων



Σχήμα 2.9: Συμβατικό σύστημα αντιδιαβρωτικής προστασίας

Κάθε μια από τις επιστρώσεις επιτελεί κάποια συγκεκριμένη λειτουργία και πρέπει να έχει συγκεκριμένες ιδιότητες, οι οποίες αναφέρονται συνοπτικά ακολούθως:

Αστάρια (primers)

Τα πρώτα στρώματα πρέπει να έχουν καλή πρόσφυση στο μέταλλο, να εξασφαλίζουν αντιδιαβρωτική προστασία και να αποτελούν μια καλή βάση για τα στρώματα που θα ακολουθήσουν. Η αντιδιαβρωτική συμπεριφορά των primers οφείλεται στην παρουσία πιγμένων όπως ο μόλυβδος, σκόνη ψευδαργύρου, χρωμικός ψευδάργυρος, φωσφορικός ψευδάργυρος και φωσφορικό κάλιο. Τα τελευταία χρόνια, όμως, υπάρχει η τάση περιορισμού της χρήσης πιγμένων χρωμικού ψευδαργύρου και μολύβδου εξαιτίας της τοξικότητάς τους και των βλαβερών τοξικών αερίων που απελευθερώνονται κατά τη συγκόλληση ή την κοπή ελασμάτων με φλόγα. Ο διακοσμητικός ρόλος των primers είναι συνήθως εξαιρετικά περιορισμένος.

Ενδιάμεσα στρώματα (undercoats)

Το ενδιάμεσο στρώμα πρέπει να έχει πολύ καλή πρόσφυση στο primer και ικανοποιητική καλυπτική ικανότητα. Συνιστάται το χρώμα του να είναι πολύ συγγενικό με αυτό του τελικού επιστρώματος, αλλά όχι το ίδιο προκειμένου να ξεχωρίζουν τυχόν ακάλυπτες περιοχές και σημεία. Έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διάρκεια ζωής του επικαλυπτικού συστήματος, ενώ όταν περιέχει φυλλωτά πιγμέντα (laminae pigment) περιορίζει τη διαπερατότητα του συστήματος από το οξυγόνο και την υγρασία.

Τελικό στρώμα (finishing coat)

Το τελικό στρώμα πρέπει να παρουσιάζει πολύ καλή αντοχή έναντι της διάβρωσης και των καιρικών συνθηκών. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να χάνει τη λάμψη και τη στιλπνότητά του υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, ούτε να χάνει την πρόσφυσή του στα κατώτερα στρώματα σε συνθήκες υγρασίας. Επιπλέον, πρέπει να έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες, όπως αντοχή έναντι της κρούσης και των διαφόρων χτυπημάτων και αντίσταση σε απόξεση. Επίσης, πρέπει να δίνει στην προστατευόμενη επιφάνεια το επιθυμητό χρώμα και την απαιτούμενη στιλπνότητα.

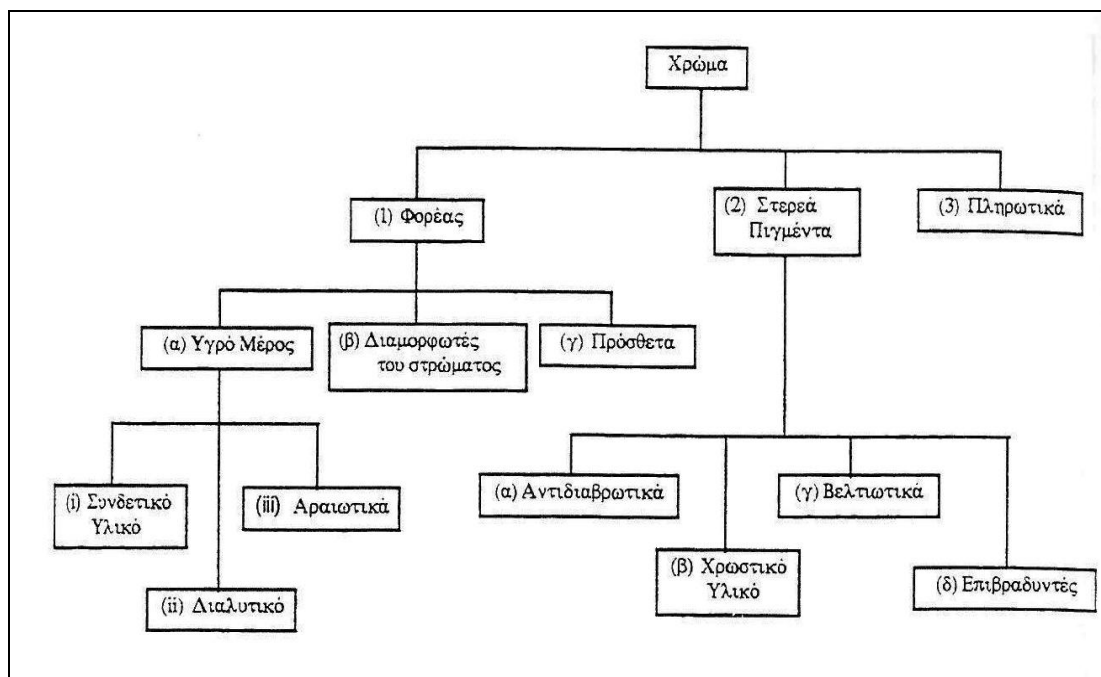
2.8.1. Σύσταση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων

Η τυπική σύσταση των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων (Stoye D., 1993 - Kenneth B. - NACE, 1987) παρουσιάζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 2.10. Τα κύρια συστατικά αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

I) Φορέας

α) Υγρό μέρος

ι) Συνδετικό υλικό: Το υγρό μέρος του φορέα αποτελείται κυρίως από το συνδετικό υλικό, που μπορεί να είναι λινέλαιο (ξηραίνεται στον αέρα), ένα βερνίκι, που ξηραίνεται από οξείδωση ή εξάτμιση του διαλυτικού, μια λάκκα ή ένα πολυμερές με καταλύτη, που στερεοποιείται πολυμεριζόμενο (ρητίνες, εποξειδικά πολυμερή, πολυουρεθάνες, πολυακρυλικά, πολυβινοπαράγωγα, πολυπροπυλένια, σιλικόνες, πολυφθοριούχα, κυτταρίνες κ.λπ.).



Σχήμα 2.10: Σχηματικό διάγραμμα συστατικών των προστατευτικών χρωμάτων.

ii) Διαλυτικό: Οι παραπάνω ουσίες χρησιμοποιούνται αραιωμένες με κατάλληλο διαλυτικό, που είναι συνήθως οργανικές ενώσεις. Τα διαλυτικά αυτά συνήθως χρησιμοποιούνται μόνο για την καλύτερη επίστρωση του χρώματος. Μετά την εφαρμογή, εξατμίζονται από το υγρό στρώμα του επιχρίσματος. Το διαλυτικό (η φύση του και το ποσό του) επηρεάζει τη συνολική συγκέντρωση των διαφόρων ουσιών του χρώματος και, επομένως, την ταχύτητα πήξης του, ιδιαίτερα δε την ανακλαστικότητα του τελικού επιστρώματος μετά την πήξη του. Ο ρυθμός εξατμίσεως των διαλυτών εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο επίστρωσης του χρώματος. Αν ο διαλύτης δεν εξατμιστεί πλήρως, συνήθως το χρώμα αστοχεί λόγω του ότι δημιουργούνται φλύκταινες ή βελονισμοί. Γενικά, οι συνθετικές ρητίνες (χλωριωμένο λάστιχο, εποξειδικά κ.λπ.) λόγω της περισσότερο πολικής φύσης τους είναι ευκολότερα διαλυτές σε πολικούς διαλύτες. Πάντως, επιβάλλεται, όταν χρησιμοποιούνται τέτοια υλικά, να αφήνεται το επίστρωμα αρκετό χρόνο για να στεγνώσει.

Τα περισσότερα χρώματα έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε η καλύτερη εφαρμογή τους να γίνεται σε συνθήκες περιβάλλοντος (περίπου στους 24 °C θερμοκρασία και 50% σχετική υγρασία). Ανάλογα με την απόκλιση των καιρικών συνθηκών από τις βέλτιστες επηρεάζεται και η επιλογή του τύπου διαλύτη. Όταν ο καιρός είναι ψυχρός πρέπει να χρησιμοποιούνται διαλυτικά που εξατμίζονται ταχύτερα, ενώ αντίστροφα όταν ο καιρός είναι ζεστός, απαιτούνται διαλυτικά που εξατμίζονται αργά.

Τυπικά διαλυτικά είναι υδρογονάνθρακες (όπως βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο), κετόνες, αλκοόλες, εστέρες κ.α.

iii) Αραιωτικά: Τις περισσότερες φορές, στο διαλυτικό προστίθενται και αραιωτικά, με σκοπό να επηρεαστεί η επιφανειακή τάση του διαλύματος και η διεπιφανειακή τάση στην επιφάνεια, που επιστρώνεται ώστε να εκπληρωθούν οι όροι καλύτερης εξάπλωσης του χρώματος. Μερικές φορές τα αραιωτικά καθορίζουν την

ταχύτητα της πήξης, προκειμένου να προσδοθούν στα επιστρώματα κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες. Τα αραιωτικά αυτά πρέπει να είναι τελείως αναμίξιμα με το διαλυτικό και το συνδετικό υλικό και είναι συνήθως νέφτι, κηροζίνη ή ακόμα και νερό.

β) Διαμορφωτές του επιστρώματος

Στο υγρό μέρος προστίθενται ουσίες που επηρεάζουν την τελική διαμόρφωση του επιστρώματος, προσδίδοντας ορισμένα χαρακτηριστικά ροής, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη μέθοδος επίχρισης με πινέλο ή με ρολό (για μικρές επιφάνειες) ή με ψεκασμό για μεγάλες (Spray). Σημειώνεται, ότι ο τρόπος επίχρισης επηρεάζει πάρα πολύ τις ιδιότητες του επιστρώματος. Στην ίδια κατηγορία ουσιών ανήκουν ενώσεις που μεταβάλλουν το ιξώδες (viscosity) του υγρού, το οποίο επηρεάζει και το πάχος του επιχρίσματος.

γ) Πρόσθετα

Στο μίγμα των παραπάνω ουσιών προστίθενται ξηραντικά υλικά, γαλακτοματοποιητές και αιωρηματικές ουσίες, που έχουν σκοπό τη συγκράτηση, σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιογένεια, των στερεών, που περιέχει το χρώμα. Στην ίδια κατηγορία ουσιών υπάγονται και καταλύτες πολυμερισμού.

Τα περισσότερα πρόσθετα χρησιμοποιούνται στα χρώματα σε μικρά ποσά για ειδικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, παράγωγα της νάφθας με μαγνήσιο και κοβάλτιο χρησιμοποιούνται ως ξηραντικά (διευκολύνουν την ξήρανση του επιστρώματος) σε αλκυδικά ή άλλα ελαιοχρώματα. Το οξείδιο του ψευδαργύρου προστίθεται για να εμποδίσει τη φθορά του επιστρώματος από τη θερμότητα και την ηλιακή ακτινοβολία.

Η χρήση ενός προσθετικού μπορεί να είναι αποφασιστικής σημασίας για τη συμπεριφορά του επιστρώματος.

II) Πιγμέντα

Τα πιγμέντα χρησιμοποιούνται για τη δομική ενίσχυση του επιστρώματος, για να προσδώσουν χρώμα και θολότητα, για την προστασία του μετάλλου, για ενίσχυση της αδιαπερατότητας και για να διατηρήσουν τη στιλπνότητα. Ευρύτατα χρησιμοποιούμενα πιγμέντα είναι τα οξείδια του σιδήρου, το διοξείδιο του τιτανίου, ο άνθρακας κ.α.

Το μέγεθος των σωματιδίων των ανόργανων πιγμένων που χρησιμοποιούνται στις βαφές κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 0.05-10 μm, ενώ εκείνο των διαφανών πιγμένων μεταξύ 0.01-0.05 μm. Η κατ' όγκο συγκέντρωση πιγμένου σε στιλπνά επιστρώματα είναι 10-30%, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 80% σε ματ χρώματα.

Τα πιγμέντα πρέπει να είναι συμβατά με το συνδετικό υλικό και φυσικά να μην αλλοιώνονται εξαιτίας του περιβάλλοντος στο οποίο εφαρμόζονται (π.χ. το ανθρακικό ασβέστιο, το οποίο προσβάλλεται από τα οξέα, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε όξινο περιβάλλον). Τα υδατοδιαλυτά άλατα ενισχύουν τη διαβρωτική δράση και για αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται πιγμέντα μικρής περιεκτικότητας σε άλατα στο αστάρι (primer), για εφαρμογή σε χάλυβες.

Ακολουθεί ταξινόμηση των διαφόρων πιγμένων ανάλογα με το είδος της χρήσης τους.

α) Αντιδιαβρωτικά

Το κύριο συστατικό ενός αντιδιαβρωτικού χρώματος είναι ένας αριθμός ουσιών, που υπάγονται στις ακόλουθες κατηγορίες και επιτείνουν αντίστοιχες ιδιότητες:

- i) Ουσίες, που επιτείνουν τη μόνωση της επιφάνειας από το περιβάλλον. Βασικά ελαττώνουν τυχόν πορώδες του φορέα.
- ii) Υδρόφοβες ουσίες, όπως σιλικόνες.
- iii) Ουσίες με δίπολα μόρια (μοριακές κόλλες), που με το θετικό τμήμα τους προσανατολίζονται στην αρνητική επιφάνεια του μετάλλου και ελαττώνουν το δυναμικό της διάβρωσης, ενώ σύγχρονα παρεμβάλλουν εμπόδια στη διάχυση των ιόντων του μετάλλου.
- iv) Ουσίες, που αυξάνουν την ηλεκτρική αντίσταση του φορέα (μίκα).
- v) Σκόνες ανοδικότερου υποστρώματος μετάλλων, π.χ. ψευδάργυρος, αλουμίνιο, μαγνήσιο, που δρουν με θυσιαζόμενες αταξίες (θηραϊκή γη, SIMAC).

β) Βελτιωτικά

Μια κατηγορία ουσιών που χρησιμοποιείται για την αισθητική βελτίωση των επιστρωμάτων (θολερότητα, ανακλαστικότητα, μεταλλική λάμψη κ.λπ.)

γ) Επιβραδυντές

Σε συνδυασμό με τις παραπάνω αντιδιαβρωτικές ουσίες ή και μόνες τους, προστίθενται ουσίες επιβραδυντικές της διάβρωσης, όπως είναι Pb_3O_4 (μίνιο) κυρίως σιδηρούχα υποστρώματα, $ZnCrO_4$, φωσφορικά άλατα, Ca_2PbO_4 .

δ) Χρωστικές ουσίες

Προστίθενται επίσης ουσίες, όπως TiO_2 , ZnO , Ca_2PbO_4 , για να προσδώσουν άσπρο χρώμα, CoO μπλέ, CdS , Pb_3O_4 κόκκινο, CaS κίτρινο, $BaCrO_4$ πορτοκαλί, Fe_3O_4 μαύρο, κ.λπ.

III) Πληρωτικά (extenders)

Ως πληρωτικά θεωρούνται ουσίες σε μορφή σκόνης (πούδρας), πρακτικά αδιάλυτες στο μέσο εφαρμογής και χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν τον όγκο, για να προσδώσουν ή να βελτιώσουν τεχνικά χαρακτηριστικά και/ή να μεταβάλλουν τις οπτικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, μπορούν να μειώνουν την επιφανειακή τάση της υγρής μογιάς έτσι ώστε να μπορούν να καλύπτονται και οι ακμές του προς επίστρωση υλικού. Στο στεγνό στρώμα μειώνουν τη διαπερατότητα στο νερό και το οξυγόνο και αυξάνουν τη δομική ενίσχυση του επιστρώματος. Τα πληρωτικά τάλκης και η μίκα, για παράδειγμα, μειώνουν τη διαπερατότητα του επιστρώματος λόγω του ότι τα πεπλατυσμένα σωματίδια εμποδίζουν τη διείσδυση, υποχρεώνοντας το νερό και το οξυγόνο να ακολουθήσουν μακρύτερη διαδρομή μέσα στο συνεκτικό μέσο, γύρω από το σωματίδιο (barrier effect).

Στα λευκά πληρωτικά, ο δείκτης διάθλασης είναι γενικά κάτω από 1,7. Σε συγκεκριμένα χρώματα το πληρωτικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πιγμέντο.

Μια και ο δείκτης διάθλασης των περισσοτέρων φορέων είναι επίσης μικρότερος από 1,7 τα πληρωτικά δεν επιδρούν σημαντικά στην καλυπτική ικανότητα όταν χρησιμοποιούνται σε ποσότητα μικρότερη από αυτή της κρίσιμης τιμής συγκέντρωσης πιγμέντου (CPVC). Η καλυπτική ικανότητα του ξηρού υμένα εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του TiO_2 που περιέχει.

Πάντως, πάνω από το CPVC η καλυπτική ικανότητα εν ξηρώ γίνεται ιδιαίτερα αισθητή. Δημιουργούνται εγκλείσματα αέρα στους μικροπόρους του ξηρού υμένα και

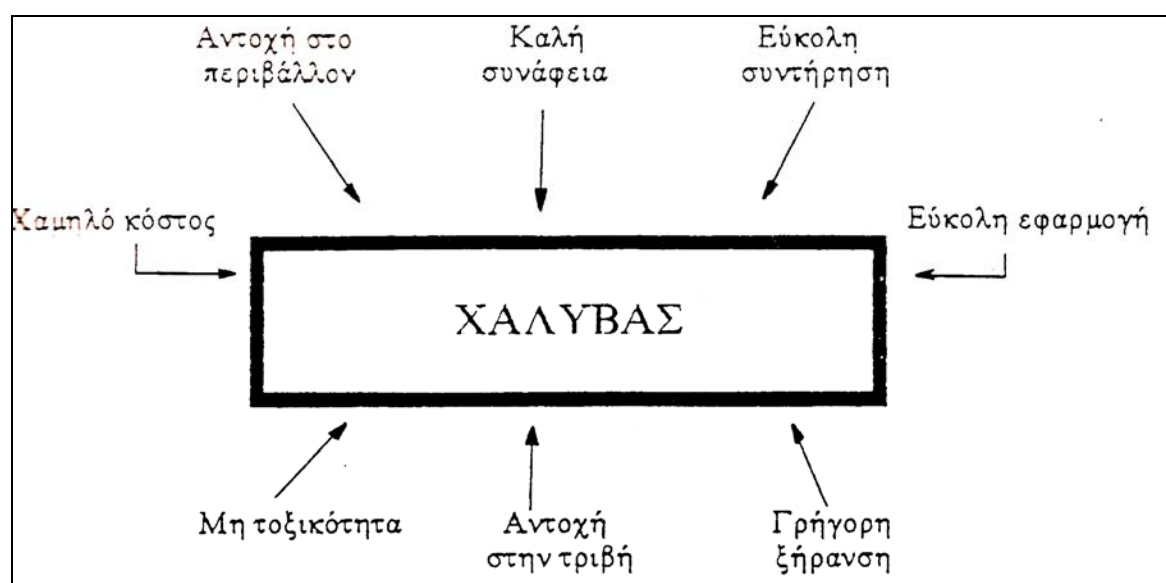
η καλυπτική ικανότητα εξαρτάται και από την ποσότητα του TiO_2 και από την ποσότητα του παγιδευμένου αέρα.

Αν ο δείκτης διάθλασης ενός πληρωτικού είναι μεγαλύτερος από 1,7 (π.χ. οξείδιο του ψευδαργύρου), τότε το πληρωτικό υλικό μπορεί να θεωρηθεί και ως πιγμέντο, μιας και τα όρια της μεταξύ τους διάκρισης είναι ασαφή.

Τα πληρωτικά είναι κυρίως ορυκτά τα οποία μέσα από μια αλυσίδα διεργασιών μετατρέπονται στην τελική μορφή στην οποία χρησιμοποιούνται. Συνθετικά προϊόντα όπως κατακρημνίσματα ανθρακικών (π.χ. κατακρημνίσματα ανθρακικού ασβεστίου ccr), κατακρημνίσματα θεικών αλάτων, κατακρημνισμένη και πυρογενής πυριτία (pyrogenic silica) και πυριτικά χρησιμοποιούνται για την αύξηση της λαμπρότητας των χρωμάτων (optical brightening). Για δομική ενίσχυση χρησιμοποιούνται συνθετικές ίνες (γενικά ανόργανες).

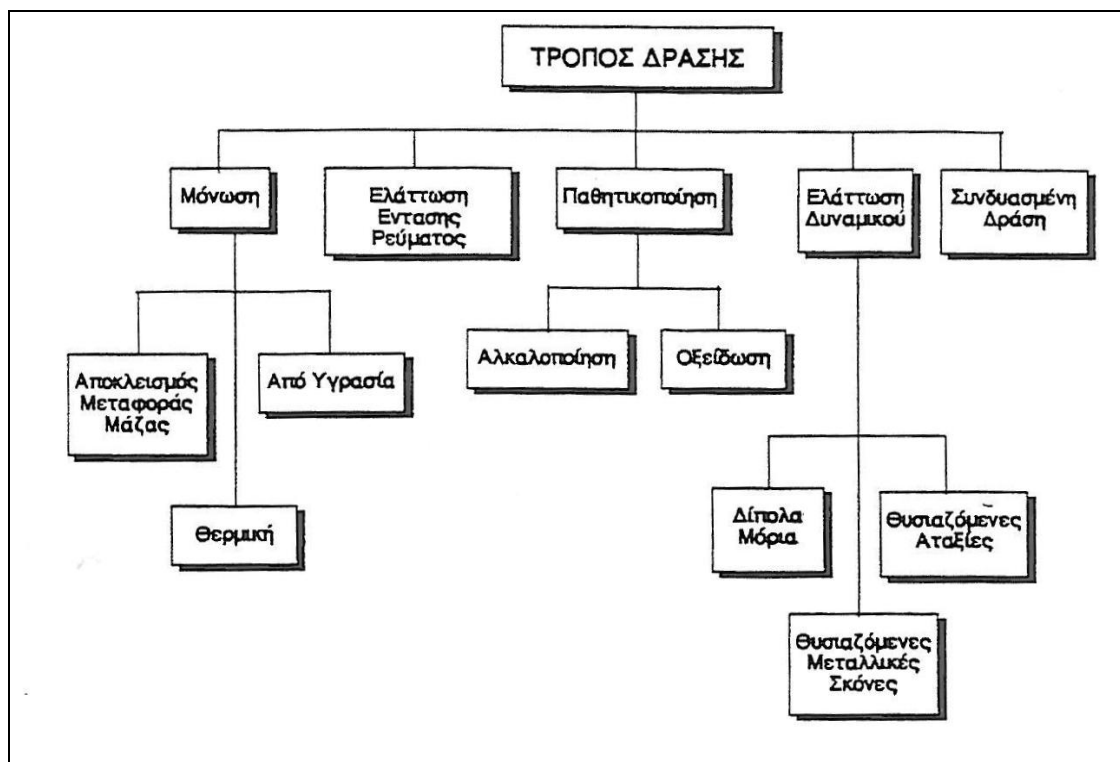
2.8.2. Τρόπος δράσης των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων

Γενικά, ένα αντιδιαβρωτικό χρώμα, εκτός από τις αντιδιαβρωτικές του ιδιότητες, πρέπει να πληροί τις εξής προϋποθέσεις: να αντέχει στις καιρικές συνθήκες, να έχει συνάφεια με το υπόστρωμα, αντοχή, σκληρότητα, να μη γδέρνεται εύκολα, να αντέχει στους μικροοργανισμούς και στο χρόνο και τελικά να είναι και αισθητικά αποδεκτό (Σχήμα 2.11).



Σχήμα 2.11: Κύριες απαιτήσεις από ένα αντιδιαβρωτικό επίστρωμα

Αντιδιαβρωτικά χρώματα που πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις γενικά, είναι αυτά που μονώνουν το μέταλλο από το περιβάλλον (μη πορώδη), το μονώνουν και ηλεκτρικά και θερμικά και από την υγρασία, αυτά που ελαττώνουν το δυναμικό με δίπολα μόρια και που περιέχουν μέσα τους υλικά που θυσιάζονται γαλβανοστατικά για να προστατέψουν το υπόστρωμα, και τελικά χρώματα με συνδυασμό δράσεων. Στο Σχήμα 2.12 φαίνονται συνοπτικά οι τρόποι δράσης (Stoye D., 1993) των χρωμάτων αυτών.



Σχήμα 2.12: Σχηματικό διάγραμμα των τρόπων δράσης των προστατευτικών χρωμάτων

Εμμεσες δράσεις: Μόνωση

Τα χρώματα, που δρουν μονώνοντας το μέταλλο από το περιβάλλον πρέπει να πληρούν και τις παρακάτω προϋποθέσεις: να αντέχουν στο νερό, να μην το ροφούν καθόλου, να έχουν αμελητέο συντελεστή μεταφοράς υδρατμών και συστατικών του διαβρωτικού περιβάλλοντος, να μην ευνοούν την όσμωση και ηλεκτρόσμωση, και να έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα. Γενικά, τα χρώματα αυτά δεν πρέπει να έχουν πόρους.

ι) Αποκλεισμός μεταφοράς μάζας: Η πρώτη σκέψη προστασίας από τη διάβρωση ήταν να μονωθεί η επιφάνεια των μετάλλων από το διαβρωτικό περιβάλλον, δηλαδή να αποκλειστεί η μεταφορά μάζας (διαβρωτικές ουσίες) από το περιβάλλον στην επιφάνεια του μετάλλου και από την επιφάνεια του μετάλλου (προϊόντα διάβρωσης) προς το περιβάλλον. Για τον σκοπό αυτό, όπως ειπώθηκε παραπάνω, θα έπρεπε να καλυφθεί το μέταλλο από ένα υλικό χωρίς πόρους. Για το θέμα αυτό έχουν γίνει πολλές μελέτες σε διάφορα μέταλλα και διαβρωτικά περιβάλλοντα και έχουν προταθεί, για κάθε περίπτωση, κατάλληλα αντιδιαβρωτικά χρώματα.

Ανεξάρτητα από το γεγονός ότι ο χρόνος ζωής των επιστρωμάτων των χρωμάτων αυτών είναι μικρός, όπως θα δούμε παρακάτω, για να δράσουν προστατευτικά έστω και στο μικρό χρονικό διάστημα που τους επιτρέπουν οι ελλείψεις προστατευτικές τους ιδιότητες, θα πρέπει να τηρηθεί ένας βασικός όρος: η ύπαρξη της παραμικρής ποσότητας νερού καταστρέφει την πρόσφυση του χρώματος στην επιφάνεια του μετάλλου, δημιουργώντας φυλκταινες (φυσαιλίδες), εξαιτίας της ηλεκτρόλυσής τους και της παραγωγής αερίων.

Για τον λόγο αυτό επιδιώχτηκε τα επιστρώματα αυτά να είναι και υδρόφοβα, μια που δεν είναι δυνατόν να είναι τελείως συμπαγή (χωρίς πόρους).

ii) Μόνωση από το νερό και την υγρασία: Οι Shlerenzon et al (Molinski S., Benkevic G., *ibid*) μελέτησαν τη διείσδυση των ηλεκτρολυτών μέσα από πολυμερή υδρόφοβα επιστρώματα. Παρατήρησαν, ότι μέσα από υδρόφοβα πολυμερή μπορούν να περάσουν μόνο πτητικά στοιχεία (π.χ NH_3 , HCl), αλλά δεν αφήνουν μη πτητικά στοιχεία (H_3PO_4 , H_2SO_4 , άλατα) και διαλύματα ηλεκτρολυτών.

Οι St. Molinski και G. Benkevic (Deterding J., Wilson R., 1964) μελέτησαν την αντιδιαβρωτική συμπεριφορά των επιχρισμάτων των μεταλλικών επιφανειών, σε σχέση με την πυκνότητα και το πορώδες, θεωρώντας ότι η καταστροφή του μεταλλικού υποστρώματος αρχίζει από τη στιγμή που λόγω της εισόδου υγρασίας θα ενεργοποιηθούν τα γαλβανικά κελιά της μεταλλικής επιφάνειας και θα αρχίσει η τοπική προσβολή του μετάλλου. Μελέτησαν το πορώδες σε σχέση με την αγωγιμότητα και βρήκαν, ότι την καλύτερη συμπεριφορά την είχαν τα αλκύδια, χλωριωμένο λάστιχο, εποξειδικά επιχρίσματα πάχους 120 μm , που δείχνουν καλύτερη αντοχή στο διαβρωτικό περιβάλλον.

Οι J.H. Deterding et al (Gadjiyeva R., 1966) μελέτησαν τη διαπερατότητα διαφόρων χρωμάτων από το νερό. Βρήκαν, ότι, στα είδη του φορέα που δοκίμασαν (Epoxy), δεν υπήρχαν διαφορές στη μεταφορά γλυκού και θαλασσινού νερού και ότι η διαπερατότητα Na^+ και Cl^- είναι πολύ χαμηλή. Η θερμοκρασία αυξάνει τη διαπερατότητα, ενώ η ηλικία και η αύξηση του πάχους του χρώματος τη μικραίνουν. Τα εποξειδικά χρώματα δεν επηρεάζονται από την υγρασία του περιβάλλοντος κατά την επίστρωσή τους και δρουν αποτελεσματικά, όταν δεν υπάρχουν διάκενα στο στρώμα. Για αυτό πρέπει να γίνουν τουλάχιστον δύο επιστρώσεις.

Ο R.G. Gadjiyeva (Mikhailovsky Y., Serfimovich V., 1966) αναφέρει, ότι η αντιδιαβρωτική συμπεριφορά του αντιδιαβρωτικού χρώματος μπορεί να αυξηθεί όταν χρησιμοποιούνται επιφανειακά ενεργές ουσίες, που μεγαλώνουν τη διαβροχή της επιφάνειας από τη μογιά και έτσι η προστασία μεγαλώνει και οι μογιές γίνονται υδρόφοβες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο άνετα και φτηνά.

Οι Mikhailovsky et al (1966) μελέτησαν την κινητική της διάβρωσης μεταλλικών επιφανειών κάτω από πολυμερή στρώματα. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν, ότι η φύση και το πάχος του προστατευτικού επιστρώματος σε καθαρή ατμόσφαιρα δεν επηρεάζει καθόλου την ταχύτητα διάβρωσης με βελονισμούς του μεταλλικού επιστρώματος και η διάβρωση είναι ίδια με εκείνη ενός απροστάτευτου μετάλλου (χωρίς πολυμερές). Όμως, όταν υπάρχει δυνατός προσφυτικός δεσμός μεταξύ του υποστρώματος και του πολυμερούς, η διάβρωση αναστέλλεται αρκετά, τον πρώτο τουλάχιστον καιρό. Τότε το πάχος παίζει ρόλο στην προστασία. Φυσικά, όλη μελέτη τους αφορά πολυμερή στρώματα, χωρίς κανένα αντιδιαβρωτικό πιγμέντο.

iii) Θερμική μόνωση: Ένας άλλος παράγοντας, που επηρεάζει τη διαπερατότητα μέσα από το επίστρωμα διαβρωτικών συστατικών και κυρίως υγρασίας είναι η θερμοκρασία. Αυτή, από τη μια οδηγεί σε επιτάχυνση της διάχυσης, από την άλλη διαστέλλει τους πόρους του επιστρώματος. Για τον λόγο αυτό, όταν το διαβρωτικό διάλυμα έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από το περιβάλλον, θα πρέπει τα επιστρώματα που δρουν με μόνωση, πέρα από την έλλειψη πόρων και την υδροφοβία να μονώνουν και θερμικά το μέταλλο από το περιβάλλον.

Παθητικοποίηση

Ο χάλυβας αντιδρά από μόνος του στη διάβρωση σχηματίζοντας ένα παθητικό στρώμα οξειδίου, με προστατευτικές ιδιότητες.

Έτσι, μια κατηγορία χρωμάτων βοηθά σ' αυτή την παθητικοποίηση επιτυγχάνοντας αρχικά τον σχηματισμό του παθητικού στρώματος και καθορίζοντας

τις συνθήκες σχηματισμού του, δηλαδή την ταχύτητά του, ώστε το στρώμα αυτό να έχει καλή πρόσφυση στην επιφάνεια και να είναι συνεκτικό, αντί να σχηματίζεται με τις τυχαίες συνθήκες, που επιβάλλει το διαβρωτικό περιβάλλον.

Οι τρόποι με τους οποίους δρουν τα χρώματα αυτά είναι δύο:

i) Εμμεσος τρόπος: αλκαλοποίηση

Σύμφωνα με το θερμοδυναμικό διάγραμμα του Pourbaix (E - pH) στην περιοχή του pH 7-9 ο χάλυβας παθητικοποιείται. Για αυτό το λόγο έχουν παρασκευαστεί χρώματα, που η κύρια δράση των πιγμένων τους είναι δημιουργία αυτού του αλκαλικού περιβάλλοντος. Τέτοιες ουσίες είναι λ.χ. το Pb_3O_4 , το ZnO , η ερυθρά ιλύς, το $PbCO_3$ κ.α.

ii) Άμεσος τρόπος: οξειδωση

Στην περίπτωση αυτή τα πιγμένα προκαλούν με την οξειδωτική τους δράση τη δημιουργία παθητικού επιστρώματος και λέγονται ανοδικοί παθητικοποιητές. Τέτοιες ουσίες είναι λ.χ. το $ZnCrO_4$, το $PbSO_4$, φωσφορικά άλατα κ.α.

Ελάττωση δυναμικού

Έχει αναφερθεί ότι η ταχύτητα της διάβρωσης εξαρτάται από το δυναμικό της διάβρωσης. Έτσι, σχεδιάστηκαν και παρασκευάστηκαν χρώματα με κύρια δράση την ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης.

i) Δίπολα μόρια

Μια κατηγορία οργανικών χρωμάτων δρα με διπολικότητα των μορίων της. Τέτοιου είδους χρώματα είναι μεταξύ άλλων το Coal Tar Epoxy και το Araldite. Τα χρώματα αυτά μάλιστα δεν χρειάζεται να είναι σε άμεση επαφή με την καθαρή επιφάνεια του μετάλλου, οπότε βέβαια δρουν και καλύτερα, αλλά προστατεύουν και επιφάνειες που είναι ήδη σκουριασμένες, αν απλώς απομακρυνθούν τα μη συνεκτικά οξείδια, χωρίς η επιφάνεια να καθαριστεί τελείως. Αυτό δε, γιατί επιδρούν με το θετικό τους τμήμα και ελαττώνουν το δυναμικό διάβρωσης του μετάλλου και με τη βοήθεια των οξειδίων, που είναι ημιαγωγοί.

ii) Θυσιαζόμενες αταξίες

Μια άλλη κατηγορία χρωμάτων δρα θυσιάζοντας τις φυσικές (θηρική γη) ή τις τεχνητές (SIMAC) αταξίες τους.

Για να δράσουν αυτά τα χρώματα, αφού προϋποτίθεται σχηματισμός γαλβανικού στοιχείου, θα πρέπει ο φορέας να είναι σχετικά πορώδης ώστε να διευκολύνεται η διακίνηση των ιόντων του διαβρωτικού περιβάλλοντος, λ.χ. του θαλασσινού νερού.

iii) Θυσιαζόμενες μεταλλικές σκόνες

Πρόκειται περί χρωμάτων, που σαν πιγμένα χρησιμοποιούνται σκόνες ψευδαργύρου, αλουμινίου ή μαγνησίου. Και τα τρία αυτά μέταλλα είναι ανοδικότερα του χάλυβα και χρησιμοποιούνται υπό μορφή πλακών ώστε να επιβάλλουν, θυσιάζόμενα, καθοδική προστασία στον χάλυβα. Αντιπροσωπευτικότερο είδος των χρωμάτων αυτών είναι το Zinc Rich Epoxy με 90% περιεκτικότητα ψευδαργύρου.

Ελάττωση έντασης ρεύματος

Πρόκειται περί χρωμάτων, που επιδιώκεται η κύρια άμεση ιδιότητά τους να είναι η μεγάλη ηλεκτρική τους αντίσταση και ο κύριος τρόπος δράσης, η ελάττωση

της έντασης του ρεύματος διάβρωσης. Τέτοιου είδους δράση έχουν όλα τα πολυμερή, που χρησιμοποιούνται σα μονωτικά του ηλεκτρισμού. Αλλά έχουν σχεδιαστεί τέτοιου είδους χρώματα, που περιέχουν ουσίες, ως φορείς (πολυμερή) ή ως προσμίξεις (φυλλώδης μίκα), που επιβάλλουν μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση.

Συνδυασμένη δράση

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα μπορούσε να δημιουργηθεί η λαθεμένη εντύπωση ότι τα αντιδιαβρωτικά χρώματα, που χρησιμοποιούνται σήμερα, επιδιώκεται να κάνουν μια μόνο από τις δράσεις αυτές. Η αλήθεια είναι ότι, ανάλογα με την ένταση του διαβρωτικού περιβάλλοντος, τον μηχανισμό διάβρωσης και την αξία κατασκευής που θέλουμε να προστατευθεί, θα αρκούσε η χρησιμοποίηση κάποιου αντιδιαβρωτικού χρώματος, που θα δρούσε λ.χ. μόνο μονωτικά ως προς την υγρασία, όμως τα διάφορα αντιδιαβρωτικά χρώματα δρουν, λόγω της σύστασης τους και μικτά. Έτσι, ένα χρώμα που μονώνει από την υγρασία, μπορεί συγχρόνως να παρεμποδίζει και τη μεταφορά μάζας. Ανεξάρτητα απ' αυτό, επιδιώκεται η δράση ενός χρώματος να είναι μικτή και το χρώμα να συνδυάζει όσο γίνεται περισσότερες ιδιότητες, ιδίως σχετικά με έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα και ακριβή κατασκευή. Έτσι, λ.χ. χρώματα που οδηγούν σε ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης, επιδιώκεται, εκτός από την έμμεση ελάττωση της έντασης της διάβρωσης, να περιέχουν ουσίες μονωτικές του ηλεκτρισμού, που οδηγούν και σε έμμεση ελάττωση της έντασης διάβρωσης.

2.8.2.1. Αντοχή επιστρωμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο

Η τοπική ή ολική καταστροφή του στρώματος της μπογιάς οφείλεται σε ορισμένα αίτια, που μπορούν να εξαλειφθούν θεωρητικά.

Αποσύνθεση του στρώματος του χρώματος μπορεί να οφείλεται στη διάβρωση του άμεσου περιβάλλοντος, αλλά συχνά οφείλεται σε απλή οξειδωση και στην επίδραση του άμεσου ηλιακού φωτός (είναι γνωστό το ξεθώριασμα των χρωμάτων από τις υπεριώδεις ακτίνες). Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει αρχικά διόγκωση και μετά φλύκταινες (Blisters), όταν προχωράει η διάβρωση. Το σκίσιμο του στρώματος μπορεί να οφείλεται σ' αυτές τις αιτίες, αλλά μπορεί να οφείλεται επίσης και σε κακή πρόσφυση και στη γήρανση των χρωμάτων, που βασίζονται στα ξηραίνόμενα λάδια, που έτσι μειώνεται η ελαστικότητά τους και σχίζονται. Βασικά, όταν δημιουργούνται προϊόντα διάβρωσης στη διεπιφάνεια μετάλλου επιστρώματος, δημιουργούνται επιθέσεις προϊόντων διάβρωσης στα καθοδικά κέντρα και οπές και επομένως υποπίεση στα ανοδικά και βελονισμοί, με αποτέλεσμα να σχιστεί το επίστρωμα.

Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η προετοιμασία της επιφάνειας για βάνιμο, όπως προαναφέρθηκε, που πρέπει να είναι χωρίς καθόλου οξειδία, ώστε να υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή ηλεκτρική επαφή μεταξύ υποστρώματος και πιγμέντου αφενός και εξάλειψη των ενεργών κέντρων αφετέρου. Επίσης, η ξήρανση για ορισμένα χρώματα πρέπει να γίνεται σε ξηρή ατμόσφαιρα, αλλιώς παρουσιάζονται φλύκταινες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Γενικά, τα επιστρώματα από αντιδιαβρωτικά χρώματα επιφέρουν μια καθυστέρηση στη διάβρωση. Πάντως τα χρώματα αυτά επιτρέπουν την όδευση των ιόντων του διαβρωτικού περιβάλλοντος, γιατί είναι πορώδη ή ιόντων του μετάλλου από τους πόρους και λόγω της διάχυσης τους κατά Wagner. Όταν το μέταλλο φτάσει στη διεπιφάνεια επιστρώματος-αέρα, με βελονισμό, αδειάζει υλικό στα ενεργά κέντρα μετάλλου-επιστρώματος και δημιουργούνται σπηλαιώσεις, με αποτέλεσμα να σχίζει το επίστρωμα και μετά ακολουθεί η αποφλοιώσή του. Κατόπιν, τοπικά η διάβρωση προχωρά με μεγαλύτερη

ταχύτητα, παρά αν δεν υπήρχε καθόλου χρώμα, λόγω της συγκέντρωσης των δυναμικών γραμμών στους υπάρχοντες βελονισμούς.

2.8.3. Κριτήρια επιλογής του κατάλληλου αντιδιαβρωτικού επιστρώματος

Σε αυτό το σημείο θα αναλυθούν οι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή του αντιδιαβρωτικού επιστρώματος (NACE, 1987). Η σπουδαιότητα κάθε παράγοντα διαφέρει ανάλογα με την εφαρμογή. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά στις περισσότερες εφαρμογές, οι παράγοντες έχουν καταγραφεί σε φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας:

Απαιτήσεις περιβάλλοντος

Είναι σχεδόν προφανές ότι διαφορετικά περιβάλλοντα απαιτούν διαφορετικά επιχρίσματα. Υπάρχουν, όμως, και πολλά περιβάλλοντα, τα οποία είναι τόσο επιβαρυνμένα, ώστε να είναι αδύνατη η προστασία με κάποιο χρώμα. Ως τέτοια περιβάλλοντα θεωρούνται όσα προκαλούν ρυθμούς διάβρωσης μεγαλύτερους των 50mpy (mils-millinch per year). Σ' αυτά τα επιβαρυνμένα περιβάλλοντα απαιτείται η χρήση ιδιαίτερα ανθεκτικών καλυπτικών ουσιών με ειδική σύσταση, χρησιμοποιώντας συνθετικές ρητίνες ως συνδετικό υλικό. Σε λιγότερα επιβαρυνμένα περιβάλλοντα μπορούν να γίνουν οι κατάλληλες προσαρμογές ως προς τον τύπο του επιστρώματος, την προετοιμασία της επιφάνειας και τη βαφή.

Αναμενόμενη διάρκεια ζωής του αντιδιαβρωτικού επιστρώματος

Μεγάλης σημασίας είναι και η διάρκεια της προστασίας που παρέχει το χρώμα. Στην περίπτωση που έχει αποφασιστεί η μέθοδος προστασίας με αντιδιαβρωτικό χρώμα, είναι επιθυμητό να επιλεγεί αυτό με την όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια. Όμως, αν η διάρκεια της προστασίας δεν είναι το κυρίως ζητούμενο (κάτι που συμβαίνει συχνότερα απ' ότι θα μπορούσε κάποιος να φανταστεί), μπορούν να επιλεγούν φθηνότερα χρώματα.

Κόστος

Ο συνυπολογισμός του είναι προφανής αλλά συχνά δε λαμβάνεται υπόψη. Οι απαιτούμενες διεργασίες για τη βαφή περιλαμβάνουν και την προετοιμασία της επιφάνειας. Αυτές οι δυο βασικές διεργασίες (προετοιμασία και βαφή) συνήθως γίνονται καλύτερα και φθηνότερα όταν πραγματοποιούνται σε ειδικούς εργοστασιακούς χώρους ή αναλαμβάνονται από ειδικά εξοπλισμένες ομάδες τεχνικών.

Για διαβρωτικά περιβάλλοντα η προετοιμασία της επιφάνειας φτάνει συχνά το 50% του συνολικού κόστους βαφής. Το κόστος του χρώματος έχει συνήθως μικρή συμμετοχή στο συνολικό κόστος.

Καταλληλότητα (ή δυνατότητα) προετοιμασίας της επιφάνειας και των μέσων εφαρμογής του χρώματος

Σε ορισμένα περιβάλλοντα δεν είναι δυνατή η χρήση ορισμένων τεχνικών βαφής ή προετοιμασίας της επιφάνειας. Για παράδειγμα, πολλές εταιρείες δεν επιτρέπουν τον καθαρισμό με ψηγματοβολή σε ανοικτό χώρο στον οποίο υπάρχουν συνήθως πολλές ηλεκτροκίνητες μηχανές. Ή, ακόμα, όταν απαιτείται η χρήση ειδικών μηχανημάτων, ορισμένες μέθοδοι καθαρισμού και βαφής μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε συγκεκριμένες εγκαταστάσεις (π.χ. χημικός καθαρισμός, ηλεκτροστατική βαφή).

Ασφάλεια

Οι συνηθισμένες απαιτήσεις ασφάλειας περιλαμβάνουν: αερισμό του χώρου, απομάκρυνση των διαλυτών από τον χώρο της βαφής, κατάλληλη και ασφαλή πρόσβαση στο προς βαφή αντικείμενο κ.λπ.

Πάντως, ανάλογα με την περίπτωση, πρέπει να έχουν προβλεφθεί και επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας.

Ευκολία συντήρηση /Επιδιόρθωση

Πολλά επικαλυπτικά που προσφέρουν καλή και μεγάλης διάρκειας προστασία είναι αρκετά δύσκολο να αντικατασταθούν στην περίπτωση φθοράς ή τοπικής αστοχίας.

Η πρόσφυση πρόσφατα επιστρωμένων χρωμάτων σε παλιότερα επιστρώματα είναι συνήθως μειωμένη, με αποτέλεσμα την αποφλοίωση του πρόσφατου επιστρώματος. Αντίστοιχα, αποτελέσματα έχουμε και με επιστρώματα που έχουν μεγάλο ποσοστό πιγμέντου. Αντίθετα, τα θερμοπλαστικά έχουν την ικανότητα να διαλύονται κατά την επίστρωση του νέου χρώματος σχηματίζοντας ένα επίστρωμα που είναι μίγμα μεταξύ του παλιού και του νέου χρώματος.

Γενικά, τα ελαιοχρώματα (αλκύδια, εποξειδικοί εστέρες και τροποποιημένα παράγωγα τους) παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα πάνω σε όχι καλά προετοιμασμένες επιφάνειες ή/και πάνω σε παλαιά στρώματα χρώματος. Μάλιστα, ακριβώς για αυτό, χρησιμοποιούνται συχνά σε μη καθαρές επιφάνειες, παρά το ότι έχουν σχετικά μικρότερη διάρκεια προστασίας.

Διακόσμηση/Αισθητική

Συνήθως, το χρώμα, η στιλπνότητα και η γενική εμφάνιση του επιστρώματος είναι μικρής σημασίας από την άποψη της προστασίας από τη διάβρωση. Παρ' όλα αυτά πολλά από τα αντιδιαβρωτικά χρώματα που είναι διαθέσιμα είναι ταυτόχρονα και αισθητικά ελκυστικά. Η αντιδιαβρωτική ικανότητα αυτών των χρωμάτων είναι περίπου ίδια με αυτήν που έχουν ορισμένα εποξικά των οποίων το κόστος είναι περίπου το μισό. Όμως η μεγάλη διαφορά στο αισθητικό αποτέλεσμα έχει οδηγήσει στην ευρύτερη χρήση τους, πχ της ουρεθάνης.

Ακαθαρσίες

Ως ακαθαρσία (contamination) επιφάνειας ορίζονται οποιαδήποτε συστατικά που παραμένουν σε μια μεταλλική επιφάνεια, μετά τον καθαρισμό της με συμβατικές μεθόδους και έχουν επιζήμια επίδραση κατά τη διάρκεια της επικάλυψης.

Οι ακαθαρσίες υπάρχουν σε όλες τις χρησιμοποιούμενες και διαβρωμένες επιφάνειες χάλυβα. Ωστόσο και οι νέες επιφάνειες μπορεί να έχουν ακαθαρσίες που απέκτησαν κατά την κατασκευή τους, τη μεταφορά ή αποθήκευσή τους.

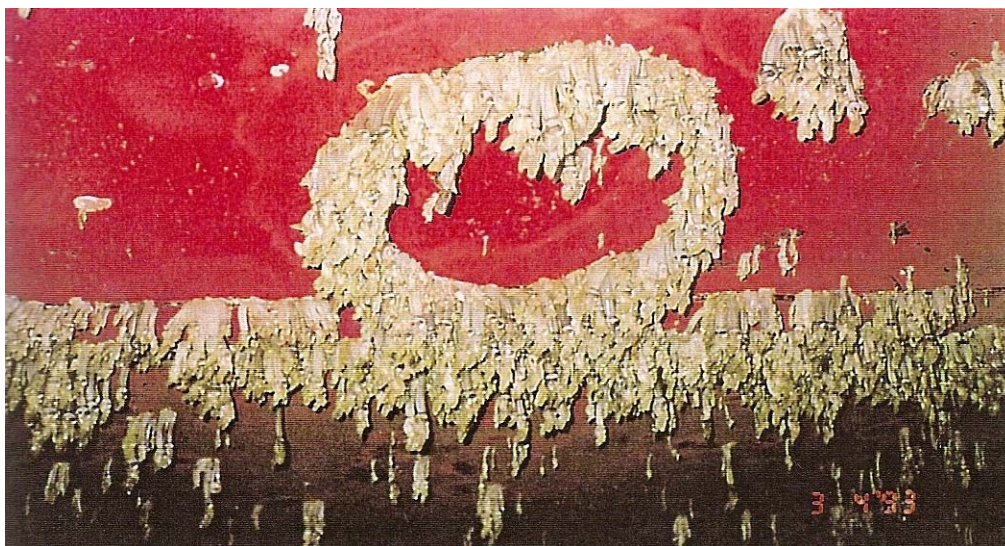
Υπάρχουν οι υδατοδιαλυτές ακαθαρσίες και ακαθαρσίες μη διαλυτές στο νερό.

Οι υδατοδιαλυτές ουσίες εκπροσωπούν πιθανώς τη μεγαλύτερη και δυνάμει καταστρεπτική κατηγορία ακαθαρσιών. Αυτές οι ουσίες είναι συχνά άχρωμες σε υδατικό διάλυμα και επομένως αόρατες όταν είναι σε μικρές ποσότητες στην επιφάνεια των μετάλλων. Ωστόσο, αυτές οι ποσότητες είναι αρκετές να προκαλέσουν την έναρξη της κυκλικής αντίδρασης που προκαλεί εκτεταμένη και συνεχή διάβρωση και/ή φλύκταινες κάτω από το επίστρωμα που συχνά οδηγούν σε πλήρη καταστροφή του επιστρώματος. Αυτές οι ουσίες μπορεί να είναι άλατα σιδήρου, χλωριούχα άλατα, θειικά άλατα.

Ακαθαρσίες αδιάλυτες είναι τα οξείδια του σιδήρου, αλλά δεν περιορίζονται μόνο σε αυτά, τα θειούχα άλατα, έλαια και κεριά λιπαρά οξέα και σιλικόνες.

2.9. Αντιρρυπαντικά χρώματα

Ρύπανση ονομάζεται το φαινόμενο της προσκόλλησης φυτικών και ζωικών οργανισμών που βρίσκονται στη θάλασσα πάνω στα βυθισμένα μέρη των κατασκευών (Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: Εντονη προσβολή των υφάλων του πλοίου από θαλάσσιους οργανισμούς

Ειδικά για πλοία και τις πλωτές κατασκευές, το φαινόμενο έχει πολύ μεγάλη σημασία. Η ρύπανση στα πλοία προκαλεί ανομοιογένεια και τραχύτητα της επιφάνειας των εξωτερικών ελασμάτων με αποτέλεσμα, πέρα από την ανάπτυξη της βιολογικής διάβρωσης, να σημειώνεται αύξηση της αντίστασης του πλοίου. Η δημιουργία δυνάμεων οπισθέλκουσας αυξάνει σημαντικά την αντίσταση του πλοίου (περίπου κατά 20%) με επακόλουθο την απαίτηση μεγαλύτερης ισχύος και την ανάγκη κατανάλωσης μεγαλύτερης ποσότητας καυσίμου για την επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας.

Η ρύπανση εξαπλώνεται με αυξημένους ρυθμούς κατά την παραμονή του πλοίου σε λιμένες και σε παράκτιες περιοχές γενικότερα. Η κατανομή των θαλάσσιων οργανισμών σπανίως είναι ομοιόμορφη, εξαιτίας των διαφορετικών προτύπων εγκατάστασης των διαφόρων οργανισμών. Η απαιτούμενη διάρκεια για την προσκόλληση των μικροοργανισμών αυτών πάνω στη γάστρα του πλοίου κυμαίνεται από λίγες ώρες μέχρι λίγες ημέρες, ενώ μερικά είδη οργανισμών μπορούν να προσκολληθούν και σε ταχύτητες του πλοίου άνω των τεσσάρων κόμβων. Η προστασία των υφάλων των πλοίων από τη ρύπανση επιτυγχάνεται με κατάλληλα αντιρρυπαντικά επικαλυπτικά τα οποία επιστρώνονται πάνω στα αντιδιαβρωτικά χρώματα.

Όλα τα εμπορικά αντιρρυπαντικά επιστρώματα βασίζονται στις διεργασίες έκπλυσης δηλητηρίων από την επιφάνειά τους. Τα περισσότερα από τα δηλητήρια που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν, έχουν μεταλλική ή οργανομεταλλική σύσταση. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα αντιρρυπαντικά επιστρώματα ήταν ο

χαλκός, το αρσενικό, υδράργυρος και διάφορες ενώσεις τους. Άλλα βιοενεργά δηλητήρια, που επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η στρυχνίνη και τα οξείδια του ψευδαργύρου, αντιμονίου και μολύβδου. Τα πλέον αποτελεσματικά δηλητήρια, που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οξείδια του χαλκού και οργανοασπιτερικές ενώσεις. Πρόσφατα επιβλήθηκαν περιορισμοί στην χρήση τριβουτυλοκασιτερικών (TBT) ενώσεων στα αντιρρυπαντικά επιστρώματα αφού οι ενώσεις, που εκπλένονται, δεν διασπώνται και σε κλειστές θαλάσσιες περιοχές καταστρέφουν τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.

2.9.1. Μηχανισμοί λειτουργίας των αντιρρυπαντικών επιστρωμάτων

Οι κύριοι τύποι αντιρρυπαντικών επιστρωμάτων (Laidlow F., 1952 – Kjaer E., 1992) που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι:

1. Συνήθη αντιρρυπαντικά τύπου διαλυτής μήτρας (conventional soluble matrix type)
2. Αντιρρυπαντικά τύπου αδιάλυτης μήτρας (insoluble matrix type)
3. Αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά (self-polishing)
4. Αντιρρυπαντικά λειαινόμενα από τριβή (self-polishing/ablative).

2.9.1.1. Συνήθη αντιρρυπαντικά διαλυτής μήτρας

Τα συνήθη, τύπου διαλυτής μήτρας αντιρρυπαντικά, που προσδίδουν προστασία για 12-15 μήνες, έχουν χρησιμοποιηθεί από τις αρχές της δεκαετίας του '30. Η σχετικά σύντομη ζωή αυτού του τύπου των αντιρρυπαντικών επιστρωμάτων είναι αποτέλεσμα της μικρής τους μηχανικής αντοχής. Ο φορέας αποτελείται συνήθως από κόμμι κολοφονίου ή από προϊόντα κολοφονίου, που δίνουν κακές μηχανικές αντοχές και επιτρέπουν τη δημιουργία συστημάτων σε σχετικά λεπτή στοιβάδα. Τα συνήθη αντιρρυπαντικά λειτουργούν με τη διάλυση του όξινου κολοφονίου στο θαλασσινό νερό, που έχει περίπου pH 8, εκπέμποντας τα βιοενεργά στοιχεία που μετά διαλύονται. Ως αρχή, η έκπλυση των βιοενεργών ουσιών παραμένει σταθερή μέχρι να διαλυθεί πλήρως η μπογιά.

2.9.1.2. Αντιρρυπαντικά τύπου αδιάλυτης μήτρας

Κατά τη δεκαετία του 1940-1950, η ύπαρξη νέων πολυμερών, όπως το χλωριομένο καουτσούκ και οι βινυλικές ρητίνες, έδωσαν ώθηση για την ανάπτυξη νέων αντιρρυπαντικών χρωμάτων του τύπου αδιάλυτης μήτρας. Η αυξημένη μηχανική αντοχή, που έχουν αυτού του είδους τα πολυμερή, επιτρέπει την εφαρμογή συστημάτων μεγαλύτερου πάχους από πριν. Αυτό, μαζί με την αυξημένη φόρτιση από βιοενεργές ουσίες, προσδίδει αποτελεσματική προστασία για 18-30 μήνες για συνηθισμένες καταστάσεις ή και για συνθήκες αυξημένης ρύπανσης από τη θάλασσα. Ο φορέας δεν είναι διαλυτός στο νερό, όπως στην περίπτωση των συμβατικών αντιρρυπαντικών, τα βιοενεργά στοιχεία και τα άλλα διαλυτά συστατικά διαλύονται από τα επιφανειακά στρώματα και τα υποεπιφανειακά διαλυτά στοιχεία, περιλαμβανομένων των βιοενεργών υλικών, εκπέμπονται στο περιβάλλον. Έτσι παρατηρείται ένας εκθετικός ρυθμός έκπλυσης και όλο και λιγότερα υλικά μένουν στο αντιρρυπαντικό στρώμα. Το κύριο μειονέκτημα με αυτού του είδους τα

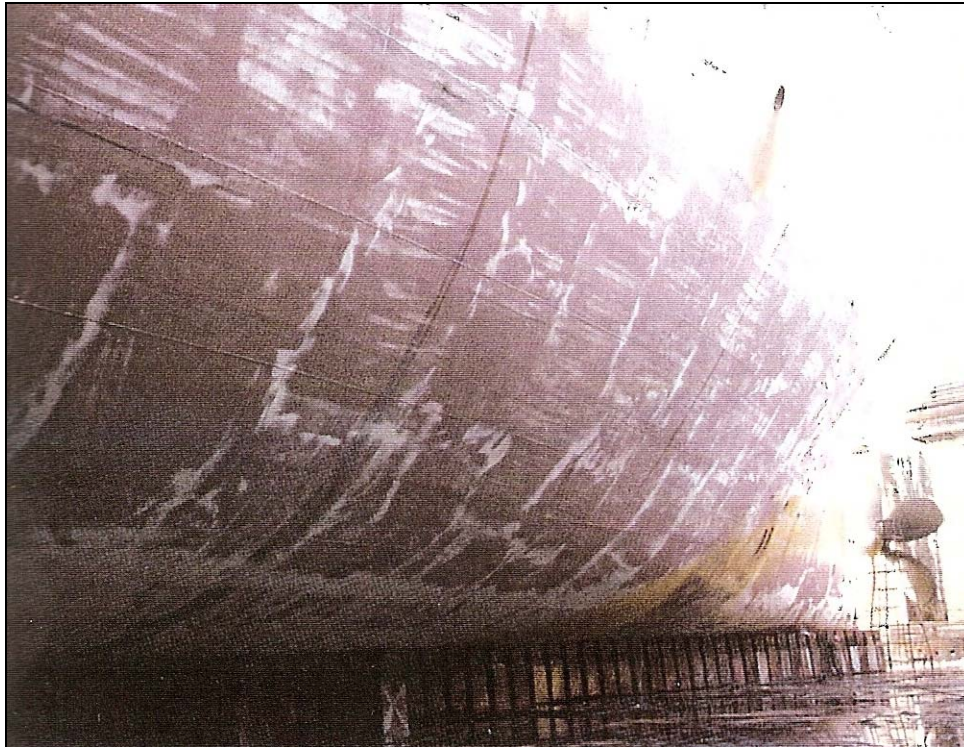
επιστρώματα, είναι ότι το εξαντλημένο στρώμα μένει πάνω στην επιφάνεια, χωρίς βιοενεργά υλικά, αυξάνοντας τον συντελεστή τριβής της.

2.9.1.3. Αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά επιστρώματα

Αυτή ήταν η κατάσταση της τεχνολογίας μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '70, όταν αναπτύχθηκαν τα επαναστατικά αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά χρώματα. Το κύριο συστατικό είναι ένα οργανοκασσιτερικό συμπολυμερές με πολύ καλές μηχανικές αντοχές, που επιτρέπει τη δημιουργία παχύτερου στρώματος. Αυτό έχει ως συνέπεια την επίτευξη μακροχρόνιων διαστημάτων μεταξύ δυο δεξαμενισμών και σήμερα, ακόμη και 5 έτη, θεωρούνται μια καλή περίοδος με αποτελεσματική λειτουργία. Η οργανοκασσιτερική ένωση είναι χημικά ενωμένη με το ακρυλικό στέλεχος του οργανοκασσιτερικού συμπολυμερούς και απελευθερώνεται όταν έρθει σε επαφή με το θαλασσινό νερό. Το απομένον σκελετικό στέλεχος διαλύεται και εκπλένεται με την κίνηση του σκάφους. Έτσι, επιτρέπεται σε καινούργια, φρέσκια επιφάνεια να εμφανισθεί και να λειτουργήσει. Δημιουργείται μια συνεχής έκπλυση από βιοενεργά υλικά και η επιφάνεια μένει λεία ή γίνεται όλο και πιο λεία με την κίνηση του σκάφους (Εικόνες 2.9 και 2.10)



Εικόνα 2.9: Παράδειγμα επιτυχημένης χρήσης αυτολειαινόμενων αντιρρυπαντικών στα ύφαλα ενός δεξαμενόπλοιου



Εικόνα 2.10: Η κατάσταση των υφάλων ενός πλοίου στο οποίο εφαρμόστηκε 30 μήνες πριν αυτολειαινόμενο αντιρρυπαντικό καλής ποιότητας

2.9.1.4. Αντιρρυπαντικά λειαινόμενα από τριβή

Μέσα στη δεκαετία του '80 έχουν εμφανισθεί στην αγορά τα αντιρρυπαντικά, του τύπου λείανσης με την τριβή. Όπως και τα αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά, λειτουργούν με μια διαδικασία από τριβή. Περιέχουν ένα μεγάλο ποσοστό ευδιάλυτου στο θαλασσινό νερό συνδυασμένο με πολυμερείς ενώσεις, που ελέγχουν τη διάλυση με τη φυσική διεργασία. Όταν έρχονται σε επαφή με το θαλασσινό νερό τα βιοενεργά υλικά διαλύονται μαζί με τον διαλυτό φορέα. Τότε, οι ενώσεις που ελέγχουν τη διάλυση εκπλένονται με τη μορφή μικροσυσσωμάτων σύντομα μετά την εμβάπτιση επέρχεται μια δυναμική ισορροπία στο ρυθμό διάλυσης, που προσδίδει ένα συνεχή ρυθμό λείανσης/τριβής, με αποτέλεσμα το φιλμ να καταναλώνεται κατά την λειτουργία του, όπως και τα αυτολειαινόμενα αντιρρυπαντικά επιστρώματα.

Αυτή η νέα σχετικά τεχνολογία προσφέρει την καλύτερη δυνατή συμπεριφορά χωρίς τη χρήση οργανοκασσιτερικών ουσιών. Αυτός ο τύπος του επιστρώματος είναι καλός για προστασία από την ρύπανση σε συνήθη και έντονα ρυπαντικά περιβάλλοντα και εξ αιτίας της καλής λειτουργίας των πολυμερών συστατικών. Μπορεί να μεσολαβήσουν και διαστήματα 36 μηνών μεταξύ δεξαμενισμών του πλοίου, διάστημα, που μέχρι τώρα θεωρείται οριακό για αυτήν την τεχνολογία.

2.10. Πάχος μεμβράνης χρώματος

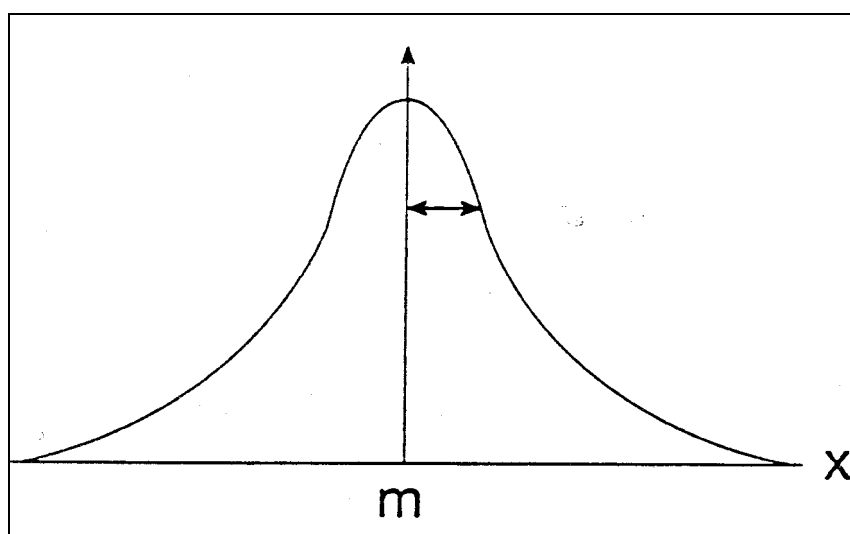
Από την προοπτική της οργανωμένης μακροχρόνιας προστασίας της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου με τη βοήθεια χρωμάτων, είναι πολύ σημαντικό να εφαρμόζονται χρώματα σε ομοιόμορφες επιστρώσεις καθορισμένου πάχους. Έτσι απαιτείται ο έλεγχος του πάχους της μεμβράνης χρώματος κατά την εφαρμογή του.

2.10.1 Καθορισμός του πάχους

Είναι πολύ σημαντικό για τον πλοιοκτήτη, τον κατασκευαστή του πλοίου και τον κατασκευαστή των χρωμάτων να συμφωνήσουν σε όσα αφορά στη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουν για τη μέτρηση του πάχους του επιστρώματος, καθώς και για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Γενικά, το πάχος μεταβάλλεται ανάλογα με τη μέθοδο της μέτρησης. Επίσης, ο καθορισμός του μέσου ελάχιστου πάχους θα πρέπει να μεταβάλλεται αναλόγως την περίπτωση της εφαρμογής. Επομένως, συνιστάται να διευκρινίζεται ο καθορισμός του πάχους πριν να ολοκληρωθούν οι συμφωνίες για την εφαρμογή του συστήματος προστασίας.

2.10.2 Κατανομή του πάχους μεμβράνης

Όταν πραγματοποιείται η εφαρμογή του χρώματος κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, η κατανομή του πάχους μεμβράνης θα πρέπει να ακολουθεί την καμπύλη της κανονικής κατανομής (Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Καμπύλη κατανομής του πάχους μεμβράνης

Η τυπική απόκλιση της κατανομής θα πρέπει να αποτελεί μια καλή ένδειξη της ακρίβειας της εργασίας εφαρμογής του επιστρώματος. Προφανώς, όσο μικρότερη είναι η απόκλιση, τόσο καλύτερα ελέγχεται η εργασία.

Σε γενικές γραμμές, το τυπικό και το ελάχιστο πάχος στην κατανομή θα πρέπει να πληρούν τα ακόλουθα :

1. Το ελάχιστο πάχος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το 90% του τυπικού πάχους.
2. Περιοχές πάχους μικρότερου από το ελάχιστο αποδεκτό θα πρέπει να περινοούνται με ένα επιπλέον στρώμα βαφής (touch up) ώστε το προκύπτον πάχος να ξεπεράσει το ελάχιστο αποδεκτό.

2.10.3 Πάχος υγρής και ξηρής μεμβράνης

Το πάχος υγρής μεμβράνης (wet film thickness: w.f.t.) διαφέρει από το πάχος ξηρής μεμβράνης (dry film thickness: d.f.t.) του τελικού στρώματος βαφής. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι μέσα σε ένα χρώμα περιέχονται τόσο στερεά όσο και υγρά συστατικά. Έτσι, μέρος των υγρών αυτών συστατικών διαφεύγει στην ατμόσφαιρα κατά τη φάση της ξήρανσης (εξατμίζεται), με αποτέλεσμα να σημειώνεται μείωση του αρχικού όγκου της ποσότητας του χρώματος που επιστρώθηκε. Η μείωση αυτή εκφράζεται μέσω του παρακάτω μεγέθους :

- Λόγος Όγκου Στερεών (Solid Volume Ratio): εκφράζει το ποσοστό των στερεών ανά μονάδα όγκου που περιέχονται στο χρώμα. Το μέγεθος αυτό αναγράφεται πάντα στο δελτίο πληροφοριών (data sheet) του χρώματος, ενώ επιθυμητή από τον πλοιοκτήτη τιμή είναι η μέγιστη δυνατή (για προφανείς λόγους εξοικονόμησης κόστους). Συνήθεις τιμές του είναι 40-60%, ενώ σε επιστρώματα νέου τύπου μπορεί να φτάσει μέχρι το 80%. Η σχέση που ισχύει μεταξύ πάχους υγρής και ξηρής μεμβράνης θα είναι :

$$d.f.t. = w.f.t. \frac{SVR(\%)}{100}$$

2.10.4 Μέσο πάχος μεμβράνης και κατανάλωσης χρώματος

Η σχέση μεταξύ του μέσου πάχους μεμβράνης και της κατανάλωσης του χρώματος κατά την εργασία επίστρωσης της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου είναι η ακόλουθη :

$$d.f.t.(av) = \frac{100 - L}{100} \times \frac{10 \times SVR \times C}{A}$$

όπου,

d.f.t.(av) : μέσο πάχος ξηρής μεμβράνης (σε microns)

L : απώλεια χρώματος κατά τη διαδικασία της εφαρμογής του ως ποσοστό της συνολικά χρησιμοποιούμενης ποσότητας (οι συνήθεις τιμές κυμαίνονται από 30% έως 50%)

SVR : λόγος όγκου στερεών του χρώματος

C : ποσότητα χρώματος που χρησιμοποιήθηκε συνολικά (σε λίτρα)

A : το εμβαδόν της μεταλλικής επιφάνειας που επιστρώθηκε (σε m²)

Ένα σύστημα βαφής μπορεί να παράσχει ικανοποιητική προστασία μόνον όταν καλύπτει πλήρως και τις ψηλότερες κορυφές της τραχύτητας του υποστρώματος. Αν η τραχύτητα είναι πολύ μεγάλη, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα χρώματος, ώστε να καλύφθούν όλες οι κορυφές, οι οποίες, αν μείνουν εκτεθειμένες μπορούν να προκαλέσουν γρήγορα αστοχία του χρώματος. Αν αντίθετα η τραχύτητα είναι πολύ μικρή, δημιουργούνται προβλήματα στην πρόσφυση του χρώματος και επίσης γρήγορη αστοχία του χρώματος. Είναι προφανές πως, όσο μεγαλύτερη είναι η

τραχύτητα, τόσο μεγαλύτερο θα πρέπει να είναι το πάχος της βαφής και άρα το κόστος.

Γενικά, η μέγιστη τιμή της τραχύτητας (μέγιστη απόσταση από κοιλάδα) θα πρέπει να αντιστοιχεί στο 30% περίπου του ξηρού πάχους του επιστρώματος βαφής (Καλιαμπάκος, 1993). Σε περιπτώσεις όμως έντονα διαβρωμένων επιφανειών, η τραχύτητα είναι αναπόφευκτα μεγαλύτερη, εξαιτίας της ήδη ανομοιόμορφης αρχικής κατάστασης της επιφάνειας, της ευκολότερης παγίδευσης σωματιδίων αποξεστικού στις εσοχές της κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ

3.1. Γενικά περι ψηγματοβολής

Ψηγματοβολή είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών επιφανειών προκειμένου να γίνει εφαρμογή κάποιου χρώματος ή συστήματος χρωματισμού, που σκοπό έχει κατά κύριο λόγο την προστασία των επιφανειών από την οξειδωση/διάβρωση.

Η αρχή λειτουργίας της ψηγματοβολής στηρίζεται στη βίαιη προώθηση ρεύματος αποξεστικού υλικού πάνω στην επιφάνεια (Leliart M.). Τα αποξεστικά υλικά (άμμος, ορυκτά, αποκαμινεύματα, ψήγματα μετάλλων, κ.λπ.) με την πρόσπτωση στην επιφάνεια απομακρύνουν τα επιστρώματα βαφής, τα προϊόντα οξειδωσης και άλλα υπολείμματα και προετοιμάζουν την επιφάνεια για βαφή.

Σήμερα, το φάσμα των εφαρμογών της ψηγματοβολής επεκτείνεται πέρα από τον κλασικό καθαρισμό πλοίων και μεταλλικών κατασκευών και έχει εφαρμογές στις αεροναυπηγικές εργασίες, την οδοντιατρική, την κατασκευή κοσμημάτων και κρυστάλλων, τον καθαρισμό μη μεταλλικών επιφανειών όπως κτιρίων, δρόμων, μνημείων, κ.λπ (Ανδρόνικος, 1992).

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι ο όρος “αμμοβολή” (sand-blasting στην αγγλική ορολογία), τουλάχιστον σε ότι αφορά στην Ναυπηγική και N/E βιομηχανία, δεν ανταποκρίνεται πια στην πραγματικότητα καθώς η χαλαζιακή (πυριτική) άμμος, από όπου προέρχεται η ονομασία της μεθόδου, δεν αποτελεί σήμερα το κυρίως χρησιμοποιούμενο αποξεστικό μέσο. Ο ακριβέστερος όρος θα ήταν “Ψηγματοβολή” (Grit-blasting στην αγγλική ορολογία αντίστοιχα), και στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας υιοθετείται ο όρος αυτός.

Συγκρινόμενη με τις άλλες υπάρχουσες μεθόδους καθαρισμού των επιφανειών, η ψηγματοβολή είναι η πλέον γρήγορη, αποδοτική και αποτελεσματική μέθοδος. Είναι μέθοδος πολύ χρήσιμη με πρακτική διαδικασία και με πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων καθαρισμού επιφανειών. Το βασικότερο εξ' αυτών είναι ο μεγάλος βαθμός καθαρισμού που μπορεί να επιτευχθεί και η δημιουργία κατάλληλου ΠΡΟΦΙΛ (anchor pattern), που είναι το ζητούμενο για την πρόσφυση του χρώματος στην επιφάνεια.

Η ψηγματοβολή σε διεθνές επίπεδο έχει περάσει, τα τελευταία χρόνια, από το στάδιο της εμπειρικής εργασίας σε εκείνο της επιστημονικά σχεδιασμένης και ελεγχόμενης παραγωγικής διαδικασίας, με εφαρμογές σε ποικίλες βιομηχανικές δραστηριότητες. Ταυτόχρονα υπάρχει συνεχής ανάπτυξη έρευνας σχετική με θέματα ψηγματοβολής, με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας, των συνθηκών εργασίας, κ.λπ.

Η ανάπτυξη της έρευνας σήμερα γύρω από την ψηγματοβολή βασίζεται σε ορισμένες γενικής αποδοχής παραδοχές (Λαμπράκης Δ., 1997):

- Παρά τις προσπάθειες για ανάπτυξη άλλων μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας μεγάλων επιφανειών, η ψηγματοβολή και οι παρεμφερείς της τεχνικές παραμένουν σήμερα αναντικατάστατες, με πολύ ισχυρά πλεονεκτήματα όσον αφορά στην παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητά τους. Ταυτόχρονα, συνεχίζεται η προσπάθεια για τη μείωση των περιβαλλοντικών και άλλων προβλημάτων, τη βελτίωση της ποιότητας εργασίας και την επέκταση του πεδίου των εφαρμογών τους.
- Πρόκειται για μια βαριά ανθυγιεινή εργασία με συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Υπάρχει, επομένως, μεγάλη ανάγκη για μείωση των επιπτώσεων

αυτών, καθώς και ανάγκη για την ανάπτυξη ασφαλέστερων διαδικασιών και αποτελεσματικότερου εξοπλισμού ασφαλείας.

▪ Ορισμένα σοβαρά προβλήματα της διαδικασίας αντιμετωπίζονται ακόμη και σήμερα με οικονομικά ασύμφορο τρόπο δίνοντας ώθηση στην αναζήτηση νέων, αποτελεσματικότερων λύσεων φιλικότερων προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Σημειώνεται, ότι ο μεγάλος όγκος των ερευνητικών προσπαθειών στο αντικείμενο διεξάγεται στις ΗΠΑ. Οι αντίστοιχες προσπάθειες στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέχρι σήμερα είναι αποσπασματικές, παρουσιάζουν έλλειμμα όσον αφορά στη διάχυση των αποτελεσμάτων τους και υλοποιούνται κυρίως από κατασκευαστές εξοπλισμού ή συγκεκριμένα ναυπηγεία για τις ανάγκες τους.

Η βιομηχανική έρευνα διεθνώς κινείται σήμερα προς δύο κύριες κατευθύνσεις:

- ✓ Ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών επιφανειών.
- ✓ Εισαγωγή εναλλακτικών αποξεστικών μέσων, ανακυκλώσιμων κατά προτίμηση, με σκοπό τη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων, για χρήση τους είτε στην ξηρή είτε στις εναλλακτικές μεθόδους καθαρισμού, τα οποία θα είναι φιλικότερα στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Στο πλαίσιο αυτό, έχουν διεξαχθεί πολλά έργα βασικής και εφαρμοσμένης (βιομηχανικής) έρευνας, με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα ευρύ φάσμα εναλλακτικών αναλώσιμων αποξεστικών υλικών (π.χ. ολιβίνης, σταυρόλιθος, κ.λπ.), ανακυκλώσιμων (π.χ. γρανάτης, steel grit, κ.λπ.) και μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών (π.χ. υδροβολή υπερυψηλής πίεσης – UHP, υδροαμμοβολή, αμμοβολή υπό κενό, κ.λπ.), που χρησιμοποιούνται στη Ν/Ε βιομηχανία. Κάθε ένα από τα νέα εναλλακτικά υλικά ή τις μεθόδους καθαρισμού παρουσιάζει, σε σχέση με την κλασική ψηγματοβολή, συγκριτικά πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα αναφορικά με την απόδοση καθαρισμού και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί.

3.2. Η σημασία της ψηγματοβολής

Η προστασία των μετάλλων από τη διάβρωση αποτελεί σήμερα πολύ σοβαρό τεχνικό-οικονομικό ζήτημα, καθώς η χρήση των μετάλλων σε όλων των ειδών τις βιομηχανικές κατασκευές είναι ιδιαίτερα διευρυμένη. Οι επιπτώσεις είναι πολύ πιο έντονες όταν μια μεταλλική κατασκευή λειτουργεί σε έντονα διαβρωτικό περιβάλλον. Έτσι, στην περίπτωση των πλοίων, ένα έλασμα πρέπει να αντικαθίσταται αν η διάβρωση έχει προχωρήσει ακόμα και στο 10% του πάχους του. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για την προστασία από τη διάβρωση το μέσο ημερήσιο κόστος ενός ναυπηγείου κυμαίνεται από 12000-35000 ευρώ (Ανδρόνικος, 2000).

Η προστασία από τη διάβρωση είναι επιβεβλημένη και από οικονομικής πλευράς, αλλά και όσον αφορά στην ασφάλεια, αφού η διάβρωση είναι υπεύθυνη για:

- Τις διακοπές στο χρόνο πλεύσης του πλοίου.
- Τη μείωση της ταχύτητας ενός πλοίου και την αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων.
- Τα υψηλά κόστη συντήρησης και επισκευών.
- Τη μόλυνση των φορτίων που μεταφέρουν τα πλοία.
- Τα προβλήματα ασφαλείας όταν το μέταλλο χάνει την αντοχή για την οποία έχει σχεδιαστεί.

- Την απώλεια σημαντικών μηχανικών ιδιοτήτων των ελασμάτων, όπως π.χ. η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Ειδικά όσον αφορά στη ναυπηγική και N/E βιομηχανία, η πλέον διαδεδομένη μέθοδος προστασίας των πλοίων από τη διάβρωση παγκοσμίως είναι η επαναλαμβανόμενη κατά τακτά χρονικά διαστήματα διαδικασία καθαρισμού και βαφής των επιφανειών τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, που τονίζει τη σημασία του σωστού καθαρισμού και της σωστής προετοιμασίας των επιφανειών, αποτελεί το γεγονός (Leyland et al, 1999) ότι, περίπου το 90% των αστοχιών βαφής οφείλεται σε προβλήματα της προετοιμασίας των επιφανειών και μόνο το 10% σε άλλους λόγους (ποιότητα χρωμάτων, εφαρμογή της βαφής, κ.λπ.)

Η ανοικτή ξηρή ψηγματοβολή χρησιμοποιείται εδώ και αρκετές δεκαετίες ως η αποτελεσματικότερη μέθοδος προετοιμασίας των μεγάλων μεταλλικών επιφανειών (Παναγόπουλος et al., 1993). Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά της είναι τα ακόλουθα:

- Δημιουργεί επιφάνεια υψηλής καθαρότητας, απαλλαγμένη από χρώματα και προϊόντα οξειδωσης.
- Εξασφαλίζει υψηλές αποδόσεις καθαρισμού.
- Επιτυγχάνει επιφάνεια κατάλληλης μικροτραχύτητας, ώστε να προσφουθεί ισχυρά σε αυτή η επακόλουθη βαφή.
- Εμφανίζει ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής σε διάφορες εφαρμογές ή χώρους.
- Έχει χαμηλό κόστος επένδυσης (κτήσης εξοπλισμού) και χαμηλό κόστος λειτουργίας.

3.3. Δράσεις της ψηγματοβολής

Το πεδίο δράσης ενός αποξεστικού καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του υλικού (Skillen, 1994). Για παράδειγμα, υλικά υψηλής περιεκτικότητας σε ελεύθερο SiO₂ και σε βαρέα μέταλλα και με υψηλή παραγωγή σκόνης κάτω από φυσιολογικές συνθήκες αποφεύγεται να χρησιμοποιούνται σε ανοικτές ψηγματοβολές. Άλλα χαρακτηριστικά των υλικών είναι αν έχουν μεγάλο ποσοστό στο ρυθμό παραγωγής και την ποιότητα καθαρισμού, ανθεκτικότητα ώστε να γίνεται συλλογή, ανάκτηση και ανακύκλωση, κατάλληλο κοκκώδες σχήμα και μέγεθος, κ.λπ.

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι, αν και η ακολουθούμενη πρακτική τείνει να περιλάβει τα αποξεστικά ψηγματοβολής για όλες τις χρήσεις, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε μια από τις εξής βασικές δράσεις:

- ✓ Καθαρισμός (Cleaning). Είναι η πιο διαδεδομένη από όλες τις εφαρμογές υλικών ψηγματοβολής και πετυχαίνει την αφαίρεση ακαθαρσιών και βαφών από τη μεταλλική επιφάνεια χωρίς να αλλάζει ή να αλλοιώνει το σχήμα, τη δομή ή τις συνολικές διαστάσεις της. Στις περισσότερες εφαρμογές καθαρισμού επιφανειών το μόνο απαραίτητο είναι να επιτευχθεί αυτό που αναφέρεται ως “εμπορικός καθαρισμός”, δηλαδή η αφαίρεση των υπολειμμάτων όπως το λάδι, το γράσο, οι ακαθαρσίες, τα προϊόντα οξειδωσης, η καλαμίνη, κ.α. Όμως, για υψηλότερη ποιότητα καθαρισμού, συχνά, υπάρχουν επιπλέον αυστηρές προδιαγραφές και οι οποίες αναφέρονται

σε αφαίρεση του 95% ή και του 100% των υπολειμμάτων. Για την ποιότητα καθαρισμού της επιφάνειας, η οποία έχει άμεση σχέση με το βαθμό οξείδωσης της επιφάνειας θα αναφερθούμε παρακάτω αναλυτικότερα.

- ✓ Ελαφρύς καθαρισμός (Deburring). Είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται καθαρισμός σε έτοιμα προς χρήση μέρη μηχανών, εργαλείων, μέρη αυτοκινήτων, κ.λπ. Ένας σημαντικός περιορισμός για τα υλικά που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό οργάνων ακριβείας, είναι ότι η ελαφρά καθαρισμένη επιφάνεια δε θα πρέπει να υποστεί κανενός είδους αλλοίωση.
- ✓ Κοπή (Cutting). Στις εφαρμογές της ψηγματοβολής για κοπή, το αποξεστικό τις περισσότερες φορές αναμειγνύεται με κάποιο υγρό, συνήθως νερό. Με τη διαδικασία αυτή το υλικό μπορεί να κόψει ένα μικρό κομμάτι της επιφάνειας ή να την κόψει εγκάρσια (διαμπερής κοπή). Για την κοπή με ψηγματοβολή χρησιμοποιούνται αποξεστικά μέσα μεγέθους 0,18 mm περίπου, τα οποία εκτοξεύονται στην επιφάνεια με πίεση τουλάχιστον $5,5 \cdot 10^8$ Pa.
- ✓ Αύξηση των θλιπτικών τάσεων (shot peening). Στην περίπτωση αυτή το αποξεστικό μέσο μεταδίδει υπολειμματικές θλιπτικές τάσεις κατά την πρόσκρουση στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αντοχής σε κόπωση και την αύξηση του χρόνου ζωής της.
- ✓ Φινίρισμα (Finishing). Το φινίρισμα γίνεται όταν η δράση της ψηγματοβολής δημιουργεί ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα στην επιφάνεια. Ένας συνδυασμός από προσεκτική επιλογή υλικού και ρυθμίσεις των κατάλληλων συνθηκών εφαρμογής (πίεση στο ακροφύσιο, διάρκεια, κ.λπ.) μπορεί να καταστήσει μια επιφάνεια θαμπή, ματ ή στιλπνή ανάλογα με τις απαιτήσεις του φινιρίσματος. Η διαδικασία του φινιρίσματος δεν χρησιμοποιείται για προετοιμασία της επιφάνειας προς βαφή.
- ✓ Χάραξη (etching). Στις εφαρμογές χάραξης το αποξεστικό μέσο χρησιμοποιείται για να τροποποιήσει την επιφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την απότομη αφαίρεση μέρους της επιφάνειας από το προσκρουόμενο υλικό, με αποτέλεσμα αυτή να εμφανίζει σειρές από αυλάκια, χαραγές μεγάλες ή σημειακές. Μετά τη διαδικασία, είναι δυνατόν να προστεθεί στην επιφάνεια οποιαδήποτε βαφή και επίστρωμα.

3.4. Κατηγορίες ψηγματοβολής

Ανάλογα με τον τρόπο που το αποξεστικό μέσο εκτοξεύεται πάνω στην υπο καθαρισμό επιφάνεια διακρίνονται δυο γενικές κατηγορίες (Metals handbook, 1982):

- Ψηγματοβολή με αέρα υψηλής πίεσης και εκτόξευση του αποξεστικού από ακροφύσιο (Air abrasive blast cleaning)
- Ψηγματοβολή με φυγόκεντρο δύναμη μέσω τροχού ψηγματοβολής (Centrifugal blast cleaning)

Στην πρώτη, τα σωματίδια εκτοξεύονται μέσω ισχυρής ροής αέρα και ενός ακροφυσίου πάνω στην προς καθαρισμό επιφάνεια, ενώ στη δεύτερη, το αποξεστικό υλικό προωθείται μέσω φυγόκεντρης δύναμης που προκαλεί μονάδα περιστρεφόμενου τροχού (Cavallo, 2001). Πρέπει να σημειωθεί ότι η πρώτη κατηγορία ψηγματοβολής είναι και αυτή που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα και είναι αυτή που παρουσιάζει το πιο μεγάλο ενδιαφέρον. Αντίθετα, η δεύτερη χρησιμοποιείται σε μικρό ποσοστό και είναι αποκλειστικά κλειστού τύπου (εκτελείται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους).

3.5. Ιστορικά στοιχεία

Το 1870 ο Benjamin C Tilghman παρατήρησε για πρώτη φορά την αποξεστική ιδιότητα της άμμου όταν παρασύρεται από ρεύμα αέρα πάνω σε διάφορες επιφάνειες και υπέβαλε την πρώτη του ευρεσιτεχνία για κόψιμο, ακόνισμα, κ.λπ μέσω βολών ατμού, νερού και πεπιεσμένου αέρα στις 18 Οκτωβρίου 1870. Αυτή θεωρείται η γενέθλια ημερομηνία της βιομηχανίας της αμμοβολής (Plaster, 1982).

Στα 130 και πλέον χρόνια που μεσολάβησαν η εξέλιξη της μεθοδολογίας αυτής ήταν συνεχής τόσο στην παραγωγική διαδικασία, με βελτιώσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού, όσο και στα χρησιμοποιούμενα αποξεστικά μέσα, με συνεχείς βελτιώσεις των ιδιοτήτων τους και με την εισαγωγή νέων αποξεστικών, αναλώσιμων και ανακυκλώσιμων.

Σταθμοί που μπορούν να θεωρηθούν σημαντικοί στην εξέλιξη της (Plaster, 1983):

- 1870 : Ο Tilghman υποβάλλει τις δυο πρώτες ευρεσιτεχνίες για καθαρισμό διαφόρων επιφανειών με τη βοήθεια άμμου που εκτοξεύεται με ρεύμα αέρα, ενώ με μια αναφορά του 1890 αναφέρει ότι “στις ΗΠΑ το 1875, 240.000 ταφόπετρες στα εθνικά κοιμητήρια δουλεύτηκαν με τη βοήθεια χυτοσίδηρου, ενώ η γύρω περιοχή αποξέστηκε με αμμοβολή” .
- 1907 : Ο F.M. Wise παρουσιάζει μια μηχανή που διατηρεί τη διαδικασία της αμμοβολής σε κλειστό σύστημα με δυνατότητα ανακύκλωσης του υλικού. Με την ίδια αρχή λειτουργίας χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα ευρύτατα κλειστές μηχανές αμμοβολής για τον καθαρισμό εξαρτημάτων ή τη διακόσμηση αντικειμένων.
- 1927 : Ο E.G. Herbert δημοσιεύει μια εργασία πάνω στην αύξηση της αντοχής του χάλυβα μέσω της απόξεσης, με τίτλο “The work hardening of steel by abrasion”, στην οποία παρουσίαζε μια μέθοδο, την οποία ονόμασε “Cloudburst”. Η εργασία αυτή θεωρείται πρόδρομος των ευρύτατα σήμερα εφαρμοζόμενων τεχνικών , με τις οποίες επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής του χάλυβα ή των άλλων κραμάτων σε κόπωση (π.χ. shot peening στην αεροπορική βιομηχανία)
- 1930 : Ο V.E. Minich παρουσιάζει τον πρώτο λειτουργικό και παραγωγικό τροχό αμμοβολής δίνοντας έτσι ώθηση σε ένα νέο κλάδο της αμμοβολής που βασίζεται στην προώθηση του αποξεστικού μέσω της φυγόκεντρης δύναμης που προκαλεί μια μονάδα περιστρεφόμενου τροχού (Centrifugal Blast Cleaning).
- 1936 : Δημοσιεύεται η εργασία με τίτλο “Ο κίνδυνος σιλίκωσης από την άμμο αμμοβολής” του Merewether. Η εργασία είναι εξαιρετικής σημασίας, ως μια έντονη και έγκαιρη καταγγελία της χρήσης της πυριτικής άμμου στην αμμοβολή.
- 1939 : Ο W.L. Tirell υποβάλλει την ευρεσιτεχνία για υγρή διαδικασία αμμοβολής (The hydroblast).
- 1939 : Δημοσιεύεται το εγχειρίδιο με τίτλο “Impact Cleaning” του Rosenberg που αποτελεί την πρώτη συστηματική προσπάθεια θεωρητικής, αλλά και πρακτικής, κάλυψης όλων των διαφορετικών εργασιών αμμοβολής.
- Δεκαετία του 50 : Καθιερώνονται στη Μεγάλη Βρετανία οι προδιαγραφές HMSO, οι οποίες για πρώτη φορά διεθνώς απαγορεύουν την ύπαρξη ελεύθερου πυριτίου στο αποξεστικό μέσο της αμμοβολής. Η αμμοβολή καθιερώνεται ως συστηματικό στάδιο καθαρισμού των πλοίων πριν την εφαρμογή των συνεχώς εξελισσόμενων αντιδιαβρωτικών χρωμάτων, με ταυτόχρονη εισαγωγή ενός νέου αναλώσιμου αποξεστικού, τα

αποκαμινεύματα της μεταλλουργίας τα οποία γενικά περιέχουν χαμηλότερα ποσοστά ελεύθερου πυριτίου από την πυριτική άμμο. Εισάγονται και καθιερώνονται στη διεθνή αγορά τα μεταλλικά αποξεστικά και ιδιαίτερα τα στρογγυλευμένα σωματίδια (shot) χάλυβα, τα οποία διαθέτουν ισχυρά πλεονεκτήματα έναντι της μέχρι τότε αποκλειστικά χρησιμοποιούμενης άμμου.

- Δεκαετία του 70 : Συστηματοποιούνται οι εργασίες αμμοβολής με την διεθνή αποδοχή των Σουηδικών προδιαγραφών. Εμφανίζονται νέες τεχνικές αμμοβολής (υδροαμμοβολή, αμμοβολή υπο κενό, κ.λπ), με άλλη αρχή λειτουργίας από αυτή της κλασικής ανοικτής αμμοβολής .
- Δεκαετία του 80: Είναι η δεκαετία της έρευνας για τη βελτίωση των ιδιοτήτων των αποξεστικών μέσων και την εισαγωγή νέων εναλλακτικών υλικών αμμοβολής. Ταυτόχρονα, αναπτύσσεται και κερδίζει συνεχώς έδαφος μια νέα μέθοδος, η υδροβολή, η οποία χρησιμοποιεί μόνο νερό ως μέσο καθαρισμού των επιφανειών.
- Δεκαετία του 90 : Την περίοδο αυτή συνεχίζεται η έρευνα για την εισαγωγή νέων εναλλακτικών υλικών αμμοβολής. Συγχρόνως, υπάρχει συστηματική ερευνητική ενασχόληση με τη βελτίωση και την ανάπτυξη των τεχνικών υδροβολής. Η ανάπτυξη της υδροβολής υπερυψηλής πίεσης επιφέρει ουσιαστική τομή στον τομέα καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών και, σε συνδυασμό με τους αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς που τίθενται σε ισχύ, η μέθοδος αυτή βρίσκει ανταπόκριση σε πολλά ναυπηγεία.

3.6. Πεδία βιομηχανικών εφαρμογών της ψηγματοβολής

Το πεδίο εφαρμογών της ψηγματοβολής σήμερα είναι ευρύτατο (Skillen, 1994; Austin, 1994) και περιλαμβάνει τους εξής τομείς:

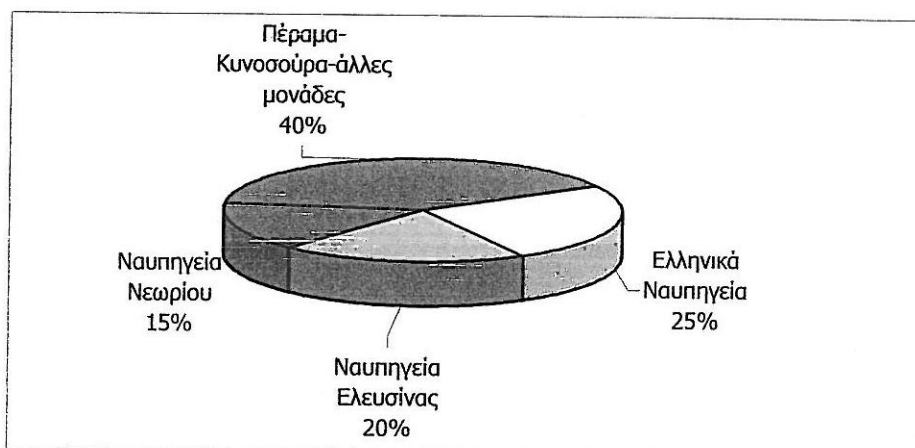
- Καθαρισμός και συντήρηση μεταλλικών κατασκευών όπως: πλοία, κτίρια, εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, δεξαμενές πετρελαιοειδών, βυτία μεταφοράς, γέφυρες, κ.λπ.
- Καθαρισμός μηχανημάτων και εξαρτημάτων όπως: εξοπλισμός κατασκευής έργων οδοποιίας, βαρέα οχήματα, εξαρτήματα χυτηρίων, διάφορα μεταλλικά εξαρτήματα, στα οποία προσκολλούνται ακαθαρσίες, διάφορα καλούπια κ.λπ.
- Καθαρισμός μη μεταλλικών επιφανειών όπως: σε κτίρια με μαρμάρινες ή πέτρινες επιφάνειες, σε υαλοπίνακες για τη δημιουργία θαμπής επιφάνειας (ματ), σε μάρμαρα για τη γλυπτική, στη διακόσμηση γυαλιού, στην οδοντιατρική κ.λπ.
- Σφαιροβολή για την αύξηση της αντοχής των μετάλλων σε κόπωση (shot peening). Η διενέργεια ψηγματοβολής συμβάλλει στην αύξηση των θλιπτικών παραμέτρων των μεταλλικών κατασκευών, με αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής τους σε κόπωση.

3.7. Η ψηγματοβολή στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, εργασίες ψηγματοβολής πραγματοποιούνται σε όλα τα ναυπηγεία και τις Ν/Ε ζώνες και αποτελούν σημαντική δραστηριότητα της Ν/Ε βιομηχανίας. Εκτός των ανωτέρω λαμβάνουν χώρα κατά βάση ανοικτές ψηγματοβολές σε μικρές μονάδες καθαρισμού και βαφής μηχανημάτων, αυτοκινήτων και μεταλλικών εξαρτημάτων.

Όσον αφορά στην κατανάλωση αποξεστικών μέσων, το υλικό που χρησιμοποιείται σήμερα στην Ελλάδα σε ποσοστό που ξεπερνά το 95% είναι τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργίας σιδηρονικελίου (μεταλλουργικές σκωρίες) που προέρχονται από τη μεταλλουργία σιδηρονικελίου της ΛΑΡΚΟ Λάρυμνα Φθιώτιδας.

Το ύψος της κατανάλωσης αποξεστικού στη Ν/Ε βιομηχανία σε ετήσια βάση εκτιμάται σε 80000 τόνους. Η κατανάλωση αυτή είναι κατανομημένη όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Τα Ελληνικά Ναυπηγεία (ναυπηγεία Σκαραμαγκά) απορροφούν περίπου το 25%, τα ναυπηγεία Ελευσίνας περίπου το 20%, τα ναυπηγεία Νεωρίου (Σύρος) το 15%, ενώ το υπόλοιπο 40% καταναλώνεται στη Ν/Ε ζώνη Περάματος και Κυνοσούρας και στις υπόλοιπες μικρότερες μονάδες. Για τις υπόλοιπες βιομηχανικές εφαρμογές της ψηγματοβολής (δυλιστήρια, βιομηχανίες μεταλλικών κατασκευών, κ.λπ.), η αντίστοιχη ετήσια κατανάλωση θεωρείται ότι είναι συνολικά της τάξης των 20000 τόνων (Δασκαλάκης, 1990; L.M.T-N.T.U.A , 2000).



Σχήμα 3.1 : Κατανομή κατανάλωσης αποξεστικού ψηγματοβολής στην Ελλάδα.

3.8. Οικονομικά στοιχεία

Αν και ο κλάδος της ψηγματοβολής-βαφής έχει σοβαρή οικονομική συμβολή και συνδέεται με έναν από τους πλέον ευαίσθητους κλάδους της ελληνική βιομηχανίας, τη Ν/Ε βιομηχανία, δεν εμφανίζεται συστηματική ενασχόληση με την αποτίμηση και την αξιολόγησή του.

Σύμφωνα με στοιχεία, που προέρχονται από σχετικές έρευνες αγοράς (L.M.T – N.T.U.A, 2000; N.S.R.P – A.S.E, 2002), προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η συμμετοχή του κόστους των εργασιών ψηγματοβολής στο συνολικό κόστος επισκευών είναι της τάξης του 25%. Αν στο κόστος αυτό προστεθεί και το κόστος των χρωμάτων, το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 35-40%.

- Η ποσοστιαία συμμετοχή του κόστους κάθε εργασίας στο σύνολο του κόστους εργασιών ψηγματοβολής-χρωματισμού εκτιμάται ως εξής:

Ψηγματοβολή: 80%

Βαφή: 14% (χωρίς το κόστος χρωμάτων)

Καθαρισμός - πλύσιμο: 6%

- Τελικά, η συμμετοχή αποκλειστικά της ψηγματοβολής στο συνολικό κόστος επισκευών εκτιμάται σε 20%.

- Ο κλάδος της ψηγματοβολής - βαφής στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία παρουσιάζει σήμερα ετήσιο κύκλο εργασιών της τάξης των 15 με 18 εκατομμύρια ευρώ, με τάσεις ανόδου.

Η ποσοστιαία κατανομή ανά ποιότητα καθαρισμού στο σύνολο της καθαριζόμενης επιφάνειας και η αντίστοιχη κατανομή στο σύνολο του κόστους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1:

Πίνακας 3.1

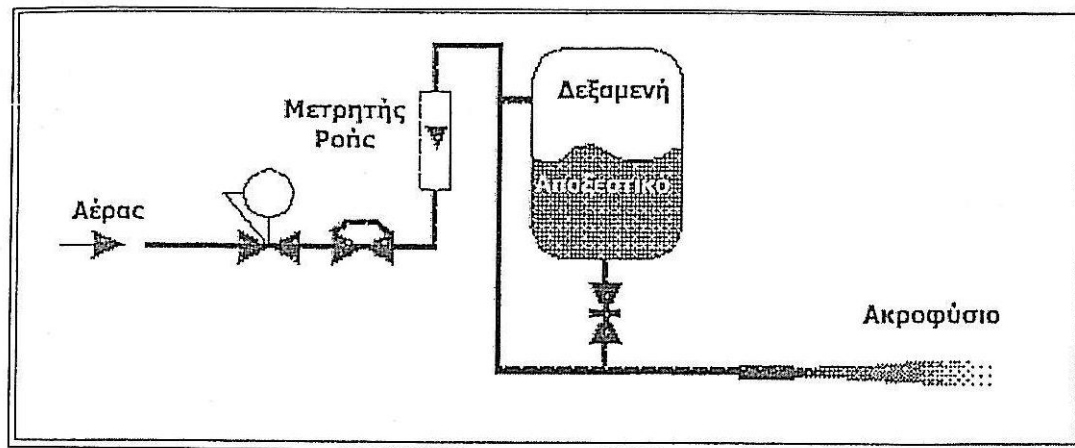
Ποιότητα καθαρισμού	Ποσοστό (%) επί της συνολικής επιφάνειας	Ποσοστό (%) επί του συνολικού κόστους
Sa 2 1/2	18,7	22,0
Sa 2	32,3	42,5
Sa 1	37,0	29,0
Sweeping	12,0	6,5

- Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.1 περίπου το 70% του συνολικού όγκου εργασιών ψηγματοβολής και του αντίστοιχου κόστους, αφορά ποιότητες καθαρισμού Sa 1 και Sa 2.

- Με βάση τους συσχετισμούς του διεθνούς ανταγωνισμού, τις εξελίξεις του θαλάσσιου εμπορίου και τη δυναμικότητα της ελληνικής Ν/Ε βιομηχανίας, ο ετήσιος κύκλος εργασιών των ψηγματοβολών-χρωματισμών για τα επόμενα χρόνια προβλέπεται να κυμανθεί στο $\pm 20\%$ επι του σημερινού επιπέδου.

3.9. Η αρχή λειτουργίας της ψηγματοβολής

Ο πεπιεσμένος αέρας που παράγεται από ένα αεροσυμπιεστή (κομπρεσέρ) μεταφέρεται μέσα από ένα σωλήνα σε μια συσκευή (δοχείο ψηγματοβολής-αμμουδιέρα) που περιέχει αποξεστικό υλικό, με αποτέλεσμα να ωθεί και να μεταφέρει το υλικό μέσα από ένα άλλο σωλήνα στο ακροφύσιο και από εκεί να το εκτοξεύει με μεγάλη ταχύτητα στην επιφάνεια που πρόκειται να καθαριστεί (Σχήμα 3.2).



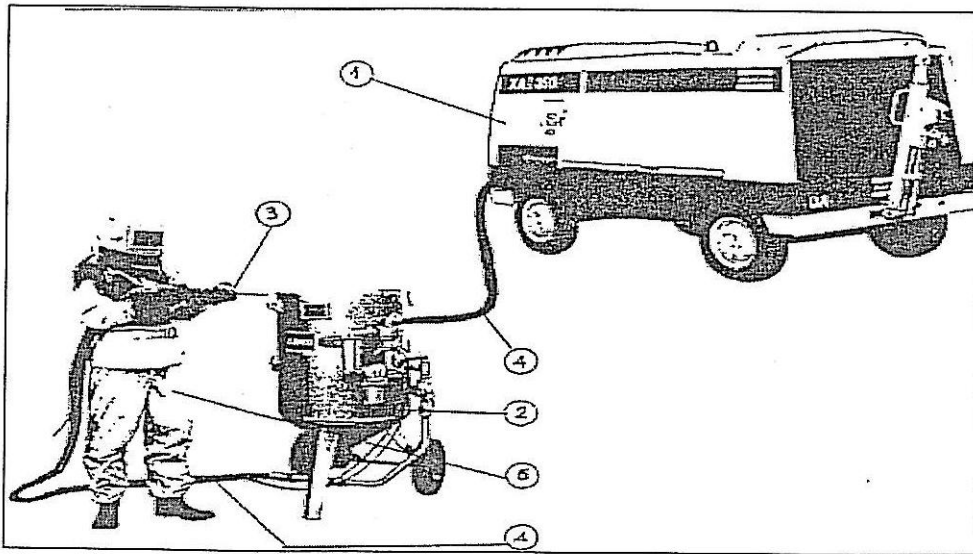
Σχήμα 3.2: Τυπικό διάγραμμα κυκλώματος ψηγματοβολής.

Τα μέρη του κυκλώματος της ψηγματοβολής:

Συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα βασικά μέρη που απαρτίζουν το κύκλωμα της ψηγματοβολής είναι τα παρακάτω:

1. Ο αεροσυμπιεστής
2. Η μηχανή ψηγματοβολής (δοχείο πίεσεως-αμμουδιέρα)
3. Το ακροφύσιο
4. Οι σωλήνες σύνδεσης των μερών για τη μεταφορά του αέρα και του αποξεστικού
5. Ο χειριστής με την κατάλληλη εξάρτηση
6. Το αποξεστικό υλικό

Εκείνο που πρέπει να τονισθεί είναι ότι βασικός σκοπός είναι να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν μέγιστη απόδοση με τα καλύτερα δυνατόν αποτελέσματα. Πέρα από την εμπειρία του χειριστή της ψηγματοβολής, πρέπει να εξασφαλιστεί η σωστή επιλογή των μερών του κυκλώματος (Σχήμα 3.3) της ψηγματοβολής και ο σωστός υπολογισμός ολόκληρου του κυκλώματος ώστε αυτό να είναι τεχνικά αποτελεσματικό (Bennet, 1983).



1)Ο αεροσυμπιεστής. 2)Η μηχανή ψηγματοβολής. 3)Το ακροφύσιο.4)Οι σωλήνες σύνδεσης των μερών για τη μεταφορά. 5)Το αποξεστικό υλικό. 6)Ο χειριστής με την κατάλληλη εξάρτηση.
 Σχήμα3.3: Απεικόνιση κυκλώματος ψηγματοβολής.

Σήμερα λόγω της μεγάλης τεχνολογικής εξέλιξης, τα βασικά μέρη ενός κυκλώματος ανοικτής ψηγματοβολής έχουν τελειοποιηθεί, με αποτέλεσμα να έχουν σταματήσει οι ερευνητικές εργασίες για αυτά. Τα μόνα μέρη του κυκλώματος στα οποία συνεχίζεται η έρευνα είναι το ακροφύσιο και το αποξεστικό μέσο.

Παρακάτω δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά καθ' ενός από τα μέρη του κυκλώματος και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία τους (INE, 2000).

3.9.1. Ο αεροσυμπιεστής

Η λέξη “πεπιεσμένος” σημαίνει κάτι που είναι στριμωγμένο σε ελάχιστο χώρο. Ο αεροσυμπιεστής παραλαμβάνει ατμοσφαιρικό αέρα και μέσω ενός πιστονιού ή περιστρεφόμενου κοιλία, πιέζει αυτόν τον αέρα μέσα σε ένα μικρότερο χώρο (αεροθυλάκιο), με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεση αυτού του αέρα. Η πίεση αυτή ωθεί με δύναμη όλα τα τοιχώματα του αεροθυλακίου προς τα έξω και κάθε κομμάτι επιφάνειας δέχεται την ίδια πίεση. Η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο αγγλοσαξονικό σύστημα μέτρησης είναι το 1 psi (pounds per square inch – λίβρα ανα τετραγωνική ίντσα, $1\text{psi}=0.07\text{Kg}/\text{cm}^2$) και αντιστοιχεί στη δύναμη που δέχεται επιφάνεια μιας τετραγωνικής ίντσας, από τη δύναμη που προκαλεί το βάρος μιας λίβρας. Από το στόμιο εξαγωγής του αεροθυλακίου ο αέρας εξέρχεται με πίεση.

Ο όγκος του εισερχόμενου ελεύθερου αέρα μετριέται σε CFM (cubic feet per minute – κυβικά πόδια να λεπτό)

Οι δυο βασικοί τύποι αεροσυμπιεστών είναι:

1. Οι ανταποδοτικοί (πιστόνι), και
2. Οι κοχλιοφόροι

Η παράδοση του αέρα με τους ανταποδοτικούς αεροσυμπιεστές (πιστόνια) είναι παλλόμενη καθώς το κομπρεσέρ φορτώνει και ξεφορτώνει, με αποτέλεσμα η πίεση

στο ακροφύσιο να ποικίλει σε κάθε κύκλο. Για αυτό το λόγο δεν χρησιμοποιείται στην εργασία της ψηγματοβολής και χρησιμοποιούνται πλέον σε ευρεία κλίμακα κοχλιοφόροι με DIESEL μηχανή, επειδή παρέχουν σταθερή ροή πεπιεσμένου αέρα στο ακροφύσιο.

Οι ηλεκτρικοί κοχλιοφόροι αεροσυμπιεστές έχουν κυρίως εφαρμογή σε εγκαταστάσεις ξηράς.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μια συσκευή ψηγματοβολής, πρώτα από όλα πρέπει να ληφθεί υπόψη η παροχή του πεπιεσμένου αέρα που προσφέρεται από τον αεροσυμπιεστή.

Ο αεροσυμπιεστής είναι το πλέον σπουδαίο εργαλείο του συνολικού συστήματος ψηγματοβολής. Η χωρητικότητα του αεροσυμπιεστή είναι αυτή που καθορίζει την επιλογή του μεγέθους όλων των λοιπών εργαλείων, την παραγωγή και την ικανότητα του συνολικού συστήματος της ψηγματοβολής.

Η παραγωγή, η ικανότητα και το κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο ψηγματοβολισθείσας επιφάνειας, είναι σε ανάλογη σχέση με τον όγκο (CFM) και την πίεση (PSI) του πεπιεσμένου αέρα που διέρχεται από το ακροφύσιο.

Όταν μιλάμε για ψηγματοβολή πρέπει πάντα να υπολογίζουμε δυο παραμέτρους:

- i. Τον διαρκή υψηλό όγκο αέρα (CFM) και
- ii. Τη συνεχή υψηλή πίεση (PSI)

Υψηλή παροχή με χαμηλή πίεση (πρέσα) ή χαμηλή παροχή με υψηλή πίεση δεν θα λειτουργήσουν το οποιοδήποτε εξάρτημα της ψηγματοβολής κατάλληλα και ικανοποιητικά.

Για την παραγωγή της ψηγματοβολής απαιτούνται τουλάχιστον 185 cfm και 100 psi πίεση στο ακροφύσιο.

Όσο υψηλότερη είναι η πίεση στο ακροφύσιο τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κάθε κόκκου του υλικού της ψηγματοβολής όταν κτυπά στην επιφάνεια.

Ο Πίνακας 3.2 δείχνει την ταχύτητα του αποξεστικού υλικού καθώς αφήνει το ακροφύσιο, σε διάφορες πιέσεις και τη δημιουργία μεγαλύτερης απώλειας όσο η πίεση μειώνεται.

ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΠΟΞΕΣΤΙΚΟΥ (περίπου)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (περίπου)
100psi (7.00kg/cm ²)	420mph	100%
95psi (6.65kg/cm ²)	400mph	93%
90psi (6.30kg/cm ²)	365mph	85%
85psi (5.95kg/cm ²)	330mph	78%
80psi (5.60kg/cm ²)	270mph	70%
75psi (5.25kg/cm ²)	210mph	63%
70psi (4.90kg/cm ²)	190mph	55%

Πίνακας 3.2: Ταχύτητα αποξεστικού σε διάφορες πιέσεις.

Για να παραμείνει το ιδανικό 100 psi στο ακροφύσιο, ο ρυθμιστής εξερχόμενης πίεσης του αεροσυμπιεστή, πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να παρέχει 115-120 psi κάτω από το φορτίο. Στο κύκλωμα αναμένεται πτώση πίεσης δια μέσω των σωλήνων αέρος, του διαχωριστή υγρασίας, της συσκευής ψηγματοβολής και των σωλήνων ψηγματοβολής, η οποία είναι γύρω στα 15-20 psi. Επίσης, ο αεροσυμπιεστής πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 50% μεγαλύτερος σε όγκο από τα

CFM που απαιτούνται για ένα καινούργιο ακροφύσιο που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

3.9.2. Η μηχανή ψηγατοβολής

Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι και πλήθος από τρόπους που εργάζονται οι συσκευές ψηγατοβολής με την παροχή πεπιεσμένου αέρα.

Οι δύο τύποι είναι:

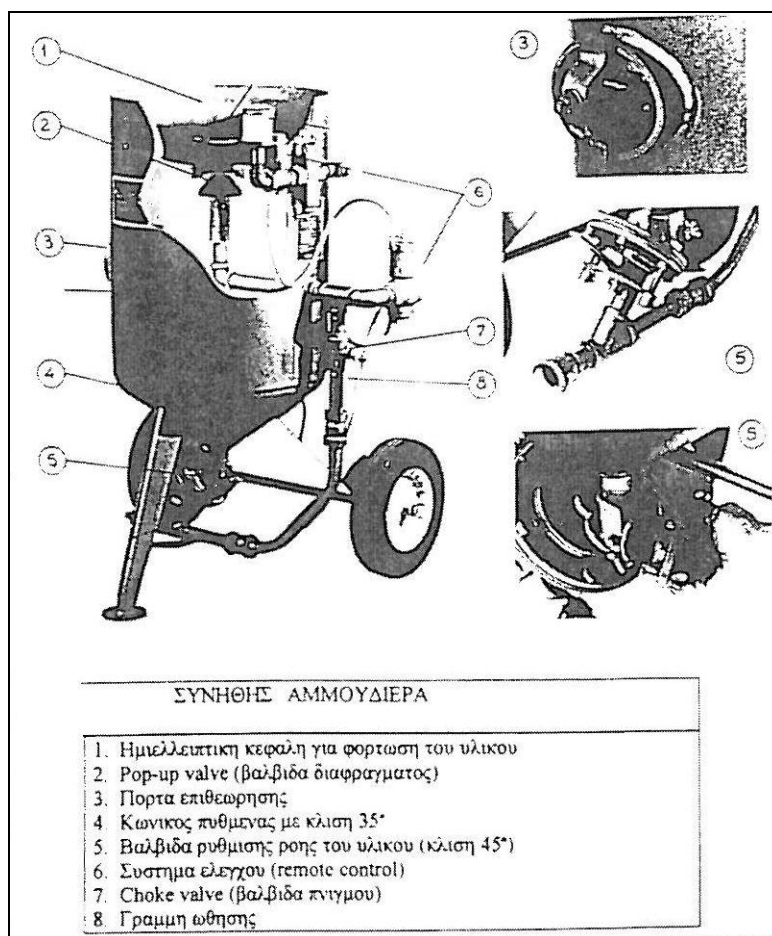
- i. Οι απορροφητικές μονάδες, και
- ii. Οι συσκευές πίεσεως

Κάθε τύπος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και εφαρμογές. Στη βιομηχανία και στη ναυτιλία χρησιμοποιούνται συσκευές πίεσης των οποίων αναφέρουμε τα βασικά χαρακτηριστικά πιο κάτω.

Συσκευή πίεσης (αμμουδιέρα)

Η βασική λειτουργία της συσκευής πίεσης είναι η παρακάτω (Σχήμα 3.4):

Το αποξεστικό υλικό τοποθετείται μέσα στο κυλινδρικού σχήματος δοχείο της συσκευής πίεσης. Το δοχείο χωρίζεται με ένα διάφραγμα που φέρει βαλβίδα στο κέντρο του, σε δύο διαμερίσματα, με μεγαλύτερο το κάτω. Η βάση του κάτω διαμερίσματος καταλήγει σε ένα ανεστραμμένο κώνο. Στην κορυφή του κώνου υπάρχει μια βαλβίδα από την οποία η άμμος ρέει δια της βαρύτητας κάθετα σε ένα οριζόντιο μεταλλικό σωλήνα από τον οποίο περνά ισχυρή ροή αέρα που προέρχεται από το κομπρεσέρ.



Σχήμα 3.4: Συσκευή πίεσης (αμμουδιέρα)

Η ροή αυτή του αέρα παρασύρει τους κόκκους του υλικού ψηγματοβολής και μέσω ελαστικού σωλήνα τους οδηγεί στο ακροφύσιο, απ' όπου εκτοξεύονται στην επιφάνεια που πρόκειται να καθαρισθεί. Επειδή η ισχυρή ροή του αέρα που διέρχεται από τον οριζόντιο σωλήνα μπορεί να εισέλθει από το κάτω διαμέρισμα από την βαλβίδα του κώνου και έτσι να εμποδίζεται η ροή του υλικού ψηγματοβολής, τροφοδοτείται παράλληλα το κάτω διαμέρισμα με αέρα της ίδιας πίεσης και με διεύθυνση από πάνω προς τα κάτω. Έτσι εξουδετερώνεται η περίπτωση να υπάρχει ροή του αέρα που διέρχεται από τον οριζόντιο σωλήνα, στο εσωτερικό του κάτω διαμερίσματος από τη βαλβίδα του κώνου.

Η βαλβίδα που υπάρχει στο διάφραγμα του πάνω και κάτω διαμερίσματος, κλείνει από κάτω προς τα πάνω. Έτσι, όταν υπάρχει πίεση στο κάτω διαμέρισμα, η βαλβίδα ωθείται προς τα πάνω και απομονώνει τα δύο διαμερίσματα. Στο διάστημα που είναι κλειστή η βαλβίδα γίνεται και η φόρτωση του επάνω διαμερίσματος με το υλικό της ψηγματοβολής. Μόλις η πίεση στο κάτω διαμέρισμα πέσει, τότε η βαλβίδα του διαφράγματος ανοίγει (πέφτει προς τα κάτω) και είναι ελεύθερη η φόρτωση (με τη βαρύτητα) του κάτω διαμερίσματος της συσκευής.

Η είσοδος του αέρα στη συσκευή περνά πρώτα από ένα φίλτρο όπου κατακρατείται η υγρασία ή και το νερό που δημιουργούνται από τον πεπιεσμένο αέρα. Η υγρασία μέσα στη συσκευή είναι ανεπιθύμητη, καθ' όσον δημιουργεί προβλήματα στη ροή του υλικού ψηγματοβολής. Για αυτό το λόγο τοποθετείται διαχωριστής υγρασίας για την αφαίρεση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου ποσοστού υγρασίας πριν φτάσει στη συσκευή ψηγματοβολής.

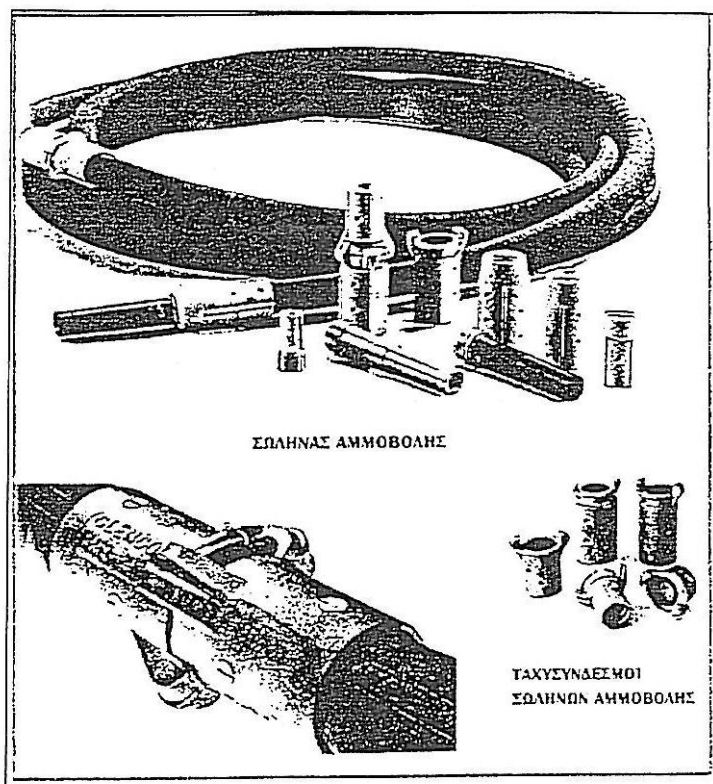
3.9.3. Σωλήνες μεταφοράς του πεπιεσμένου αέρα και του αποξεστικού υλικού

Οι ελαστικοί σωλήνες ψηγματοβολής (Σχήμα 3.5) παίζουν σπουδαίο ρόλο στο κύκλωμα της ψηγματοβολής. Χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν το αποξεστικό υλικό, με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα, από τη συσκευή της ψηγματοβολής (αμμουδιέρα) στο ακροφύσιο. Πρέπει να είναι αντιστατικού τύπου και μεγάλης διάρκειας. Η εσωτερική τους διάμετρος είναι 1 1/4".

Οι σωλήνες ψηγματοβολής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρού μήκους, να είναι ευθείας διάταξης και ισοεπίπεδοι με την περιοχή εργασίας. Με μεγαλύτερη ευκολία διέρχεται το υλικό της ψηγματοβολής από ένα σωλήνα με οριζόντια ή κατηφορική διάταξη παρά όταν διέρχεται από ένα σωλήνα με κατακόρυφη, με προς τα πάνω φορά, διάταξη. Πρέπει να αποφεύγονται τσακίσματα και κουλουριάσματα. Όταν ο σωλήνας κάνει απότομες γωνίες, προξενεί μεγάλη πτώση πίεσης, στο σημείο δε που λυγίζει, γρήγορα θα επέλθει φθορά και θα τρυπήσει. Η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα ψηγματοβολής πρέπει να είναι 3 με 4 φορές μεγαλύτερη από το μέγεθος του ακροφυσίου.

Όταν χρειάζεται να ενώσουμε κάποια προέκταση για να αποκτήσουμε μεγαλύτερο μήκος σωλήνα ψηγματοβολής, η ένωση γίνεται με κατάλληλους συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι αυτοί πρέπει να είναι εξωτερικοί, διότι οι εσωτερικοί σύνδεσμοι μειώνουν την εσωτερική διάμετρο των σωλήνων και σε αυτό το σημείο (ένωση) πάλι θα δημιουργηθεί μεγάλη πτώση πίεσης, η οποία είναι ανεπιθύμητη. Επιπλέον στους εσωτερικούς συνδέσμους οι κόκκοι του υλικού ψηγματοβολής προσκρούουν στο συνδετήρα και στη συνέχεια αλληλοσυγκρούονται, με αποτέλεσμα την επιπλέον πτώση πίεσης και την καταστροφή του σωλήνα στο σημείο σύνδεσης. Εν αντιθέσει, οι εξωτερικοί σύνδεσμοι εξασφαλίζουν ομαλή ροή του πεπιεσμένου αέρα και του υλικού ψηγματοβολής.

Σήμερα, λόγω της μεγάλης τεχνολογικής εξέλιξης τα βασικά μέρη ενός κυκλώματος ανοικτής ψηγματοβολής έχουν τελειοποιηθεί, με αποτέλεσμα να έχουν σταματήσει ερευνητικές εργασίες για αυτά. Τα μόνα μέρη του κυκλώματος στα οποία συνεχίζεται η έρευνα είναι το ακροφύσιο και το αποξεστικό υλικό.



Σχήμα 3.5: Σωλήνες και ταχυσύνδεσμοι σωλήνων ψηγματοβολής.

3.9.4. Το ακροφύσιο

Το ακροφύσιο (Σχήμα 3.6) είναι το εξάρτημα στο οποίο καταλήγει το κύκλωμα της ψηγματοβολής και είναι βασικό στοιχείο του εξοπλισμού για την εκτέλεση της ψηγματοβολής. Από το ακροφύσιο εξέρχεται το αποξεστικό υλικό και εκτοξεύεται στην επιφάνεια που πρόκειται να καθαρισθεί. Με το ακροφύσιο επιτυγχάνεται μεγάλη ταχύτητα εκτόξευσης του υλικού στην επιφάνεια.

Το ακροφύσιο έχει εσωτερική διάμετρο αρκετά μικρότερη από αυτή του σωλήνα της ψηγματοβολής. Έτσι, όταν το υλικό που μεταφέρεται από το σωλήνα ωθείται να περάσει από ένα μικρότερο στόμιο, η ταχύτητα του υλικού αυξάνει.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών και μεγεθών ακροφύσια. Στα κοινά ακροφύσια το διάτρημα είναι ευθύ με μια ελάχιστη κωνική είσοδο. Τα πλέον αποδοτικά είναι τα ακροφύσια τύπου Venturi, στα οποία η εσωτερική διάμετρος έχει το μικρότερο άνοιγμα στο μέσον του ακροφυσίου και μεγαλώνει κωνικά προς την είσοδο και έξοδο. Με τα ακροφύσια Venturi επιτυγχάνεται μια πολύ υψηλή ταχύτητα του αποξεστικού υλικού που υπερβαίνει τα 750 χιλιόμετρα ανά ώρα (στα κοινά είναι γύρω στα 395 χιλιόμετρα ανά ώρα), χωρίς να χρειάζεται να αυξηθούν οι απαιτήσεις πεπιεσμένου αέρα και επιπλέον χρειάζεται λιγότερο υλικό ψηγματοβολής ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας που πρόκειται να καθαρισθεί. Δημιουργεί υψηλή τράχυνση της επιφάνειας και είναι κατάλληλο για τον καθαρισμό μεγάλων

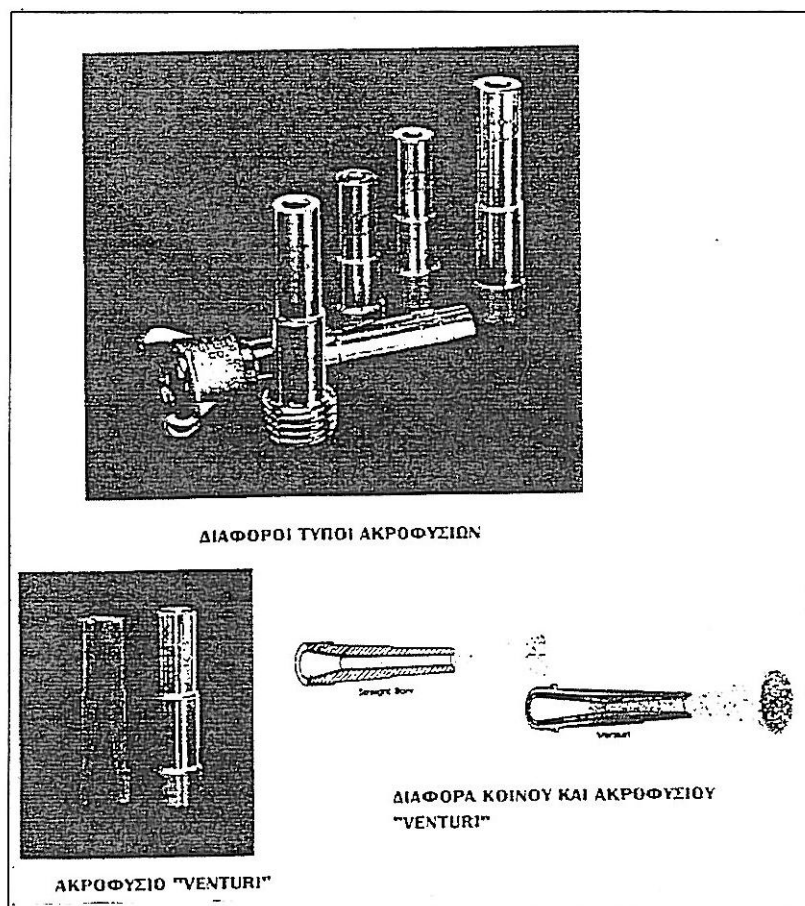
επιφανειών. Αυξάνει την ταχύτητα του αποξεστικού μέσου, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση καθαρισμού.

Όσο μικραίνει η εσωτερική διάμετρος του ακροφυσίου, αυξάνεται η ταχύτητα και μειώνεται ο ρυθμός ροής του αποξεστικού μέσου.

Το εξωτερικό περίβλημα των ακροφυσίων κατασκευάζεται από διάφορα υλικά, επικρατέστερα των οποίων είναι χάλυβας, μαγγάνιο, αλουμίνιο, πολυουρεθάνιο, κ.λπ. Επιδίωξη είναι να είναι όσο το δυνατόν ελαφρύτερο.

Η εσωτερική επένδυση είναι κατασκευασμένη από υλικό ανάλογο με το κόστος και τη διάρκεια ζωής. Τα πιο διαδεδομένα είναι αυτά που έχουν εσωτερική επένδυση από:

- Χυτοσίδηρο ή πυρίτιο (κεραμικά), τα οποία είναι και τα πιο φθηνά και με την μικρότερη διάμετρο.
- Καρβίδιο του βολφραμίου, τα οποία είναι τα πλέον εύχρηστα και αποδοτικά με μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Καρβίδιο του βορίου, τα οποία είναι καλής ποιότητας και μεγάλης διάρκειας, αλλά και αρκετά ακριβά.



Σχήμα 3.6: διάφοροι τύποι ακροφυσίων.

Το μέγεθος του ακροφυσίου καθορίζεται από την εσωτερική του διάμετρο και μάλιστα στο στενότερο σημείο της (Πίνακα 3.3).

Χιλιοστά (mm)	ίντσα (inch)	No
8	1/3	
9.5	5/16	#5
10	3/8	#6
11	7/16	#7
12	1/2	#8

Πίνακας 3.3 : Μεγέθη ακροφυσίων

Το μήκος του ακροφυσίου εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας που πρόκειται να καθαρισθεί και από την απόσταση εργασίας του ακροφυσίου από την επιφάνεια. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα κοντά και τα μακριά ακροφύσια.

Το κοντό ακροφύσιο (μήκος μέχρι 7,5 εκατοστά) χρησιμοποιείται για απόσταση εργασίας από την επιφάνεια γύρω στα 30 εκατ. Και το μακρύ ακροφύσιο (10-20 εκατ) για απόσταση εργασίας τα 45-75 εκατ.

Στον Πίνακα 3.4 δίνονται ενδεικτικές τιμές του αέρα που καταναλώνεται σε διάφορα μεγέθη και πιέσεις ακροφυσίων.

ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟΥ		ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ (bar)				
mm	inch	4	4.6	5	6	7
8	1/3	3.0	3.2	3.5	4.0	4.6
9.5	5/16	4.0	4.5	-	5.5	6.5
10	3/8	4.6	-	5.7	6.4	7.2
11	7/16	5.5	6.1	6.8	7.5	9.1
12	1/2	6.7	-	8.2	9.3	10.4

κατανάλωση αέρα σε cfm
1 bar = 7 kg/cm²

Πίνακας 3.4 : Ενδεικτικές τιμές κατανάλωσης αέρα.

3.9.5. Ο χειριστής με την κατάλληλη εξάρτηση

Η προστατευτική στολή (Εικόνα 3.1) συμπεριλαμβάνει κράνος με γυάλινη οθόνη, κατασκευασμένο συνήθως από αλουμίνιο, το οποίο στο πίσω μέρος φέρει στόμιο με σωλήνα για την τροφοδοσία του εργαζόμενου με αέρα. Η στολή είναι ανθεκτική στη σκόνη, ενώ τα παπούτσια και τα γάντια είναι από ελαστικό. Η τροφοδοσία της γίνεται με καθαρό αέρα ροής όχι μικρότερης των 0,17 m³/min, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος διείσδυσης σωματιδίων της άμμου στο εσωτερικό της στολής. Ο αέρας τροφοδοσίας πρέπει να καθαρίζεται με φίλτρο για την απομάκρυνση

υγρασίας, αναθυμιάσεων λαδιού, σωματιδίων σκόνης και δηλητηριωδών αερίων που είναι δυνατόν να δημιουργηθούν από τον αεροσυμπιεστή όπως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, αλδεύδες, οξείδια του θείου και του αζώτου.

Περισσότερες λεπτομέρειες θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο υπό τον τίτλο “Υγιεινή και ασφάλεια” .



Εικόνα 3.1: Ο χειριστής με την προστατευτική στολή

3.9.6. Αποξεστικά μέσα ψηγατοβολής

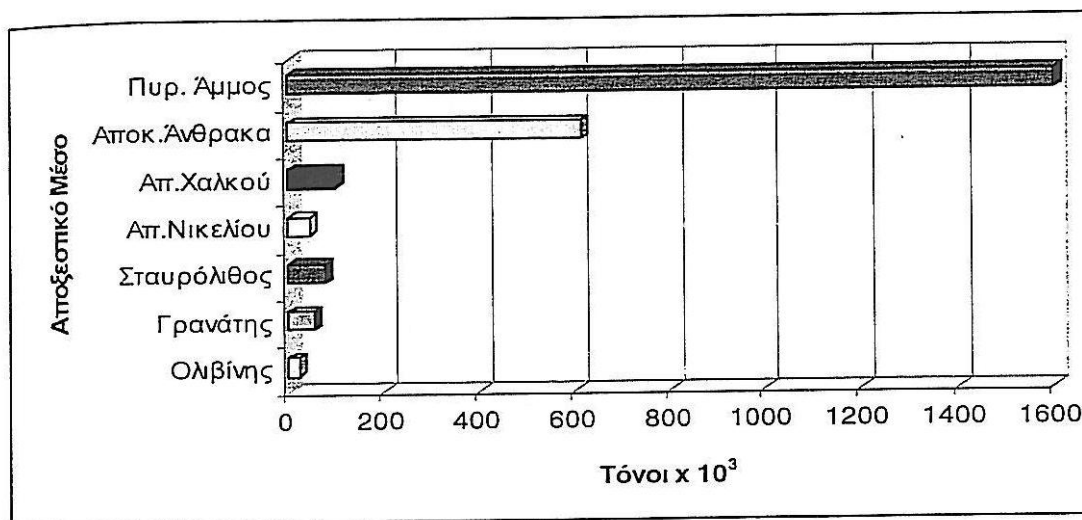
Όπως αναφέραμε, κατά την παρουσίαση των μέρων του συστήματος της ψηγατοβολής, τα αποξεστικά υλικά παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον λόγω της συνεχούς έρευνας που πραγματοποιείται για τη βελτίωση τους. Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται τόσο στην ποιοτική αναβάθμιση καθαρισμού των επιφανειών, όσο και στη βελτίωση των συνθηκών υγιεινής και ασφάλειας εργαζομένων, αλλά και προστασίας του περιβάλλοντος.

Ο όρος αποξεστικό μέσο περιλαμβάνει όλα τα φυσικά ή τεχνητά υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για τη λείανση, την τριβή και τον καθαρισμό μεταλλικών ή μη επιφανειών, ύστερα από την εφαρμογή της τριβής ή κρούσης πάνω σε αυτές (Hight, 1975).

Η πυριτική άμμος ήταν για περισσότερα από 50 χρόνια το μοναδικό αποξεστικό μέσο που χρησιμοποιείτο σε ξηρές ψηγατοβολές ανοικτού τύπου. Αν και η πυριτική άμμος εμφανίζει σημαντικά παραγωγικά και οικονομικά πλεονεκτήματα, εντούτοις οι υψηλές συγκεντρώσεις της σε ελεύθερο (κρυσταλλικό) πυρίτιο δημιουργούν σοβαρούς κινδύνους (NIOSH, 1998). Μέχρι το 1980, δημοσιευμένα στοιχεία υπέθεταν ότι το κρυσταλλικό SiO₂ μπορεί να είναι καρκινογόνο και το 1987 ο Διεθνής Οργανισμός για την Έρευνα του Καρκίνου (IACS) δήλωσε ότι το κρυσταλλικό SiO₂ είναι μια πιθανή αιτία για την εμφάνιση καρκίνου στους ανθρώπους. Έτσι, παρά τα θετικά χαρακτηριστικά, η χρήση της συνδέθηκε με τη θανατηφόρα ασθένεια των πνευμόνων, τη σιλίκωση, η οποία προκαλείται από την εισπνοή κρυσταλλικού SiO₂, το οποίο περιέχεται σε υψηλά ποσοστά στη σύστασή της. Ως συνέπεια των παραπάνω, οι διεθνείς οργανισμοί για την προστασία των εργαζομένων έθεσαν περιορισμούς στη χρήση των υλικών που

περιέχουν περισσότερο από 1% κ.β. κρυσταλλικό SiO₂ (Τσακίρης 1990; Weyand, 1992). Εξαιτίας αυτού παρατηρείται σήμερα μεγάλη μείωση στην κατανάλωση της και ταυτόχρονα ενθαρρύνεται η αντικατάστασή της από άλλα ορυκτά. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κατανάλωση πυριτικής άμμου στις ΗΠΑ από 2,3 εκατομμύρια τόνους που ήταν στις αρχές της δεκαετίας του 1990, μειώθηκε σε 1,6 εκατομμύρια τόνους (Hansik, 2000).

Σήμερα, η πυριτική άμμος παραμένει στα ευρέως χρησιμοποιούμενα αποξεστικά και ακολουθούν τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργίας (slags), σύμφωνα με την ετήσια κατανομή κατανάλωσής (Σχήμα 3.7) των κυριότερων αποξεστικών ψηγματοβολής για τις ΗΠΑ (Hansik, 2000).



Σχήμα 3.7: Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης αποξεστικών ψηγματοβολής στις ΗΠΑ

3.10. Χαρακτηριστικά των αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής

Τα χαρακτηριστικά των υλικών που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή των αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής στις N/E εργασίες είναι:

3.10.1. Σκληρότητα

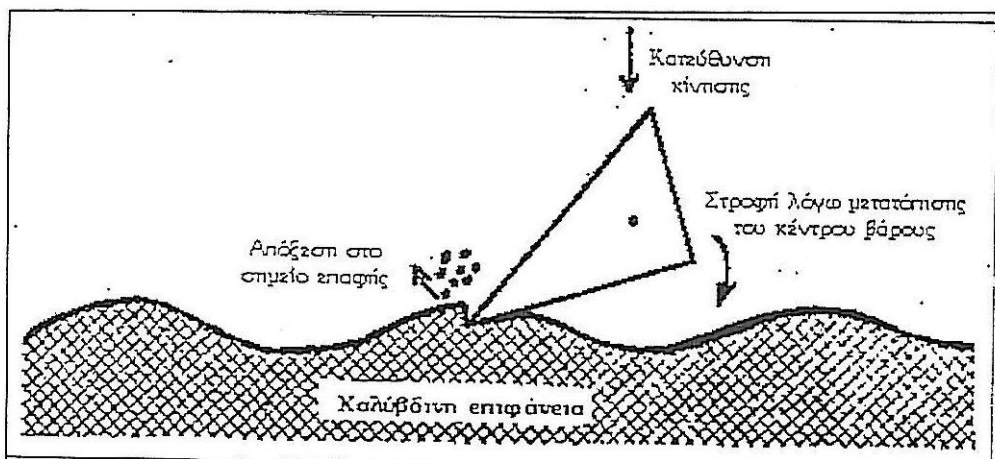
Η σκληρότητα του αποξεστικού υλικού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα και την αποδοτικότητα του καθαρισμού. Τα σκληρά αποξεστικά είναι γενικά πιο αποδοτικά και πιο αποτελεσματικά από τα μαλακά και εύθρυπτα αποξεστικά. Τα σκληρά σωματίδια απομακρύνουν τα ισχυρά προσκολλημένα επιφανειακά υπολείμματα, παράγουν γενικά λιγότερη σκόνη και παρουσιάζουν μικρότερη ευθρυπτότητα, χαρακτηριστικό απαραίτητο στην περίπτωση ανακύκλωσης. Αντίθετα, τα μαλακά αποξεστικά απομακρύνουν τα χαλαρά επιφανειακά υπολείμματα χωρίς να παραμορφώνουν το μεταλλικό υπόστρωμα ή το σύστημα επίστρωσης, όπου αυτό είναι αναγκαίο (Hitzort 1983; Snyder et al, 1989). Η σκληρότητα μετράται με την κλίμακα Rockwell για τα μεταλλικά και με την κλίμακα Mohs για τα μη μεταλλικά αποξεστικά.

3.10.2. Ειδικό Βάρος

Το ειδικό βάρος ενός αποξεστικού υλικού ψηγματοβολής αποτελεί σημαντικό παράγοντα, καθώς γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το ειδικό του βάρος τόσο μεγαλύτερη είναι και η κοπτική ικανότητα του υλικού που αποκτά. Το γεγονός αυτό εξηγείται από τον τύπο της κινητικής ενέργειας, σύμφωνα με τον οποίο αυξάνοντας τη μάζα του σωματιδίου αυξάνεται η κινητική του ενέργεια και κατ' επέκταση η κοπτική του δράση (Hitzort, 1983).

3.10.3. Σχήμα κόκκων

Το σχήμα των κόκκων του αποξεστικού είναι παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή τους. Τα γωνιώδη σωματίδια (grit), χάρη στην υψηλή κοπτική τους δράση, είναι καταλληλότερα για απομάκρυνση μαλακών, εύθρυπτων ακαθαρσιών, όπως παλαιά χρώματα, προϊόντα οξειδωσης, κ.λπ. Αντίθετα, τα σφαιρικά τεμαχίδια (shot) είναι πιο κατάλληλα για απομάκρυνση συνεκτικών υπολειμμάτων όπως η σκωρία ελάστρου. Η αιτία (Σχήμα 3.8) της μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας στον καθαρισμό των βαριά διαβρωμένων μεταλλικών επιφανειών που έχουν τα γωνιώδη σωματίδια σε σύγκριση με τα σφαιρικά οφείλεται στη στροφή του σωματιδίου κατά την κρούση του πάνω στην επιφάνεια λόγω μετατόπισης του κέντρου βάρους του (Hitzort, 1978; Hitzort, 1983).



Σχήμα 3.8: Αποξεστική δράση γωνιώδους σωματιδίου πάνω σε χαλύβδινη επιφάνεια.

Ανεξάρτητα, όμως, από το σχήμα των σωματιδίων, η επιφάνειά τους γενικά δεν πρέπει να είναι λεία, αλλά με πολλές αιχμές, γιατί κατά την πρόσκρουση στην επιφάνεια αυτές σκάβουν και αποξέουν τα παλιά χρώματα, ενώ παράλληλα δημιουργούν την απαραίτητη επιφανειακή τραχύτητα.

3.10.4. Κοκκομετρική κατανομή

Το μέγεθος των σωματιδίων του αποξεστικού συχνά αγνοείται ως παράμετρος που επηρεάζει την απόδοσή του. Ο έλεγχος της κοκκομετρικής κατανομής των σωματιδίων είναι απαραίτητος για τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας και της ποιότητας καθαρισμού.

Η τάση που υπάρχει σήμερα είναι για λεπτότερα μεγέθη αποξεστικού, το οποίο θα πρέπει ταυτόχρονα να είναι και αρκετά τραχύ για να μπορεί να απομακρύνει και τις σκληρές σκουριές. Το βέλτιστο, επομένως, μίγμα αποξεστικού είναι εκείνο που αποτελείται από ποικιλία μεγεθών, όπου τα μεγάλα σωματίδια απομακρύνουν τις δύσκολες ακαθαρσίες, ενώ τα λεπτά αποξέουν τα ψιλά υπολείμματα, τα εύθρυπτα προϊόντα οξειδωσης και τα παλιά χρώματα, κυρίως μέσα από τις μικροκοιλότητες της επιφάνειας, όπου δεν μπορούν να φτάσουν τα μεγαλύτερα σωματίδια, βελτιώνοντας την ποιότητα καθαρισμού.(Sa 2 ½ ή Sa 3) .

Είναι δεδομένο ότι δεν μπορεί να υπάρξει ένα βέλτιστο μέγεθος σωματιδίων σε σχέση με την ταχύτητα και την ποιότητα καθαρισμού, για όλες τις περιπτώσεις επιφανειών που αντιμετωπίζονται στην πράξη (Hitzort 1983). Όμως, γενικά, ένα εύρος μεγεθών μεταξύ 0,5 και 3 mm δίνει μια ικανοποιητική απόδοση καθαρισμού (Bleile et al, 1985; Gorton et al, 1992).

3.11. Ταξινόμηση των αποξεστικών υλικών

Υπάρχουν διάφορα είδη και τύποι υλικών που χρησιμοποιούνται ως αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής, τα οποία ταξινομούνται με διάφορους τρόπους. Ένας χρήσιμος διαχωρισμός είναι με βάση τη σύστασή τους και την πηγή προέλευσης τους (Harris, 2000). Σύμφωνα με αυτόν, τα αποξεστικά μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

- 1. Φυσικά ορυκτά
- 2. Μεταλλουργικές σκωρίες
- 3. Βιομηχανικά υλικά.

Στους Πίνακες 3.5 και 3.6, δίνονται οι χημικές αναλύσεις και τα φυσικά χαρακτηριστικά των εμπορικών αποξεστικών υλικών (www.bestofblasting.com).

Χημική Ένωση ή Στοιχείο	Πυριτική Άμμος	Σταυρόλιθος	Γρανάτης	Ολιβίνης	Αποκαμινεύματα C	Αποκαμινεύματα Cu	Αποκαμινεύματα Ni	Υαλοσφαιρίδια	Steel Grit	Οξειδιο Αλουμινίου
SiO ₂ *	90-100	29	36-38	39-46	45-51	45	37-51	72,5	0,3-1,3	0,5-1,7
SiO ₂ **	49-96	<5,0	<0,8	<0,3	<1,0	0,1	<0,1			
Al ₂ O ₃		45	20-26	0,2-2,3	14-26	7,2	1,5-6,6	0,16		92-97
Fe ₂ O ₃		14	30-33	6,0-11,0	18-21	23,3	12,0-20,0	0,2		0,1-1,5
CaO		0,07	1,0-2,0	0,2-1,2	4,3-8,2	19,6	0,5-2,5	9,18		0,14-0,18
MgO		0,75	1,0-6,0	39-49	1,0-2,0	3,7	4,7-3,3	3,65		0,23-0,30
TiO ₂		4,2	<=2,0		<1,3					1,6-4
K ₂ O		0,1			<1,9		<1,3	0,12		0,05-0,08
Na ₂ O		0,18			<1,1			13,2		0,07-0,12
MnO		0,1	1		<0,06					
Fe									>95,0	
C					<0,4				0,7-1,3	
Mn									0,5-1,3	
S									<0,05	
SO ₃					<0,6			0,39		
Zr		3,3	<0,2							
ZrO			<=1							
P									<0,05	
Cr				0,1-0,4					<0,2	
Ni				0,1-0,3					<0,2	

* Ολικό

**Ελεύθερο

Πίνακας 3.5: Χημικές αναλύσεις εκφρασμένες σε % κ.β. αποξεστικών υλικών

Αποξεστικό Υλικό	Σχήμα	Σκληρότητα (MOHS)	Αριθμός Χρήσεων
Πυριτική Άμμος	Στρογγυλό Ακανόνιστο	5,0-7,0	1
Σταυρόλιθος	Στρογγυλό Ακανόνιστο	6,5-7,0	1
Γρανάτης	Ημιγωνιώδεις	7,0-8,0	3,0-5,0
Ολιβίνης	Γωνιώδεις	6,5-7,0	1
Αποκαμινεύματα C	Γωνιώδεις	6,0-7,0	1
Αποκαμινεύματα Cu	Γωνιώδεις	7,0-8,0	1
Αποκαμινεύματα Ni	Γωνιώδεις	7,0-8,0	1
Υαλοσφαιρίδια	Γωνιώδεις Ακανόνιστο	5,5-6,5	1
Steel Grit	Γωνιώδεις	40-70 HRc	50-100
Οξειδιο Αλουμινίου	Ακανόνιστο	9	3,0-5,0

Πίνακας 3.6: Φυσικά χαρακτηριστικά των εμπορικών αποξεστικών

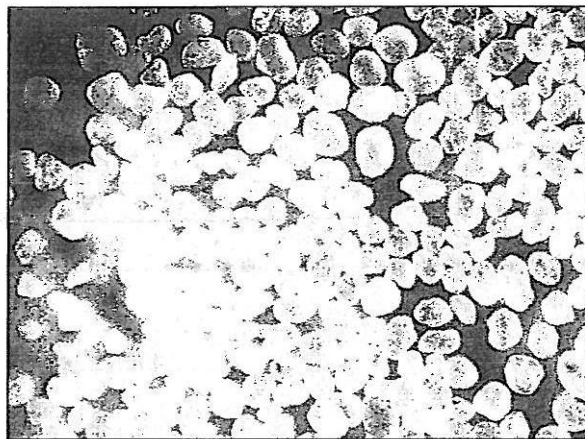
3.11.1. Φυσικά ορυκτά

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει υλικά τα οποία βρίσκονται στη φύση και χρησιμοποιούνται ως αποξεστικά, αφού πλυθούν, ξηρανθούν και στη συνέχεια θραυσθούν και ταξινομηθούν. Είναι η πολυπληθέστερη κατηγορία αποξεστικών και περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν των βιομηχανικών ορυκτών που χρησιμοποιούνται ως αποξεστικά μέσα ψηφματοβολής. Σε αυτήν ανήκουν όλες οι άμμοι (πυριτικές και μη), ο ολιβίνης, ο γρανάτης, ο σταυρόλιθος κ.α.

Είναι, επίσης, η κατηγορία που εμφανίζεται ως η πλέον αξιόπιστη λύση για την αντικατάσταση των αποκαμινευμάτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον καθαρισμό και την προετοιμασία προς βαφή των μεταλλικών επιφανειών (Καλιαμπάκος, 1995). Πολλά από τα υλικά αυτά έχουν ήδη υιοθετηθεί σε πολλά ναυπηγεία του εξωτερικού. Όμως, η περιορισμένη τους διαθεσιμότητα, οι υψηλές τους τιμές και η έλλειψη συστηματικής έρευνας για τη βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών τους αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες στην προσπάθεια ευρείας εδραίωσής τους στην αγορά των αποξεστικών μέσων ψηφματοβολής. Στη συνέχεια δίνονται στοιχεία για τα σημαντικότερα φυσικά αποξεστικά.

i) Πυριτική άμμος (*silica sand*)

Η πυριτική άμμος (Εικόνα 3.2) είναι το πιο διαδεδομένο αποξεστικό μέσο της ψηφματοβολής ανάμεσα σε άμμους. Χρησιμοποιούνταν ευρύτατα παλαιότερα, ενώ σήμερα η χρήση της έχει μειωθεί σημαντικά. Παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως: χαμηλό κόστος, πολύ υψηλή διαθεσιμότητα, μεγάλη σκληρότητα (Mohs 7), αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, χημική αδράνεια, αντοχή κατά την πρόσπτωσή της στην επιφάνεια κ.λπ., χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν ένα πολύ καλό αποξεστικό σε μεγάλη γκάμα εφαρμογών της ψηφματοβολής. Το ειδικό βάρος είναι $2,7 \text{ g/cm}^3$. Περιέχει υψηλά ποσοστά στη σύστασή της σε ελεύθερο διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 49% και 100%. Η διαδικασία που ακολουθείται για να γίνει η πυριτική άμμος κατάλληλη για εφαρμογές ψηφματοβολής περιλαμβάνει πλύσιμο, ξήρανση και κοκκομετρική καταμέτρηση.



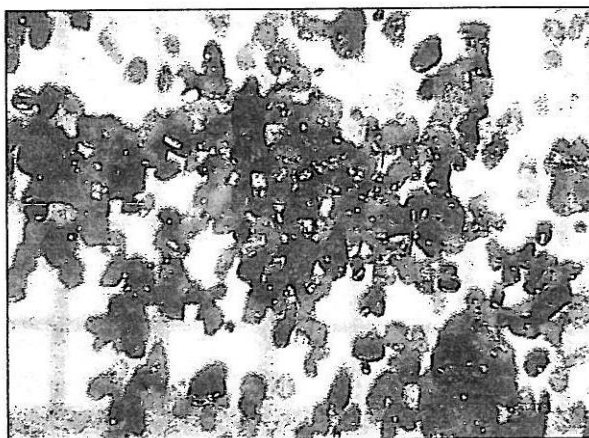
Εικόνα 3.2: Κόκκοι πυριτικής άμμου.

ii) Σταυρόλιθος

Ο σταυρόλιθος (Εικόνα 3.3) είναι σύνθετο ένυδρο ορυκτό των οξειδίων αλουμινίου, πυριτίου και σιδήρου με χημικό τύπο $(\text{FeAl}_5\text{Si}_2\text{O}_{12}\text{OH})$. Απαντάται συνήθως σε θαμπούς κρυστάλλους χρώματος κοκκινωπού καφέ έως μαύρους. Έχει σκληρότητα που κυμαίνεται μεταξύ 7 και 8 κατά Mohs και ειδικό βάρος με εύρος από 3,7-3,8 g/cm^3 . Υπάρχουν δύο κύριες εμπορικές ποιότητες σταυρόλιθου γνωστές σαν “standard starblast” και “starblast XI”. Το ποσοστό του κρυσταλλικού SiO_2 και για τις δύο κατηγορίες είναι 0,86-1,11% (N.I.O.S.H, 1998). Ο σταυρόλιθος είναι υλικό που δεν περιέχει ανιχνεύσιμες ποσότητες από επικίνδυνα στοιχεία όπως As, Be, Cd, και Ni, ενώ περιέχει ελάχιστες ποσότητες Pb (0,004-0,013%), Cr (0-0,01%) και Mn (0,01-0,013%).

Στις ΗΠΑ παράγεται ως παραπροϊόν της εκμετάλλευσης μεγάλων μεταλλικών κοιτασμάτων στη Φλόριδα. Ηλεκτροστατικοί και μαγνητικοί διαχωριστές απομακρύνουν τις βαριές μεταλλικές συγκεντρώσεις και ακολουθεί χημικός καθαρισμός, όπου το υλικό πλένεται με καυστικά, ξεπλένεται και ξηραίνεται. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός υλικού εμπλουτισμένου με σταυρόλιθο γύρω στο 77% κ.β, με μικρές προσμίξεις τουρμαλίνη, ιλμενίτη, ορυκτών τιτανίου, ζirkονίου και χαλαζία και κόκκους ομοιόμορφους και σφαιρικούς (Skillen, 1994).

Οι βασικές εφαρμογές του σταυρόλιθου ως αποξεστικού μέσου ψηγματοβολής περιλαμβάνουν τη χάραξη, τον καθαρισμό και το φινίρισμα. Χρησιμοποιείται κυρίως για την ψηγματοβολή γεφυρών και μεγάλων χαλύβδινων κατασκευών. Ο σταυρόλιθος είναι περισσότερο αποτελεσματικός σε επιφάνειες με περιορισμένη σκωρία ελάστρου (καλαμίνα) και οξείδωση με διάβρωση από το πέρασμα του χρόνου και σε παλιές βαφές.



Εικόνα 3.3: Κόκκοι σταυρόλιθου.

iii) Γρανάτης

Ο Γρανάτης (Εικόνα 3.4) είναι το γενικό όνομα μιας οικογένειας σύνθετων πυριτικών ορυκτών με παρόμοιες φυσικές ιδιότητες και με κρυσταλλική μορφή (O’Driscoll, 1993). Ο γενικός τύπος για το γρανάτη είναι $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$, όπου A:Ca, Mg, Fe^{+2} ή Mn, ενώ B: Al, Fe^{+3} , Cl ή σπάνια Ti. Οι περισσότεροι διαδεδομένοι τύποι γρανάτη είναι ο πυρωπός ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) και ο αλμανδίτης ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$). Ο αλμανδίτης και το μίγμα αλμανδίτη-πυρωπού είναι οι τύποι με τις καλύτερες αποξεστικές ιδιότητες. Άλλοι τύποι γρανάτων που χρησιμοποιούνται στην ψηγματοβολή είναι ο ανδραδίτης και ο γροσσουλάριος. Ο γρανάτης εμφανίζεται με

τη μεγαλύτερη ποικιλία χρωμάτων από όλα τα βιομηχανικά ορυκτά και περιλαμβάνει όλα τα χρώματα εκτός από το μπλε. Η σκληρότητα και το ειδικό βάρος εξαρτώνται από τον τύπο του γρανάτη και έχουν εύρος από 6,5 έως 9 κατά Mohs και από 3,2 έως 4,3 g/cm³ αντίστοιχα. Ο καθαρός γρανάτης δεν περιέχει ελεύθερο SiO₂ όμως ανάλογα με τις προσμίξεις που έχει το υλικό, το ποσοστό του SiO₂ μπορεί να φτάσει και 7,7%. Ένα επίσης χαρακτηριστικό του υλικού είναι ότι μπορεί να ανακυκλωθεί 3-5 φορές, γεγονός το οποίο μειώνει σημαντικά το κόστος του (Schuster, 2002).

Η αεροπορική βιομηχανία χρησιμοποιεί τον γρανάτη για τον έλεγχο αντοχής σε κόπωση των επιφανειών, ενώ τα ναυπηγεία τον χρησιμοποιούν για καθαρισμό και χάραξη. Κοπή με υδροαμμοβολή είναι μια από τις περισσότερο αναπτυσσόμενες χρήσεις του γρανάτη, όπου ο καθαρός γωνιώδης γρανάτης ωθούμενος από υψηλής πίεσης ρεύμα νερού μπορεί να κόψει μεγάλη γκάμα υλικών (Kendall, 1997).



Εικόνα 3.4: Κόκκοι γρανάτη (αλμανδίτη).

iv) Ολιβίνης

Ο ολιβίνης είναι ένα πρασινωπό, διαφανές ορυκτό, το οποίο γενικά εμφανίζεται σε κοκκώδη μορφή. Αποτελεί κύριο συστατικό πυριγενών πετρωμάτων, όπως ο βασάλτης και ο γάββρος, έχει σκληρότητα κατά Mohs 6,5-7 και ειδικό βάρος 3,2-3,6 g/cm³. Ο χημικός του τύπος είναι MgSiO₄ ή Fe₂SiO₄. Ο δουνίτης είναι επίσης πέτρωμα πλούσιο σε ολιβίνη. Ο ολιβίνης έχει περιεκτικότητα μικρότερη από 1,3% σε κρυσταλλικό SiO₂. Η περιεκτικότητά του σε Cr και Ni κυμαίνεται από 0,1-0,4% κ.β (NIOSH, 1998).

Οι βασικότερες χρήσεις του ολιβίνης ως αποξεστικού μέσου ψηγματοβολής περιλαμβάνουν τον καθαρισμό κτιρίων και τον καθαρισμό και τη χάραξη χαλύβδινων κατασκευών (όπως οι γέφυρες). Άλλες χρήσεις είναι ο καθαρισμός μεταλλικών επιφανειών από καλαμίνα και οξείδωση, καθώς και οι εργασίες ψηγματοβολής στα ναυπηγεία. Δευτερεύουσες χρήσεις περιλαμβάνουν φινίρισμα, χάραξη και απομάκρυνση βαφών από γυαλί, τα αυτοκίνητα, τις μαρμάρινες κατασκευές κ.λπ. (Skillen, 1995).

Στη Σκανδιναβία η χρήση του ολιβίνης ως αποξεστικού μέσου ψηγματοβολής είναι αρκετά διαδεδομένη. Επίσης, χρησιμοποιείται και στη Μεγάλη Βρετανία, ιδιαίτερα για τον καθαρισμό κτιρίων και γεφυρών, καθώς και σε εκείνες τις εφαρμογές όπου η χρήση των αποκαμινευμάτων είναι ακατάλληλη ή απαγορευμένη (Skillen, 1994).

3.11.2. Μεταλλουργικές σκωρίες

Τα σημαντικότερα υλικά αυτής της κατηγορίας αποτελούν τα παραπροϊόντα της μεταλλουργίας, όπως τα αποκαμιινεύματα του άνθρακα, του χαλκού και του νικελίου. Τα υλικά αυτά, αρχικά αποτέλεσαν το ιδανικό μέσο για την αντικατάσταση της πυριτικής άμμου στις εργασίες ψηγματοβολής, λόγω του χαμηλού τους κόστους και των καλών αποξεστικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν.

i) Αποκαμιινεύματα χαλκού

Τα αποκαμιινεύματα χαλκού είναι υλικά που αποτελούνται κυρίως από χημικές ενώσεις SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO και περιέχουν πολύ υψηλά ποσοστά Cu , στοιχείο το οποίο ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Σύμφωνα με στοιχεία του NIOSH τα υλικά αυτά, σε σύγκριση με τα άλλα αποξεστικά μέσα, εμφανίζουν τα υψηλότερα ποσοστά As (0-1,45%), Be (0-0,18%) και Pb (0-8,9%) ενώ έχουν και πολύ υψηλά ποσοστά Mn (0-3,1%) και Ni (0-2,24%). Τέλος, έχουν ειδικό βάρος από 3,4-3,6 g/cm^3 και σκληρότητα κατά Mohs 7-8.

Η χρήση τους είναι πολύ διαδεδομένη στα ναυπηγεία και περιλαμβάνει τον καθαρισμό χαλύβδινων επιφανειών, βαριών εξοπλισμών, τσιμεντένιων προβλητών, κ.λπ. Επίσης χρησιμοποιούνται και για τον καθαρισμό γεφυρών, αυτοκινήτων, εξωτερικών κατασκευών, σκληρών ξύλων, κ.λπ.

ii) Αποκαμιινεύματα άνθρακα

Τα αποκαμιινεύματα άνθρακα (Εικόνα 3.5) παράγονται σαν παραπροϊόν (ανόργανα κατάλοιπα) της καύσης του άνθρακα, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα υλικά αυτά περιέχουν επικίνδυνα στοιχεία όπως As (0-0,09%), Be (0-0,048%), Cr (0-0,2%), Ni (0-0,1%), Pb (0-0,02) και Mn (0-0,6%) των οποίων τα ποσοστά είναι χαμηλότερα σε σύγκριση με τα αποκαμιινεύματα χαλκού και νικελίου. Το SiO_2 του υλικού κυμαίνεται από 0,1-1% (NIOSH, 1998). Τα αποκαμιινεύματα άνθρακα έχουν ειδικό βάρος περίπου 2,78 g/cm^3 και σκληρότητα κατά Mohs περίπου 7,5.



Εικόνα 3.5: Κόκκοι αποκαμιινεύματων άνθρακα

Στις ΗΠΑ υπάρχουν 8 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα, οι οποίες πωλούν τα αποκαμιινεύματα για αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής (Skillen, 1994). Οι βασικές εφαρμογές ψηγματοβολής για το υλικό αυτό είναι ίδιες με τα αποκαμιινεύματα χαλκού.

iii) Αποκαμινεύματα νικελίου

Τα αποκαμινεύματα νικελίου είναι υλικά, που αποτελούνται κυρίως από τις χημικές ενώσεις SiO_2 , Fe_2O_3 και MgO και περιλαμβάνουν πολύ υψηλά ποσοστά Ni , στοιχείο το οποίο ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Σύμφωνα με στοιχεία του NIOSH, το υλικό αυτό περιέχει επικίνδυνα στοιχεία, όπως As (0-0,18%) ενώ τα ποσοστά του χρωμίου είναι ιδιαίτερος υψηλά (0,54-3,7%). Τέλος, έχουν ειδικό βάρος από 3,4-3,6 g/cm^3 και σκληρότητα κατά Mohs από 7 έως 8.

Οι βασικές εφαρμογές ψηγματοβολής για το υλικό αυτό είναι ο καθαρισμός σε ναυπηγεία και σε κατασκευές από σκυρόδεμα και χάλυβα.

3.11.3. Βιομηχανικά υλικά

Τα μεταλλουργικά επεξεργασμένα ψήγματα χάλυβα κυρίως ή σιδήρου με τη μορφή shot ή grit αποτελούν τα σημαντικότερα υλικά της κατηγορίας. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης τα διάφορα καρβίδια (π.χ. πυριτίου), τα οξειδία (π.χ. αλουμινίου), τα γυάλινα σφαιρίδια (glass beads), τα πλαστικά, κ.λπ.

Τα βιομηχανικά υλικά χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές λόγω συγκεκριμένων ιδιοτήτων τους, όπως είναι η σύσταση, η σκληρότητα, το σχήμα, κ.λπ. Λόγω της βιομηχανικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί για να αποκτήσουν συγκεκριμένες ιδιότητες, εμφανίζονται με πολύ υψηλή τιμή πώλησης, γεγονός το οποίο αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για ευρεία χρησιμοποίησή τους σε εργασίες ανοικτής ψηγματοβολής.

i) Οξείδιο του αλουμινίου

Το λευκό ή το καφέ οξείδιο του αλουμινίου (Εικόνα 3.6) - γνωστό και ως τεχνητό κορούνδιο- παρασκευάζεται από φρύξη βωξίτη με αποξεστικές ιδιότητες. Το υλικό είναι περισσότερο από 99% τηγμένο, περιέχει περισσότερο από 94% Al_2O_3 και είναι κατά 505 τουλάχιστον μονοκρυσταλλικό. Έχει σκληρότητα μεγαλύτερη από 9 στην κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος περίπου 4 g/cm^3 . Το υψηλής καθαρότητας οξείδιο του αλουμινίου παρασκευάζεται από εξαιρετικά καθαρή αλουμίνα. Το υλικό αυτό περιέχει τουλάχιστον 99,5% Al_2O_3 και είναι σκληρότερο αλλά πιο εύθρυπτο από το συνηθισμένο οξείδιο. Γενικά, μπορεί να ανακυκλωθεί 3-5 φορές (Skillen, 1994).



Εικόνα 3.6: Κόκκοι οξειδίου του αλουμινίου

Η υψηλή τιμή του υλικού και οι φθορές που προκαλεί στο ακροφύσιο και στον υπόλοιπο εξοπλισμό λόγω της μεγάλης σκληρότητας του είναι τα βασικά του μειονεκτήματα. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές του υλικού, θετικά στοιχεία

αποτελούν η ανακυκλωσιμότητα του και η μεγάλη ταχύτητα καθαρισμού (Austin,1994).

Το Al_2O_3 χρησιμοποιείται στον καθαρισμό, τη χάραξη και το φινίρισμα. Το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ψηγματοβολή υπό κενό (Vacuum blasting), σε ανοικτές ψηγματοβολές και σε ειδικού τύπου ψηγματοβολές. Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν το οξείδιο του αλουμινίου για να καθαρίζουν ορισμένα τμήματα μεταλλικών επιφανειών. Ο καθαρισμός μπορεί να περιλαμβάνει την απλή αφαίρεση της διάβρωσης ή της καλαμίνης από τα τμήματα αυτά ή ακόμη και τον καθαρισμό των γραμμών των τραίνων, συγκεκριμένων χώρων των στρατιωτικών αεροσκαφών και μεγάλων κατασκευών με σύρματα ή καλώδια.

ii) Καρβίδιο του πυριτίου (SiC)

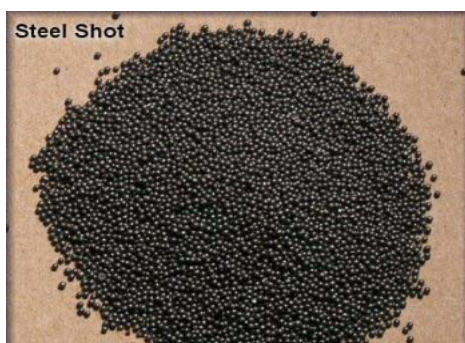
Το καρβίδιο του πυριτίου παρασκευάζεται κατά την τήξη πυριτικής άμμου υψηλής καθαρότητας και κωκ άνθρακα, ενώ ταυτόχρονα μεταβιβάζεται ηλεκτρικό ρεύμα υψηλής τάσης με ηλεκτρόδια άνθρακα σε φούρνους με εσωτερικό από γραφίτη. Το προϊόν που προκύπτει είναι 85-90% καρβίδιο του πυριτίου. Το υλικό αυτό έχει σκληρότητα μεγαλύτερη από 9,5 της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 3,12-3,22 g/cm³. Το SiC , σε χώρο κλειστής ψηγματοβολής, μπορεί να ανακυκλωθεί 50-100 φορές. (Austin,1997).

Όπως και για το Al_2O_3 , το σημαντικότερο μειονέκτημα για χρήση του ως αποξεστικού μέσου ψηγματοβολής είναι η υπερβολικά γρήγορη η φθορά του εξοπλισμού, που προκαλείται λόγω της σκληρότητας του.

Οι βασικές εφαρμογές ψηγματοβολής με καρβίδιο του πυριτίου είναι ο καθαρισμός, η κοπή και το φινίρισμα με την τεχνική της ψηγματοβολής υπο κενό (Vacuum blasting). Άλλες χρήσεις του υλικού αυτού περιλαμβάνουν το φινίρισμα στην υαλοβιομηχανία και την κοπή με την υδροαμμοβολή (O'Driscoll, 1997).

iii) Μεταλλικά αποξεστικά

Διατίθενται τρεις γενικοί τύποι μεταλλικών αποξεστικών: ψήγματα χάλυβα σε μορφή shot και grit (εικόνες 3.7 και 3.8) (τα ψήγματα των μεταλλικών αποξεστικών χαρακτηρίζονται ως shot όταν εμφανίζουν κυκλικό σχήμα και ως grit όταν το σχήμα τους είναι γωνιώδες), τα ψήγματα σιδήρου σε μορφή shot και grit (iron shot-grit) και ο ανοπτημένος χυτευμένος σίδηρος σε μορφή shot και grit. Η επιλογή ενός τύπου έναντι κάποιου άλλου είναι θέμα συνδυασμού του σχήματος, του μεγέθους και της σκληρότητας με τα χαρακτηριστικά της προς καθαρισμό επιφάνειας, λαμβάνοντας υπόψη την αξιολόγηση των σχετικών βαθμών κατανάλωσης του αποξεστικού και του κόστους.



Εικόνα 3.7: Κόκκοι χάλυβα σε μορφή shot



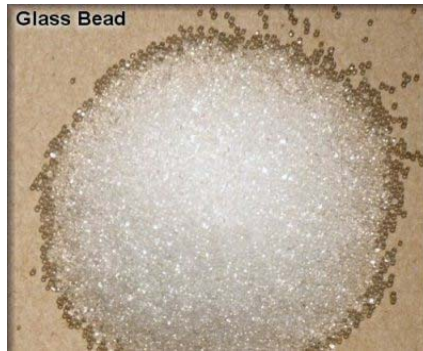
Εικόνα 3.8: Κόκκοι χάλυβα σε μορφή grit

Τα μεταλλικά αποξεστικά κατασκευάζονται από ακατέργαστα υλικά και κράματα, τα οποία τήκονται σε φούρνο και η σύνθεσή τους ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιεί τις απαιτούμενες χημικές προδιαγραφές για τον σίδηρο και το χάλυβα. Στη συνέχεια, το τηγμένο μέταλλο απομακρύνεται από τον φούρνο και μετατρέπεται σε τυχαία μεγέθη shot, που πέφτουν μέσα σε μια δεξαμενή κατάσβεσης με νερό. Τέλος, το προϊόν απομακρύνεται από τη δεξαμενή, υφίσταται θερμική κατεργασία και ακολουθεί η κοκκομετρική ταξινόμηση του. Το grit παράγεται αρχικά με θραύση του σκληρυμένου shot σε κυλινδρικούς θραυστήρες ή σφαιρόμυλους. Το προϊόν ταξινομείται κοκκομετρικά και οδηγείται σε θερμική επεξεργασία (James, 1988).

Σήμερα, περίπου το 85% του συνόλου των μεταλλικών αποξεστικών καταλαμβάνουν τα ψήγματα χάλυβα, ο οποίος θεωρείται καλύτερο υλικό σε σχέση με τον σίδηρο. Οι συνήθεις χρήσεις των μεταλλικών αποξεστικών είναι: καθαρισμός και προετοιμασία μεταλλικών επιφανειών για επίστρωση και βαφή, ελαφρύς καθαρισμός συγκολλήσεων και άλλων χαλύβδινων προϊόντων, σιδερένιων ή μη καλουπιών καθώς και θερμικά κατεργασμένων προϊόντων, προετοιμασία της επιφάνειας πλαστικών προϊόντων ενισχυμένων με fiberglass, απόξεση κυλινδρικών χυτηρίων, βελτίωση των ιδιοτήτων κόπωσης των μεταλλικών προϊόντων, διαμόρφωση της επιφάνειας αεροσκαφών και αποδέσμευση χημικά συνδεδεμένων καλουπωμένων όγκων άμμου χυτηρίου προς ανάκτηση και επαναχρησιμοποίησή τους (Hitzrot, 1978).

iv) Γυάλινα σφαιρίδια (glass beads)

Τα γυάλινα σφαιρίδια (Εικόνα 3.9) ανήκουν στην κατηγορία των τεχνητών, μη μεταλλικών αποξεστικών, χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές αλλά είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για την απομάκρυνση πολύ λεπτών ξένων υλικών, όπως φιλμ οξειδίων από λεπίδες ρότορων, πλαστικά καλούπια και άλλα περίπλοκα μέρη, στα οποία δεν πρέπει να αλλοιωθεί η επιφάνειά τους (Lombardero M. et al, 1998). Ακόμα, μπορούν να απομακρύνουν τα υπολείμματα από την επιφάνεια πιστονιών και βαλβίδων χωρίς μόλυνση ή απομάκρυνση του βασικού μετάλλου. Με την ψηγματοβολή γυάλινων σφαιριδίων μπορούν επίσης να ανιχνευθούν ελαττώματα σε συγκολλήσεις μετάλλων. Διατίθενται, συνήθως, σε μεγέθη διαμέτρου από 0,16 μέχρι 0,04 mm.



Εικόνα 3.9: Κόκκοι glass beads

ν) Πλαστικά αποξεστικά

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης εναλλακτικών αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής, κινείται και η χρήση των πλαστικών. Η ψηγματοβολή με χρήση πλαστικών (Εικόνα 3.10) είναι μια τεχνική για γρήγορη, οικονομική και ασφαλής για αφαίρεση του χρώματος και της σκουριάς από σκληρά και μαλακά μεταλλικά υποστρώματα χωρίς τη χρήση κλασικών αποξεστικών μέσων ή πολύπλοκων μηχανημάτων καθαρισμού (Diener, 1986).



Εικόνα 3.10: Κόκκοι πλαστικού αποξεστικού

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί ανακυκλώσιμους πλαστικούς κόκκους, με σκληρότητα που κυμαίνεται από 3,0-4,0 της κλίμακας Mohs και οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή σε σχετικά μικρές πιέσεις αέρα. Όταν οι πλαστικοί κόκκοι είναι σκληρότεροι από τις βαφές, αλλά πιο μαλακοί από το υπόστρωμα, τα πλαστικά μέσα μπορούν γρήγορα να αφαιρέσουν τα αστάρια (primers) και τις επιφανειακές βαφές χωρίς να προκαλέσουν προβλήματα σε ευαίσθητα υποστρώματα όπως το αλουμίνιο, ο χαλκός, ο άνθρακας, το μαγνήσιο, ο λεπτός χάλυβας, το τιτάνιο, κ.α. Σήμερα, υπάρχουν πολυάριθμοι τύποι πλαστικών αποξεστικών μέσων σε χρήση, οι οποίοι περιλαμβάνουν υλικά που αποτελούνται από πολυεστέρες, φορμαλδεύδες, ακρυλικά και πολυμερή, που έχουν υποστεί θερμοσκλήρυνση (Abbot, 1992).

Η ψηγματοβολή με χρήση πλαστικών χρησιμοποιείται για περισσότερο από μια δεκαετία, κυρίως για την επισκευή αεροπλάνων. Όμως, λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για την προστασία του περιβάλλοντος και των αυστηρών περιβαλλοντικών κανονισμών που υπάρχουν σήμερα, τα πλαστικά ως αποξεστικό μέσο βρίσκουν εφαρμογή και στην Ν/Ε βιομηχανία. Λόγω της ανακυκλωσιμότητας των πλαστικών μέσων, οι βαφές που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες μπορούν να διαχωριστούν αποτελεσματικά από τον όγκο των αποξεστικών μέσων, με αποτέλεσμα την εξάλειψη της επικίνδυνης απόθεσης αποβλήτων.

Η χρήση, όμως, πλαστικών αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής εμφανίζει και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως το υψηλό κόστος, η αδυναμία απομάκρυνσης βαριών σκουριών, η χαμηλή αποτελεσματικότητα σε σχέση με την κλασική ψηγματοβολή, τα οποία εμποδίζουν τα υλικά αυτά να εδραιωθούν στο χώρο των εναλλακτικών αποξεστικών μέσων.

3.12. Προβλήματα ακαριαίας οξείδωσης (flash rusting)

Η δημιουργία του έντονου, πυκνού κονιορτού επιφέρει συνθήκες διακοπτόμενης ροής στην παραγωγική διαδικασία, καθώς είναι αδύνατο να εκτελεσθεί οποιαδήποτε άλλη εργασία και κυρίως αυτή της βαφής, παράλληλα με την ψηγματοβολή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μείωση της παραγωγικότητας, χαμηλότερη ποιότητα και συχνά, ανάγκη επανάληψης της ψηγματοβολής εξαιτίας της ακαριαίας οξείδωσης (flash rusting), που έχει στο μεταξύ επενεργήσει στη μεταλλική επιφάνεια. Κατά το φαινόμενο αυτό, η ψηγματοβολισμένη και αποκεκαλυμμένη μεταλλική επιφάνεια, προσβάλλεται μέσα σε ελάχιστο χρόνο (2-7 ώρες, ανάλογα με το περιβάλλον του χώρου) από οξείδωση και καθίσταται ακατάλληλη για βαφή (Καλιαμπάκος, 1983; Ανδρόνικος, 2000).

Η παραγωγικότητα των ανοικτών ψηγματοβολών μεγάλης κλίμακας εξαρτάται άμεσα από τη δυνατότητα αναστολής της ακαριαίας οξείδωσης, δεδομένου ότι ο χρόνος ψηγματοβολής είναι αρκετές φορές πολλαπλάσιος του χρόνου βαφής και επομένως η όλη εργασία καθυστερεί αναγκαστικά, για να βαφεί το τμήμα της επιφάνειας που μόλις έχει ψηγματοβολιστεί. Η επίτευξη επομένως αναστολής του παραπάνω αρνητικού φαινομένου αποτελεί βασικό στόχο πολλών ερευνητικών και βιομηχανικών προσπαθειών, καθώς μια αποτελεσματική λύση προς την κατεύθυνση της συνεχούς και απρόσκοπτης παραγωγικής διαδικασίας και της ανεξαρτητοποίησης της από τη διαδικασία της βαφής, θα αύξανε σημαντικά το επίπεδο της συνολικής απόδοσης της εργασίας.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ακαριαίας οξείδωσης, ακολουθείται η εφαρμογή ειδικών αντισκωριακών διαλυμάτων, των λεγόμενων αναστολέων οξείδωσης (inhibitors). Πρόκειται συνήθως για υδατοδιαλυτά διχρωμικά ή φωσφορικά άλατα (καλίου ή νατρίου), τα οποία έχουν την ικανότητα να καθυστερούν την οξείδωση μέχρι την εφαρμογή της βαφής. Η καθυστέρηση της οξείδωσης, από τη χρήση αυτών των χημικών ουσιών, μπορεί να φτάσει και τις επτά ημέρες μέσω παθητικοποίησης της χαλύβδινης επιφάνειας.

Οι αναστολείς οξείδωσης, κατά την εξάτμιση του νερού, έχουν την τάση να σχηματίζουν κρυσταλλικά άλατα, που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα πρόσφυσης στα προστατευτικά επιστρώματα που θα ακολουθήσουν. Για τον λόγο αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται η συμβατότητα του χρησιμοποιούμενου αναστολέα με το σύστημα βαφής που εφαρμόζεται ακολούθως.

Τα κύρια μειονεκτήματα των αναστολέων οξείδωσης τα οποία εμποδίζουν την ευρύτερη εφαρμογή τους, είναι το υψηλό τους κόστος το οποίο μπορεί να αυξήσει πολύ (εως και 100%) το συνολικό κόστος της εργασίας και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την απόρριψή τους.

3.13. Προδιαγραφές καθαρισμού επιφανείας με ψηγματοβολή

Η αξιολόγηση της επιτυγχανόμενης ποιότητας καθαρισμού στη βιομηχανία είναι κυρίως οπτική. Για το λόγο αυτό έχουν υιοθετηθεί διεθνώς διάφορα οπτικά πρότυπα αξιολόγησης, τα πιο διαδεδομένα από τα οποία είναι αυτά της NACE και του SSPC στις ΗΠΑ και το ISO 8501-1/88 (International Standard : ISO 8501-1:1998). Η μέθοδος προετοιμασίας της επιφάνειας με ψηγματοβολή χαρακτηρίζεται με τα γράμματα “Sa”. Ο αριθμός που ακολουθεί, προσδιορίζει τον βαθμό καθαρισμού από καλαμίνα, οξείδωση και προηγούμενα χρώματα.

Οι τέσσερις βαθμοί προετοιμασίας της επιφάνειας με ψηγματοβολή(ποιότητες καθαρισμού), είναι οι ακόλουθοι (Πίνακας 3.7) :

Η.Π.Α (NACE)	ISO 8501-1
Λευκή Ψηγματοβολή	SA 3
Σχεδόν Λευκή	SA 2 ^{1/2}
Εμπορική	SA 2
Απλός Καθαρισμός	SA 1

Πίνακας 3.7: Βαθμοί καθαρισμού επιφάνειας από ψηγματοβολή.

- ❖ Sa 1 : Ελαφρά ψηγματοβολή, μέχρις ότου απομακρυνθούν η αποκολλημένη καλαμίνα, οι αποκολλημένες σκουριές και τα αποκολλημένα ξένα σώματα.
- ❖ Sa 2 : Επιμελημένη ψηγματοβολή, μέχρις ότου απομακρυνθούν όλη η καλαμίνα, οι σκουριές και τα ξένα σώματα. Η επιφάνεια καθαρίζεται με καθαρό και ξηρό πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα. Η επιφάνεια μετά τον καθαρισμό πρέπει να έχει χρώμα προς το φαιό.
- ❖ Sa 2 ½ : Πολύ επιμελημένη ψηγματοβολή. Η καλαμίνα, οι σκουριές και ξένα σώματα απομακρύνονται τόσο καλά, ώστε τα ίχνη που απομένουν να φαίνονται σαν ελαφρές σκιές ή γραμμές. Κατόπιν η επιφάνεια καθαρίζεται με κάποιον από τους προαναφερθέντες τρόπους.
- ❖ Sa 3 : Ψηγματοβολή μέχρι καθαρό (“λευκό”) μέταλλο. Η καλαμίνα, οι σκουριές και τα ξένα σώματα πρέπει να απομακρυνθούν τελείως. Κατόπιν η επιφάνεια καθαρίζεται όπως και προηγουμένως. Μετά τον καθαρισμό η επιφάνεια έχει ομοιόμορφο μεταλλικό χρώμα.

Έτσι, η κατάσταση μιας χαλύβδινης επιφάνειας ορίζεται από έναν συνδυασμό χαρακτήρων και αριθμών που ήδη αναφέραμε. Για παράδειγμα, ο χαρακτήρας μιας χαλύβδινης επιφάνειας από τον συνδυασμό B Sa 2 , σημαίνει ότι η αρχική κατάσταση επιφάνειας ήταν βαθμού σκουριάς B (βλέπε προηγούμενο κεφάλαιο) και ότι καθαρίστηκε με ψηγματοβολή στο βαθμό προετοιμασίας Sa 2.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής πλοίων και πλωτών κατασκευών κυρίως απαιτούνται οι βαθμοί σκουριάς A, B και οι βαθμοί προετοιμασίας Sa 2, Sa2^{1/2} και Sa 3. Για υπερκατασκευές ο ελάχιστος βαθμός προετοιμασίας Sa 2 είναι μερικές φορές επαρκής. Αλλά για τα ύφαλα μέρη και το εσωτερικό των δεξαμενών, γενικά, απαιτείται κατ’ ελάχιστον ο βαθμός Sa 2 ½.

Ο βαθμός προετοιμασίας Sa 3 θεωρητικά μεν είναι επιθυμητός, πρακτικά δε απαιτεί δαπανηρές διαδικασίες καθαρισμού και προκαλεί αύξηση της τραχύτητας της επιφάνειας.

Οι προδιαγραφές προετοιμασίας επιφανειών για ειδικές εφαρμογές ορίζονται από τους κατασκευαστές συστημάτων βαφής και πρέπει να τηρούνται προσεκτικά.

Παρατηρήσεις:

- I. Οι φωτογραφίες, βάσει των οποίων πραγματοποιείται ο οπτικός διαχωρισμός των επιφανειών, απεικονίζουν επιφάνειες που έχουν καθαριστεί με πυριτική άμμο και για το λόγο αυτό, δύσκολα ταυτίζονται ακριβώς με την εμφάνιση επιφανειών που έχουν ψηγματοβολιστεί με άλλα είδη αποξεστικών.
- II. Η οπτική αξιολόγηση της κατάστασης της επιφάνειας πριν τον καθαρισμό και των βαθμών προετοιμασίας, ενέχει το στοιχείο της υποκειμενικότητας από μέρος εκτιμητή/επιθεωρητή.
- III. Οι περιγραφόμενες καταστάσεις των επιφανειών πριν τον καθαρισμό δεν καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις που συναντώνται στην πράξη. Έτσι συχνά αναντώνται περιπτώσεις επιφανειών που βρίσκονται ανάμεσα στις προαναφερθείσες ποιότητες. Στην περίπτωση αυτή η επιφάνεια χαρακτηρίζεται συνδυαστικά (π.χ. επιφάνεια βαθμού οξείδωσης B με ποσοστό 20% C).
- IV. Αντίθετα, όταν μια επιφάνεια έχει εικόνα που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο βαθμούς προετοιμασίας τότε χαρακτηρίζεται από το χειρότερο από τους δύο βαθμούς.

Στο Παράρτημα 1 φαίνονται οι επιφάνειες προετοιμασίας μετά από ψηγματοβολή ανάλογα με τον βαθμό σκουριάς που ήταν καλυμμένη αρχικά η επιφάνεια πριν από την ψηγματοβολή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΥΔΡΟΒΟΛΗ

4.1. Γενικά περί υδροβολής

Καθαρισμός και προετοιμασία των επιφανειών (surface preparation) ονομάζεται γενικά η διαδικασία απομάκρυνσης όλων των ξένων σωμάτων και ουσιών από μια επιφάνεια και η δημιουργία των συνθηκών όπου τα χρώματα θα μπορούν να λειτουργήσουν σωστά.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα τελευταία χρόνια, η εφαρμοσμένη έρευνα επικεντρώνει τις προσπάθειές της στην ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών επιφανειών, με στόχους αφενός τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και αφετέρου τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια μέθοδος η οποία κερδίζει έδαφος σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες δεκαετίες είναι η υδροβολή, την οποία θα εξετάσουμε εκτενέστερα στο παρόν κεφάλαιο.

Υδροβολή είναι η μέθοδος καθαρισμού των επιφανειών διαφόρων υλικών (π.χ χάλυβα, πέτρας, τσιμέντου, πλαστικού, ξύλου) μέσω της εκτόξευσης πίδακα (τζετ) νερού από κάποιο ειδικό εργαλείο(“πιστόλι”) με μεγάλη πίεση πάνω στην επιφάνεια (Ανδρόνικος, 2000).

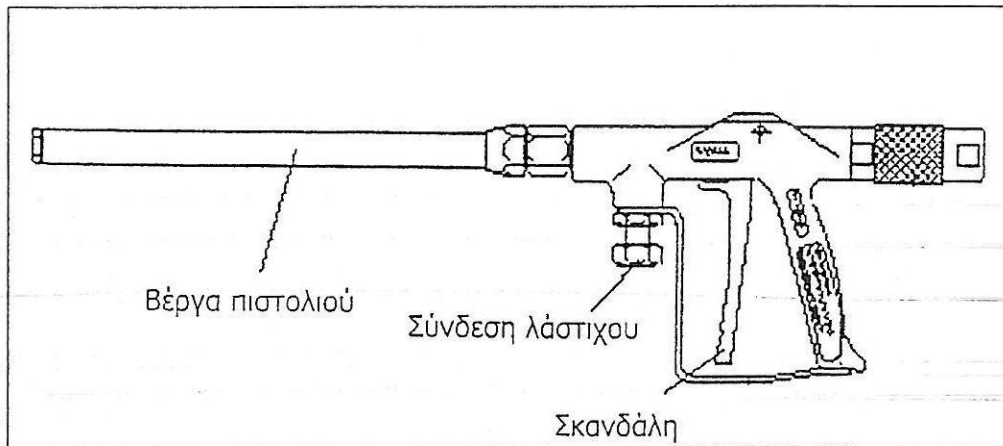
Η υδροβολή χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια στη ναυπηγική και N/E βιομηχανία για τον προκαταρκτικό καθαρισμό ή “πλύσιμο” (wash down) των επιφανειών των πλοίων, πριν τον κυρίως καθαρισμό, ο οποίος γινόταν και εξακολουθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό να γίνεται, με τη μέθοδο της ψηγματοβολής. Σκοπός αυτής της υδροβολής χαμηλής/μέσης πίεσης (100-500 bar) είναι η απομάκρυνση των θαλάσσιων οργανισμών, καθώς και χαλαρών κομματιών σκουριάς και παλιών βαφών.

Εδώ και μερικά χρόνια εφαρμογή βρίσκει και η υδροβολή μεγαλύτερων πιέσεων (έως και 3000 bar). Πρώτο πεδίο εφαρμογής της υδροβολής υψηλής πίεσης ήταν οι κοπές μετάλλων και πετρωμάτων (π.χ. μαρμάρου), δηλαδή η μέθοδος γνωστή ως υδροκοπή. Η χρήση της υδροβολής υψηλής πίεσης ως εναλλακτικής μεθόδου καθαρισμού και προετοιμασίας των επιφανειών έναντι της ψηγματοβολής άρχισε να υιοθετείται από τη N/E βιομηχανία μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1980, αρχικά από αμερικάνικα ναυπηγεία και ναυπηγεία της βόρειας Ευρώπης (Γερμανία, Ολλανδία).

Ο βασικός λόγος για τον οποίο αναπτύχθηκε η τεχνολογία της υδροβολής υψηλής πίεσης στη N/E βιομηχανία ήταν το πολύ αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο των χωρών αυτών σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος (Meynier, 2001). Έτσι, η υδροβολή, η οποία παρουσίαζε τις μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (πλήρης απουσία σκόνης και ελαχιστοποίηση των στερεών αποβλήτων), παρουσιάστηκε ως κύρια εναλλακτική λύση έναντι της κλασικής ψηγματοβολής. Ανάλογα με την πίεση του νερού, διακρίνονται τέσσερις βασικές κατηγορίες υδροβολής, σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο SSPC-SP 12/NACE 5 ως εξής :

4.1.1. Υδροβολή χαμηλής πίεσης (Low Pressure Water Cleaning-LP WC)

Η υδροβολή χαμηλής πίεσης (XII) (Σχήμα 4.1) ή απλά πλύσιμο (washing down) ήταν η πρώτη κατηγορία υδροβολής που αναπτύχθηκε, πριν από 30-35 χρόνια. Αφορά πιέσεις νερού μικρότερες από 340 bar (< 5000 psi) και σκοπός της είναι η απομάκρυνση των θαλάσσιων οργανισμών, καθώς και των χαλαρών κομματιών σκουριάς, ποσοτήτων αλάτων και παλιών βαφών πριν την εφαρμογή της κύριας μεθόδου καθαρισμού. Δεν θεωρείται μέθοδος προετοιμασίας, αλλά προ-προετοιμασίας των επιφανειών πριν την κύρια μέθοδο καθαρισμού



Σχήμα 4.1 : Πιστόλι υδροβολής χαμηλής πίεσης.

4.1.2. Υδροβολή μέσης πίεσης (High Pressure Water Cleaning – HP WC)

Η υδροβολή μέσης πίεσης (ΜΠ) αφορά πιέσεις νερού μεταξύ 340 bar και 680 bar (5000- 10000 psi). Με τις πιέσεις αυτές οι χαλαρές σκουριές και χρώματα μπορούν να αφαιρεθούν και μέσα από τις κοιλότητες της επιφάνειας, χωρίς όμως να μπορεί να αφαιρεθεί και η καλαμίνα, ενώ δε μπορεί να επιτευχθεί ομοιόμορφη ματ εμφάνιση στην επιφάνεια. Οι εφαρμογές της υδροβολής μέσης πίεσης περιλαμβάνουν:

- Αφαίρεση θαλάσσιων οργανισμών από τα ύφαλα, οι οποίοι δεν απομακρύνονται με την υδροβολή χαμηλής πίεσης.
- Επιλεκτική αφαίρεση στρωμάτων βαφής.
- Ελαφρύς καθαρισμός από σκουριές και βαφές.

4.1.3. Υδροβολή υψηλής πίεσης (High Pressure Water Jetting – HP WJ)

Η υδροβολή υψηλής πίεσης (ΥΠ) αφορά πιέσεις νερού μεταξύ 680 bar και 1700 bar (10000 – 25000 psi). Η κατανάλωση του νερού είναι της τάξης των 50 λίτρων/λεπτό(l/min) για πίεση 700 bar, ενώ για 1500 bar μειώνεται περίπου στα 25 λίτρα/λεπτό. Στην πράξη, η υδροβολή υψηλής πίεσης μπορεί να εκτελέσει τις περισσότερες εργασίες καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών που συναντώνται στη ναυπηγοεπισκευή. Η απόδοσή της μειώνεται μόνο στις περιπτώσεις ορισμένων πολύ δύσκολων βαφών ή καλαμίνας, οπότε είναι απαραίτητη η χρήση ακόμα μεγαλύτερων πιέσεων.

4.1.4. Υδροβολή υπερ-υψηλής πίεσης (Ultra High Pressure Water Jetting–UHP WJ)

Υδροβολή υπερ-υψηλής πίεσης (ΥΥΠ) αφορά πιέσεις νερού μεγαλύτερες από 1700 bar (> 25000 psi). Κατά τη τεχνική αυτή το νερό εκτοξεύεται στην επιφάνεια με πίεση που κυμαίνεται από 1700 έως 3000 bar (25000 – 43500 psi) και η κατανάλωση του νερού αντίστοιχα είναι 25-8 λίτρα/λεπτό. Στην τεχνική αυτή, αν και είναι δυνατή η προσθήκη αποξεστικού σε περιοχές των μεταλλικών επιφανειών όπου απαιτείται η δημιουργία μικροτραχύτητας, αυτό αποφεύγεται λόγω υπερβολικής φθοράς του εξοπλισμού (Meier, 2002).

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4.1) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι κατηγορίες ανάλογα με την πίεση και την κατανάλωση νερού.

Κατηγορία	Πίεση νερού (bar)	Κατανάλωση νερού (λίτρα / λεπτό / πιστόλι)
Υδροβολή χαμηλής πίεσης (LP WC)	100 - 340	300 - 100
Υδροβολή μέσης πίεσης (HP WC)	340 - 680	100 - 50
Υδροβολή υψηλής πίεσης (HP WJ)	680 - 1.700	50 - 25
Υδροβολή υπερ-υψηλής πίεσης (UHP WJ)	1.700	25 - 8

Πίνακας 4.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας κατηγοριών υδροβολής.

4.2. Αρχές λειτουργίας υδροβολής υψηλής και υπερυψηλής πίεσης

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στην υδροβολή υψηλής και υπερυψηλής πίεσης είναι οι λεγόμενες αντλίες θετικής μετατόπισης. Ο περιορισμός της ροής του νερού λόγω της διέλευσής του από ένα πολύ στενό ακροφύσιο, αυξάνει την πίεση αντίδρασης στο επίπεδο της πίεσης λειτουργίας της αντλίας. Επειτα, καθώς το νερό φεύγει από το ακροφύσιο, η πίεση του μειώνεται και πέφτει στο επίπεδο της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το αποτέλεσμα αυτής της μεγάλης πτώσης πίεσης, που ισούται με την πίεση λειτουργίας της αντλίας, είναι η επιτάχυνση του πίδακα νερού σε πάρα πολύ υψηλές ταχύτητες. Ο πίδακας νερού μεταφέρει την ενέργεια που έχει δημιουργηθεί πάνω στην επιφάνεια, όπου μετατρέπεται σε δυνάμεις θλίψης (πίεση προς τα κάτω) και εφελκυσμού (πίεση προς τα έξω), ικανές να καθαρίσουν την επιφάνεια.

Η υδροβολή βασίζεται μόνο στην ενέργεια του νερού για να πετύχει τον καθαρισμό. Η διαθέσιμη ενέργεια είναι κινητική ενέργεια και ισούται με το μισό (1/2) της μάζας του νερού (M) επί το τετράγωνο της ταχύτητας του νερού (V):

$$E = \frac{1}{2} M \times V^2$$

Από τον τύπο αυτό φαίνεται ότι η ενέργεια καθαρισμού αυξάνει κυρίως όσο αυξάνει η ταχύτητα του νερού.

Η ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε δύναμη πάνω στην επιφάνεια, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$F = S \times V^2$$

όπου S είναι η περιοχή (εμβαδό) της επιφάνειας που καλύπτει το μπεκ κατά την εκτόξευση και V η ταχύτητα του νερού.

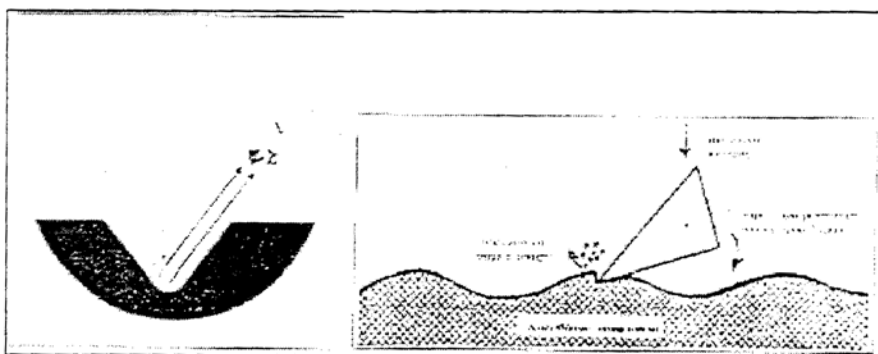
Σύμφωνα με τα παραπάνω, η απόδοση της υδροβολής εξαρτάται από τρεις κύριες παραμέτρους:

- i. Τη μάζα του νερού που χρησιμοποιείται.
- ii. Την ταχύτητα του νερού (που εξαρτάται από την πίεση).
- iii. Την περιοχή της επιφάνειας που καλύπτει το μπεκ.

4.3. Τρόπος καθαρισμού και εμφάνιση επιφάνειας

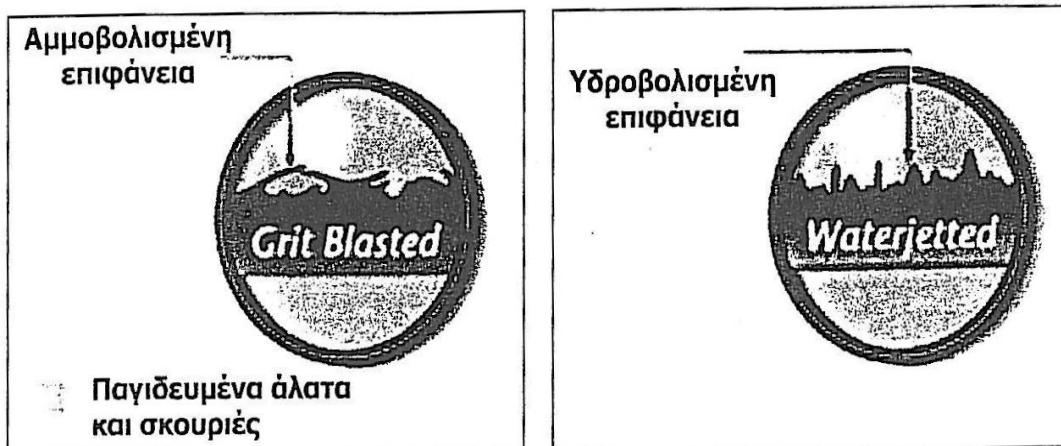
Η δημιουργία προφίλ κατά την προετοιμασία μιας επιφάνειας θεωρείται απαραίτητη για την καλή πρόσφυση του χρώματος. Όπως είναι φυσικό η υδροβολή, που βασίζεται μόνο στην ενέργεια του νερού, δεν είναι σε θέση να δημιουργήσει νέο προφίλ πάνω στο μέταλλο.

Το τζετ νερού υψηλής ταχύτητας χτυπάει την επιφάνεια περίπου με τον ίδιο τρόπο όπως μικροί στερεοί κόκκοι, με ταχύτητες που φτάνουν και ξεπερνούν τα 1000 μέτρα ανά sec. Η βασική διαφορά στον τρόπο καθαρισμού της υδροβολής από εκείνον της ψηγατοβολής, είναι ότι η υδροβολή καθαρίζει την επιφάνεια από κάτω προς τα πάνω (Σχήμα 4.2) ενώ η ψηγατοβολή καθαρίζει αντίθετα, δηλαδή από πάνω προς τα κάτω σαν να σκάβει την επιφάνεια. Αυτό, και σε συνδυασμό με το ότι ακόμη και οι πιο ψιλοί κόκκοι της ψηγατοβολής δε μπορούν να φτάσουν και να καθαρίσουν τέλεια όλα τα σημεία του pitting, έχει ως αποτέλεσμα κάποιες μικροποσότητες αλάτων και άλλων ξένων σωμάτων να παραμένουν στην επιφάνεια μετά την ψηγατοβολή. Οι επιφάνειες που έχουν καθαριστεί με υδροβολή δεν έχουν την ίδια εμφάνιση με εκείνες που έχουν καθαριστεί με ψηγατοβολή. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό δε μπορεί από μόνο του να κόψει ή να αλλοιώσει την επιφάνεια του χάλυβα, όπως κάνουν τα αποξεστικά. Έτσι, οι υδροβολισμένες επιφάνειες φαίνονται μουντές.



Σχήμα 4.2: Τρόπος δράσης κατά τον καθαρισμό με υδροβολή και ψηγατοβολή

Όμως, αυτό δε θεωρείται πλέον πρόβλημα για τη ναυπηγοεπισκευή, καθώς στην περίπτωση του πλήρους καθαρισμού, η υδροβολή αποκαλύπτει το αρχικό προφίλ που προϋπήρχε στην επιφάνεια και μάλιστα χωρίς να το αλλοιώσει ή να το παραμορφώσει δημιουργώντας κοιλότητες στις οποίες μπορούν να παγιδευτούν ξένα σώματα και προσμίξεις, όπως συμβαίνει στη περίπτωση της ψηγατοβολής, (Εικόνα 4.1) ενώ στην περίπτωση του τοπικού καθαρισμού ή του επιλεκτικού καθαρισμού κάποιου στρώματος βαφής θεωρείται επαρκές για την νέα βαφή.



Εικόνα 4.1 : Διαφορά στο προφίλ και στα άλατα που παραμένουν παγιδευμένα σε αυτό, μεταξύ μιας τυπικής ψηγματοβολισμένης και μιας υδροβολισμένης επιφάνειας.

Ως αποτέλεσμα των πιο πάνω, ενώ η συγκέντρωση αλάτων χλωρίου μετά την ψηγματοβολή σε μια πολύ διαβρωμένη επιφάνεια μπορεί να είναι της τάξης των 20 – 80 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, η αντίστοιχη συγκέντρωση μετά την υδροβολή είναι της τάξης των 1- 4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ή και μικρότερη. Αυτός είναι και ο λόγος που οι εταιρείες χρωμάτων εμπιστεύονται τα προϊόντα τους πάνω στις υδροβολισμένες επιφάνειες.

4.4. Το φαινόμενο της άμεσης οξείδωσης (flash rusting)

Η άμεση οξείδωση είναι το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο μια γυμνή χαλύβδινη επιφάνεια η οποία έχει καθαριστεί με κάποια μέθοδο και είναι όπως λέμε “ενεργοποιημένη” ως προς τη διάβρωση, με την επίδραση του νερού και του οξυγόνου (υγρασία και αέρας), προσβάλλεται μέσα σε ελάχιστο χρόνο από οξείδωση καθιστώντας της έτσι ακατάλληλη για βαφή (Καλιαμπάκος, 1993; Ανδρόνικος, 2000).

Οι επιφάνειες που έχουν προετοιμαστεί με κάποια υγρή μέθοδο, όπως η υδροβολή, είναι πιο ευάλωτες στην άμεση οξείδωση από ότι μια επιφάνεια που έχει προετοιμαστεί με μια ξηρή μέθοδο, όπως η ψηγματοβολή.

Ο χρόνος προσβολής μιας υδροβολισμένης επιφάνειας από την άμεση οξείδωση εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (υγρασία και θερμοκρασία αέρα, άνεμος) και μπορεί να κυμαίνεται από ελάχιστα λεπτά μέχρι μια ή δυο ώρες.

Παλαιότερα, έστω και μικρή ύπαρξη άμεσης οξείδωσης θεωρούνταν βλαβερή και η επιφάνεια έπρεπε να φρεσκαριστεί. Σήμερα, με την πρόοδο της γνώσης και την ανάπτυξη της τεχνολογίας βαφών, μια επιφάνεια με σχετικά αρκετή ποσότητα άμεσης οξείδωσης μπορεί να βαφεί χωρίς πρόβλημα.

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, για την αντιμετώπιση του προβλήματος της άμεσης οξείδωσης, έχουν αναπτυχθεί ειδικά αντισκωριακά διαλύματα, οι λεγόμενοι αναστολείς οξείδωσης (rust inhibitors). Πρόκειται συνήθως για υδατοδιαλυτά διχρωμικά ή φωσφορικά άλατα (καλίου ή νατρίου), τα οποία έχουν την ικανότητα να καθυστερούν την οξείδωση μέχρι την εφαρμογή της βαφής. Η καθυστέρηση της οξείδωσης, από τη χρήση αυτών των χημικών ουσιών, μπορεί να φτάσει και τις επτά ημέρες μέσω παθητικοποίησης της επιφάνειας (Appleman, 1986; Woodson, 1988).

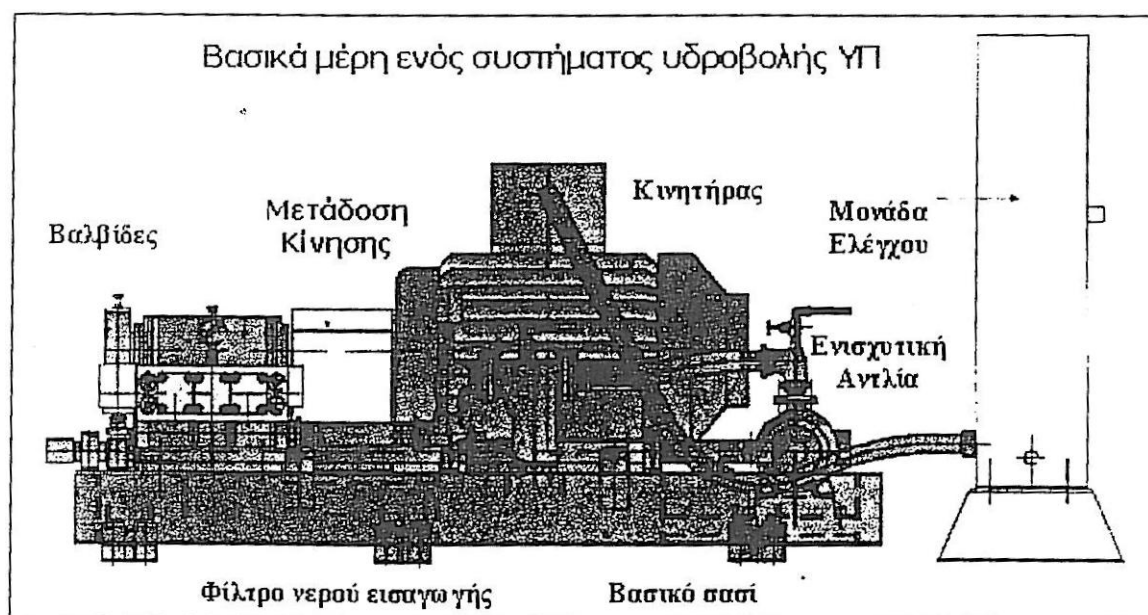
Τα κύρια μειονεκτήματα των αναστολέων οξείδωσης, τα οποία εμποδίζουν την εφαρμογή τους στην υδροβολή, είναι το υψηλό κόστος τους το οποίο μπορεί να αυξήσει πολύ (έως 100%) το συνολικό κόστος της εργασίας, οι πιθανές αρνητικές

συνέπειες στην απόδοση των χρωμάτων λόγω του σχηματισμού κρυσταλλικών αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν στο χρώμα προβλήματα πρόσφυσης και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη χρήση τους κατά την απόρριψή τους. Είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται η συμβατότητα του χρησιμοποιούμενου αναστολέα με το σύστημα βαφής που εφαρμόζεται ακολούθως.

4.5. Κύρια μέρη μιας μονάδας υδροβολής.

Μια πλήρης μονάδα υδροβολής ΥΠ ή ΥΥΠ αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη (Εικόνα 4.2) :

1. Εμβολοφόρος αντλία υψηλής πίεσης
2. Ρυθμιστής πίεσης (pressure regulator)
3. Κινητήρας (drive motor)
4. Σύστημα μετάδοσης ισχύος (power transmission)
5. Βαλβίδες:
 - Βαλβίδα πίεσης (pressure valve)
 - Βαλβίδα αναρρόφησης/κατάθλιψης(suction valve)
 - Βαλβίδα ασφαλείας (safety valve)
 - Παρακαμπτήρια βαλβίδα (by pass valve) η οποία χρησιμεύει για να παρέχει ασφάλεια σε περίπτωση υπερ-πίεσης και να ρυθμίζει την παροχή νερού σε περίπτωση πολλαπλών καταναλώσεων (πιστολιών)
 - Αναλκουφιστική βαλβίδα (relief valve).
6. Βασικό πλαίσιο (σασί)
7. Φίλτρο νερού εισόδου
8. Αντλία πίεσης εισόδου (booster pump ή pre-pressure pump)
9. Μονάδα ελέγχου (control unit ή panel)



Εικόνα 4.2: Βασικά μέρη μιας μονάδας υδροβολής ΥΠ (WOMA)

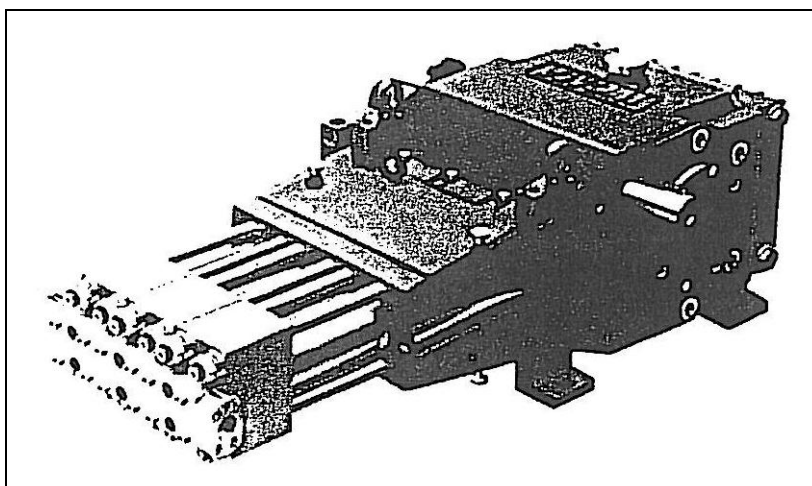
4.6. Αντλίες υδροβολής ΥΠ και ΥΥΠ

Τα συστήματα αντλιών (Εικόνα 4.3) αποτελούν την καρδιά μιας μονάδας υδροβολής υψηλής ή υπερ-υψηλής πίεσης. Η δουλειά τους είναι:

- i. Να μετατρέπουν την χαμηλή πίεση 3 – 5 bar με την οποία εισέρχεται το νερό στην αντλία (πίεση εισόδου), σε υψηλή (700 – 1700 bar) ή πολύ υψηλή πίεση (1700 – 4000 bar) (πίεση εξόδου).
- ii. Να υποστηρίζουν, σε αρκετές περιπτώσεις, τη λειτουργία των εργαλείων υδροβολής (π.χ παραγωγή πεπιεσμένου αέρα ως βοηθητική ενέργεια για τα πνευματικά εργαλεία).

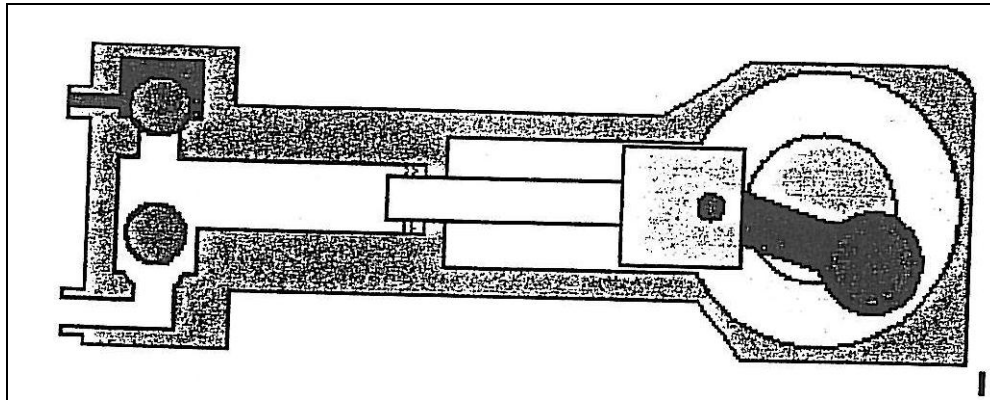
Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, όλα τα συστήματα που κυκλοφορούσαν ήταν του λεγόμενου ενισχυτικού τύπου (intensifier pumps) και οι πιέσεις νερού που μπορούσαν να παράγουν, δεν ξεπερνούσαν τα 800 – 1000 bar.

Όμως, τα τελευταία 15 χρόνια, οι εταιρείες ανέπτυξαν τις λεγόμενες εμβολοφόρες αντλίες μετατόπισης (positive displacement plunger pumps), οι οποίες έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ακόμη πιο υψηλών πιέσεων, με αποτέλεσμα οι παραγόμενες πιέσεις να φτάσουν σήμερα τα 4000 bar (58000 psi) και να αυξάνονται ραγδαία.



Εικόνα 4.3: Αντλία θετικής μετατόπισης 3000 bar

Οι εμβολοφόρες αντλίες (Σχήμα 4.3) έχουν αποδειχθεί πιο αξιόπιστες από τις ενισχυτικές αντλίες, ενώ ταυτόχρονα απαιτούν λιγότερη συντήρηση και παρουσιάζουν μικρότερους νεκρούς χρόνους. Όσον αφορά στην επιλογή των αντλιών για μια συγκεκριμένη εφαρμογή (π.χ. προετοιμασία χαλύβδινων επιφανειών σε ναυπηγείο, καθαρισμός επιφανειών μετόν σε οικοδομές, κ.λπ.) πρέπει να είναι σαφές ότι οι αντλίες σε όλες τις περιπτώσεις παραμένουν οι ίδιες και η επιλογή τους έχει να κάνει κυρίως με την επιδιωκόμενη πίεση νερού, ανάλογα με την εφαρμογή.



Σχήμα 4.3: Σχηματική παράσταση αντλίας υψηλής πίεσης.

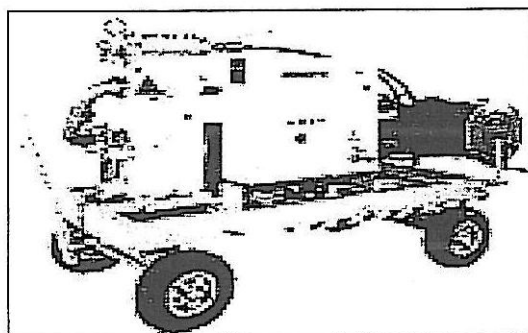
4.7. Κατηγορίες αντλιών

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορεί μια πολύ μεγάλη γκάμα αντλιών υψηλής/υπερυψηλής πίεσης, οι οποίες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

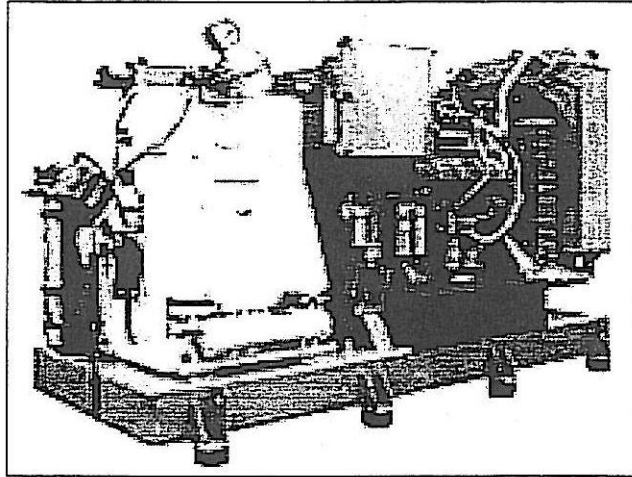
- i. Ανάλογα με την πίεση νερού που παράγουν, διακρίνονται σε:
 - Αντλίες υψηλής πίεσης (500 – 1700 bar) και σε
 - Αντλίες υπερ-υψηλής πίεσης (πάνω από 1700 bar)

Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει να κάνει κυρίως με τον κατασκευαστικό τύπο της αντλίας. Έτσι, όλες οι αντλίες με πίεση μέχρι 1700 bar παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, ενώ οι αντλίες με πίεση πάνω από 1700 bar διαφέρουν σημαντικά σε μια σειρά από χαρακτηριστικά, όπως υλικά κατασκευής, συστήματα ασφαλείας, μέθοδος ανύψωσης της πίεσης, κ.λπ.

- ii. Ανάλογα με την πηγή της κίνησης τους υπάρχουν:
 - Ηλεκτροκίνητες αντλίες (Εικόνα 4.4) και
 - Ντιζελοκίνητες αντλίες (Εικόνα 4.5).



Εικόνα 4.4: Αντλία ηλεκτροκίνητη



Εικόνα 4.5: Αντλία ντιζελοκίνητη

Συνήθως τα ναυπηγεία και οι εργολάβοι προτιμούν τις ντιζελοκίνητες αντλίες γιατί προσφέρουν μεγαλύτερη αυτονομία, ενώ οι πλοιοκτήτες προτιμούν της ηλεκτροκίνητες για εργασίες καθαρισμού-βαφής εν πλω.

4.8. Εργαλεία υδροβολής ΥΠ και ΥΥΠ

Με τον όρο εργαλεία υδροβολής εννοούμε τα εξής εξαρτήματα:

1. Πιστόλια (guns) διαφόρων τύπων για χειροκίνητη υδροβολή μεγάλων επιφανειών.
2. Κεφαλές των μπεκ
3. Μπεκ (ακροφύσια)
4. Εργαλεία για υδροβολή κλειστού τύπου (dust free), με σύστημα αναρρόφησης των αποβλήτων
5. Βέργες (lances) για χειροκίνητη ή αυτόματη υδροβολή σωλήνων, δικτύων, εναλλακτών θερμότητας, κ.λπ.
6. Ειδικά εργαλεία για χρήση σε εξειδικευμένες εφαρμογές όπως: καθαρισμοί αποχετευτικών συστημάτων, κοντέινερς, autoclaves, εσωτερικά σωληνώσεων, σε συνδυασμό με ρομποτικά συστήματα, κ.λπ.

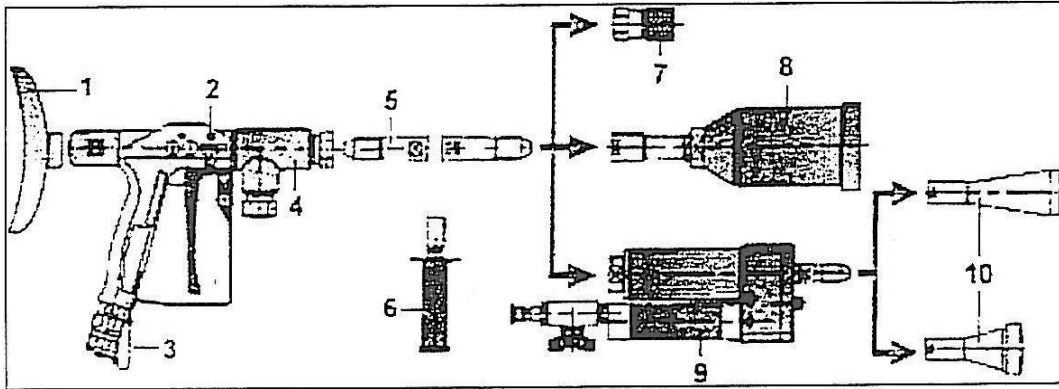
Από όλες τις παραπάνω κατηγορίες εργαλείων, εκείνες που χρησιμοποιούνται συνήθως σε ναυπηγεία είναι οι τέσσερις πρώτες. Οι τρεις από αυτές θα αναλυθούν εκτενέστερα στα επόμενα.

4.8.1. Πιστόλια υδροβολής

Η ανάπτυξη των πιστολιών υδροβολής (Σχήμα 4.4) ακολούθησε και συνεχίζει να ακολουθεί την ανάπτυξη των κυρίων συστημάτων (αντλιών) υδροβολής. Ετσι, στα πρώτα χρόνια τα πιστόλια παρουσίαζαν αρκετά προβλήματα, τα πιο βασικά από τα οποία ήταν:

- ο Το μεγάλο βάρος και μήκος τους που τα έκαναν βαριά, δυσκίνητα και δύσκολο να χειρισθούν σε περιορισμένους χώρους και
- ο Η μεγάλη δύναμη αντίδρασης στον χειριστή (“πρέσα”) που έκανε την εργασία ιδιαίτερα κουραστική.

Όμως, με τη πάροδο του χρόνου και με τη εμπειρία που αποκτήθηκε στο μεταξύ, τα προβλήματα αυτά έχουν πια λίγο πολύ εξαλειφθεί και έτσι σήμερα κυκλοφορεί στην αγορά μια μεγάλη ποικιλία πιστολιών κατάλληλων τόσο για γενικές, όσο και για εξειδικευμένες εφαρμογές. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται τα βασικά μέρη ενός τυπικού πιστολιού υψηλής πίεσης.



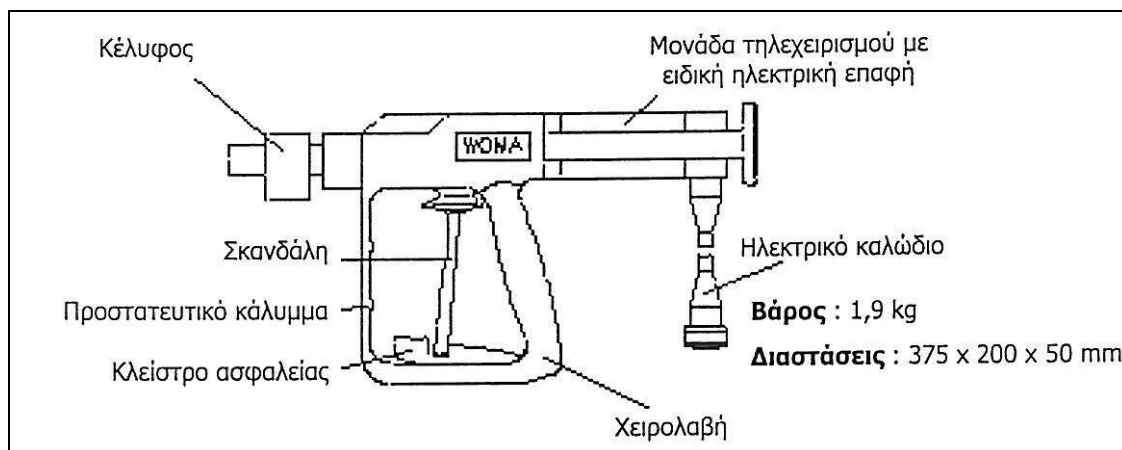
1. Στήριξη σώματος
2. Χειρολαβή & σκανδάλη ασφαλείας
3. Προσαρμογέας για τηλεχειρισμό
4. Κέλυφος πίεσης.
5. Σωλήνας ακροφυσίου (βέργα)
6. Δεύτερη λαβή
7. Σύνδεσμος για μπεκ
8. Αυτοπεριστρεφόμενη κεφαλή μπεκ (“κουκουνάρα”)
9. Κεφαλή περιστρεφόμενη με εξωτερική κίνηση από αέρα
10. Περιστρεφόμενες κεφαλές μπεκ με εξωτερική κίνηση

Σχήμα 4.4: Τα βασικά μέρη ενός τυπικού πιστολιού υδροβολής.

Κατηγορίες πιστολιών υδροβολής

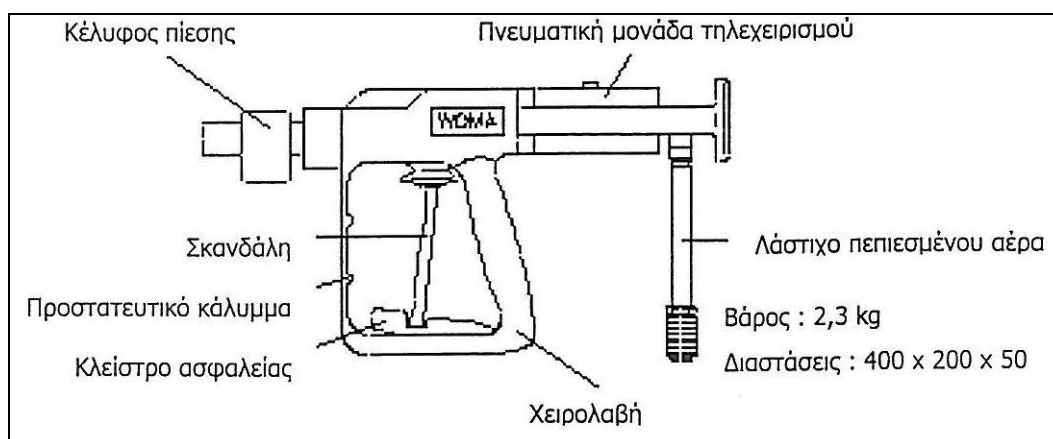
Τα πιστόλια διακρίνονται ανάλογα με την πηγή της ενέργειας λειτουργίας της σκανδάλης και ελέγχου τους, σε:

- i. Μηχανικά: Τα μηχανικά πιστόλια είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος πιστολιών υδροβολής. Η σκανδάλη τους λειτουργεί με απευθείας μηχανικό τρόπο και λειτουργεί σαν μηχανικός διακόπτης on/off.
- ii. Ηλεκτροκίνητα: Τα απλά ηλεκτρονικά πιστόλια (Σχήμα 4.5) διαθέτουν μια ηλεκτρική επαφή (κοντρόλερ) των 24 V, ενώ τα ειδικά ηλεκτροκίνητα πιστόλια αντιακρηκτικού τύπου διαθέτουν, για λόγους ασφαλείας, ειδικό αντιακρηκτικό ηλεκτρικό διακόπτη.



Σχήμα 4.5: Ηλεκτροκίνητο πιστόλι για 2500 bar αντεκρηκτικού τύπου(WOMA)

- iii. Πιστόλια με πνευματική κίνηση (αεροκίνητα) : Τα πιστόλια πνευματικής (Σχήμα 4.6) κίνησης ενεργοποιούνται μέσω πεπιεσμένου αέρα, ο οποίος συνήθως παρέχεται από τον αεροσυμπιεστή της μονάδας υδροβολής.



Σχήμα 4.6: Αεροκίνητο πιστόλι για 2500 bar (WOMA)

4.8.2. Κεφαλές μπέκ

Οι κεφαλές μπεκ (nozzle carriers) (Εικόνα 4.6) είναι τα εξαρτήματα στα οποία βρίσκονται τοποθετημένα τα μπεκ και χρησιμοποιούνται για να πετύχουν την κατάλληλη ταχύτητα και παροχή νερού και την κατάλληλη μορφή (pattern) του τζετ νερού.



Εικόνα4.6: Κεφαλή μπεκ εταιρείας WOMA

Οι τύποι των κεφαλών μπορεί να είναι :

- Μονού μπεκ (“βελόνι”, fan jet)
- Πολλαπλών μπεκ, είτε σταθερών είτε περιστρεφόμενων.

Οι περιστρεφόμενες κεφαλές μπορεί με τη σειρά τους να είναι :

- Αυτοπεριστρεφόμενες: Η περιστροφή τους επιτυγχάνεται μόνο με τη δύναμη του ίδιου του νερού υψηλής πίεσης.
- Αεροπεριστρεφόμενες: Η περιστροφή τους επιτυγχάνεται από μικρό αεροκινητήρα που είναι προσαρμοσμένος πάνω στο πιστόλι.
- Ηλεκτροπεριστρεφόμενες: Η περιστροφή τους επιτυγχάνεται από μικρό ηλεκτρικό κινητήρα που είναι προσαρμοσμένος πάνω στο πιστόλι.

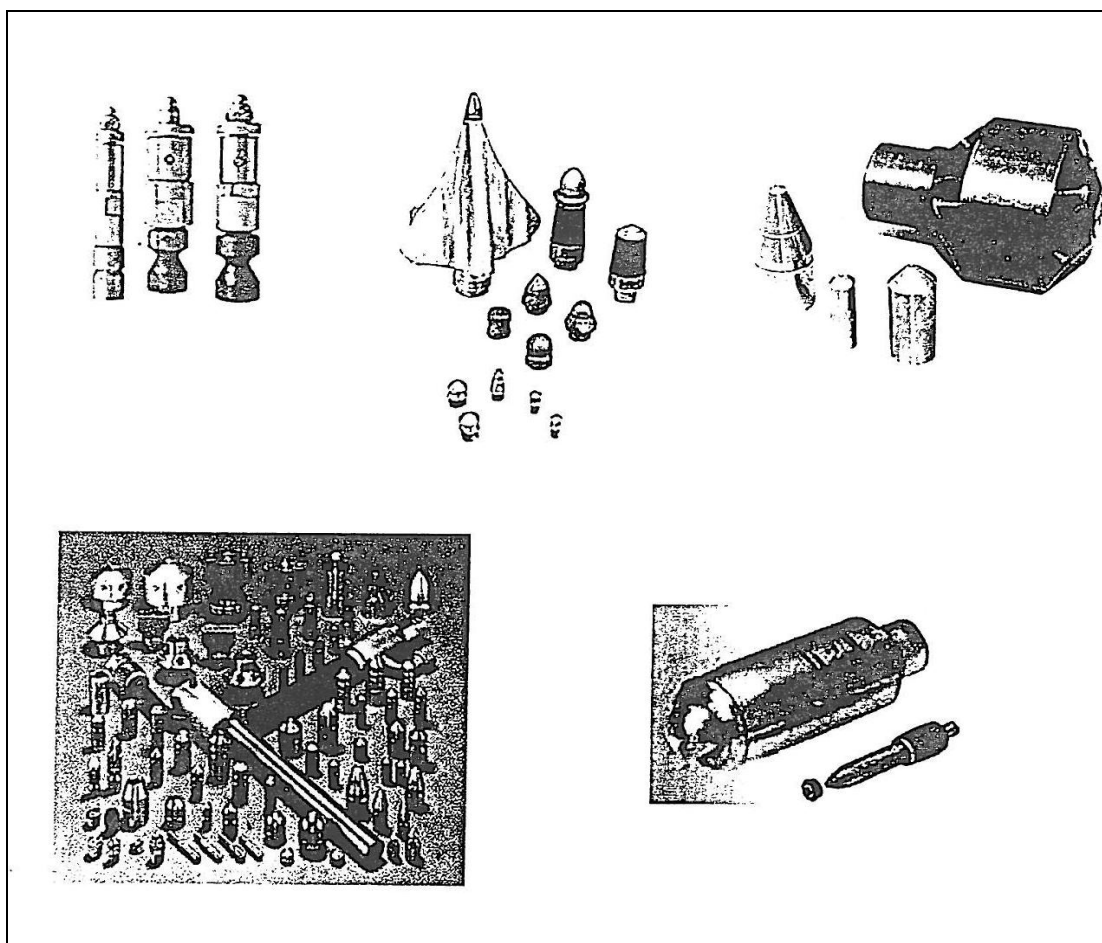
Συνήθως, χρησιμοποιούνται οι αυτοπεριστρεφόμενες κεφαλές, καθώς προσθέτουν λιγότερο βάρος στο πιστόλι και δεν παρουσιάζουν προβλήματα συντήρησης και βλαβών.

4.8.3. Μπεκ

Τα μπεκ (nozzles) είναι τα εξαρτήματα από τα οποία τελικά εξέρχεται το τζετ νερού υψηλής πίεσης που κατευθύνεται στην επιφάνεια. Τοποθετούνται στις κεφαλές των μπεκ που προαναφέραμε, έχουν διάφορα σχήματα και μπορεί να είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα, καρβίδιο του βολφραμίου ή από τεχνητό ζαφείρι.

Η διάμετρος των μπεκ κυμαίνεται από 0,1 έως 1,1 mm, ανάλογα με την κεφαλή και την εργασία για την οποία προορίζονται. Τα μπεκ φθείρονται με τη χρήση, με αποτέλεσμα η διάμετρός τους να αυξάνει και πρέπει να αντικαθίστανται όταν ξεπεράσουν τις ώρες λειτουργίας που ορίζονται από τον κατασκευαστή.

Όσο αυξάνει η διάμετρος του μπεκ, τόσο αυξάνει η δύναμη αντίδρασης στον υδροβολιστή και η κατανάλωση του νερού. Στα επόμενα σχήματα δίνονται μερικοί ενδεικτικοί τύποι μπεκ (Εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7: Διάφοροι τύποι μπεκ

4.9. Προδιαγραφές προετοιμασίας επιφανειών με υδροβολή

Μέχρι σήμερα, δεν έχει εκδοθεί κάποιο διεθνές πρότυπο αντίστοιχο του ISO-8501 για την ψηγματοβολή, με αποτέλεσμα κάθε εταιρεία ή χώρα να εφαρμόζει τις δικές της προδιαγραφές. Το γεγονός αυτό αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για την ανάπτυξη της υδροβολής, καθώς δεν υπάρχει μια κοινή γλώσσα συνεννόησης μεταξύ των διαφόρων μερών.

Η πλέον αναλυτική εθνική προδιαγραφή σήμερα είναι αυτή των ΗΠΑ (NACE 5/SSPC-SP12) και είναι αυτή που ακολουθεί ανεπίσημα η αγορά στις περισσότερες χώρες. Η ανάπτυξη των προδιαγραφών πρώτα στις ΗΠΑ είναι φυσιολογική, αν κανείς σκεφθεί ότι είναι η χώρα με τη μεγαλύτερη ανάπτυξη στη χρήση της μεθόδου παγκοσμίως, λόγω της πολύ αυστηρής της περιβαλλοντικής νομοθεσίας.

Προδιαγραφές (standards) υδροβολής αναπτύχθηκαν επίσης από ορισμένες από τις μεγαλύτερες εταιρείες βαφών πλοίων, για να υποστηρίξουν τα νέα προϊόντα τους που εφαρμόζονται σε υδροβολισμένες επιφάνειες και να καλύψουν το κενό των διεθνών προδιαγραφών.

Οι δυο πλέον χρησιμοποιούμενες διεθνώς είναι αυτές της εταιρείας Hempel's Marine Paints (Δανία), η οποία στην πραγματικότητα ακολουθεί την αμερικάνικη προδιαγραφή και την συμπληρώνει με τις πρότυπες φωτογραφίες και την εκτίμηση

της άμεσης οξειδωσης και της εταιρείας International Protective Coatings (Μ. Βρετανία).

Ακολούθως παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας (Πίνακας 4.1) με όλες τις διαθέσιμες προδιαγραφές υδροβολής HP και UHP διεθνώς.

Τίτλος προδιαγραφής / οδηγιών	Αναφορά σε επιφάνειες με :			Έκδοση
	Χρώματα / αστάρια	Σκουριασμένο Χάλυβα	Άμεση οξειδωση	
Προδιαγραφή ΗΠΑ NACE 5/SSPC-SP 12	Γ.Π	Γ.Π	-	NACE, SSPC, ΗΠΑ
Φωτογραφικά πρότυπα της Hempel's	Φ.Π	Φ.Π	Γ.Π Φ.Π	Hempel's Marine Paints, Δανία
Προδιαγραφή της INTERNATIONAL	-	Γ.Π	Γ.Π Φ.Π	International Protective Coatings, Μ.Βρετανία
Οδηγίες STG No. 2222	Γ.Π Φ.Π	Γ.Π Φ.Π	-	Schiffbautechnische Gesellschaft e.V., Γερμανία
Οδηγίες της JOYUN	-	-	Γ.Π Φ.Π	Jotun Paints, Νορβηγία

Πίνακας 4.1: Διαθέσιμες προδιαγραφές υδροβολής ΥΠ και ΥΥΠ διεθνώς.

4.10. Προδιαγραφή NACE 5/SSPC-SP12

Η αμερικάνικη προδιαγραφή, η οποία είναι μέχρι σήμερα και η μόνη επίσημη διεθνής προδιαγραφή υδροβολής, αναπτύχθηκε και εκδόθηκε το 1995, από κοινού από την N.A.C.E. (National Association of Corrosion Engineers- Εθνικός Οργανισμός Μηχανικών Διάβρωσης) και το S.S.P.C (Society for Protective Coatings – Εταιρεία για τα Προστατευτικά Χρώματα).

Η προδιαγραφή καθορίζει δύο παραμέτρους για τον χαρακτηρισμό του καθαρισμού μιας επιφάνειας με υδροβολή HP και UHP: οπτικούς και μη οπτικούς βαθμούς καθαρισμού. Δεν περιλαμβάνει εκτίμηση της άμεσης οξειδωσης, ενώ αναφέρει επίσης ότι, αν και αφορά πιέσεις νερού μέχρι 2500 bar, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μεγαλύτερες πιέσεις καθώς αναπτύσσεται η τεχνολογία και ο εξοπλισμός.

Η προδιαγραφή είναι μόνο γραπτή, δεν περιλαμβάνει δηλαδή πρότυπες φωτογραφίες. Το κενό αυτό θα καλυφθεί σύντομα από αντίστοιχο οπτικό πρότυπο το οποίο βρίσκεται σήμερα υπο ανάπτυξη από το SSPC.

Διακρίνονται τέσσερις (4) βαθμοί καθαρισμού, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από τον κωδικό WJ (Water Jetting) και έναν αύξοντα αριθμό (1 έως 4), από τον καλύτερο προς τον χειρότερο βαθμό καθαρισμού, δηλαδή ο WJ-1 είναι ο καλύτερος και ο WJ-4 ο χειρότερος βαθμός καθαρισμού.

Οι τέσσερις βαθμοί προετοιμασίας της επιφάνειας (ποιότητες καθαρισμού), είναι οι ακόλουθοι:

- ❖ WJ-1: Ομοιόμορφη απομάκρυνση όλων των παλιών ορατών προϊόντων οξείδωσης, της καλαμίνας και των χρωμάτων. Δημιουργία ομοιόμορφης μεταλλικής θαμπής εμφάνισης.
- ❖ WJ-2: Πολύ επιμελημένος καθαρισμός, μέχρις ότου να απομακρυνθούν όλα τα ορατά υπολείμματα τουλάχιστον από το 95% της επιφάνειας, ενώ στο υπόλοιπο 5% υπάρχουν τυχαία διασκορπισμένα υπολείμματα από σκουριές, χρώματα και ξένα σώματα. Δημιουργία ομοιόμορφης μεταλλικής θαμπής εμφάνισης.
- ❖ WJ-3: Επιμελημένος καθαρισμός, μέχρις ότου να απομακρυνθούν όλα τα ορατά υπολείμματα (εκτός της καλαμίνας) τουλάχιστον από τα 2/3 της επιφάνειας και στο υπόλοιπο 1/3 υπάρχουν τυχαία διασκορπισμένα υπολείμματα από σκουριές, χρώματα και ξένα σώματα. Δημιουργία ομοιόμορφης μεταλλικής θαμπής εμφάνισης.
- ❖ WJ-4: Ομοιόμορφη απομάκρυνση της αποκολλημένης καλαμίνας, των αποκολλημένων σκουριών και χρωμάτων.

Διευκρινίσεις προτύπου:

- Οι επιφάνειες που καθαρίζονται με υδροβολή υψηλής και υπερυψηλής πίεσης δεν παρουσιάζουν τη γυαλιστερή απόχρωση των ψηγατοβολισμένων επιφανειών. Η θαμπή απόχρωση αμέσως μετά την υδροβολή μετατρέπεται γρήγορα σε κιτρινωπή, εκτός αν χρησιμοποιηθούν αναστολείς οξείδωσης ή μέτρα ελέγχου των ατμοσφαιρικών συνθηκών.
- Η υδροβολή με πιέσεις πάνω από 2500 bar (35000 psi) μπορεί να απομακρύνει τη μαύρη καλαμίνα, όμως το αν αυτό συμφέρει οικονομικά εξαρτάται από την ταχύτητα καθαρισμού ανάλογα με την περίπτωση.
- Η εμπειρία και σε πολλές περιπτώσεις η προετοιμασία μιας περιοχής για δείγμα, καθορίζουν την επιτυχία ενός συγκεκριμένου βαθμού καθαρισμού με υδροβολή HP ή UHP στο να απομακρύνει τα στρώματα βαφής, την καλαμίνα ή άλλα σφικτά κολλημένα ξένα σώματα από τη επιφάνεια.

Μη-οπτικοί βαθμοί καθαρισμού (χημικοί καθαρότητα)

- SC-1: Επιφάνεια απαλλαγμένη από όλες τις ανιχνεύσιμες μολυσματικές ουσίες (άλατα), με χρήση του διαθέσιμου εξοπλισμού μετρήσεων πεδίου, του οποίου η ευαισθησίας πλησιάζει τον εργαστηριακό εξοπλισμό. Οι μολυσματικές ουσίες είναι τα χλωριόντα, τα διαλυτά άλατα σιδήρου και τα θειικά ιόντα.
- SC-2: Επιφάνεια με λιγότερο από 7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ χλωριόντα, λιγότερα από 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ διαλυτά ιόντα σιδήρου, ή/και λιγότερα από 17 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ θειικά ιόντα, όπως μετρούνται με ανάλυση πεδίου ή εργαστηρίου, με χρήση αξιόπιστου, επαναλήψιμου εξοπλισμού μετρήσεων.
- SC-3: Επιφάνεια με λιγότερο από 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ χλωριόντα και θειικά ιόντα, όπως μετρούνται με ανάλυση πεδίου ή εργαστηρίου, με χρήση αξιόπιστου, επαναλήψιμου εξοπλισμού μετρήσεων.

4.11. Νέες τάσεις στο εμπόριο χρωμάτων

Η ταχεία ανάπτυξη της υδροβολής, η οποία εφαρμόζεται πια σε πολλά ναυπηγεία της Ευρώπης και των ΗΠΑ ως κύρια μέθοδος καθαρισμού και προετοιμασίας των μεταλλικών επιφανειών, έκανε εντονότερο το πρόβλημα της άμεσης οξειδωσης. Μετά την υδροβολή η χαλύβδινη επιφάνεια είναι υγρή και ζεστή λόγω της θερμότητας που παράγεται από την κινητική ενέργεια του νερού που χτυπάει την επιφάνεια. Στο διάστημα που παρέρχεται μεταξύ του καθαρισμού της επιφάνειας και της διαδικασίας βαφής και με τη βοήθεια των παραπάνω ευνοϊκών συνθηκών, σχεδόν πάντα λαμβάνει χώρα η άμεση οξειδωση του ακάλυπτου χάλυβα (Kronborg, 1999). Το φαινόμενο αρχίζει από ένα καφε-κίτρινο στρώμα καλά προσφύμενο στην επιφάνεια και καταλήγει σε ένα έντονο καφέ-κόκκινο στρώμα. Το γεγονός αυτό οδήγησε τις εταιρείες χρωμάτων σε έντονη ερευνητική δραστηριότητα προκειμένου να βρεθούν κατάλληλα χρώματα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε μια οξειδωμένη επιφάνεια. Για να υποστηρίξουν τα νέα προϊόντα τους στο χώρο των υδροβολών, οι μεγάλες εταιρείες χρωμάτων ανέπτυξαν και εφάρμοσαν δικά τους πρότυπα. Η πλέον αναλυτική και χρησιμοποιούμενη διεθνώς προδιαγραφή είναι αυτή της εταιρείας Hempel's Coatings.

4.12. Προδιαγραφή της Hempel's (Δανία)

Οπτικοί βαθμοί καθαρισμού

Η προδιαγραφή της εταιρείας χρωμάτων Hempel's Marine Paints Ltd χρησιμοποιεί τους τέσσερις οπτικούς βαθμούς καθαρισμού (WJ-4 έως WJ-1), όπως αυτοί ορίζονται από την προδιαγραφή NACE/SSPC για συστήματα παλαιών χρωμάτων, ασταρωμένες επιφάνειες με shopprimer και σκουριασμένο χάλυβα.

Επιπλέον, καθορίζει τρεις βαθμούς άμεσης οξειδωσης, ενώ παρέχει και πρότυπες φωτογραφίες για την οπτική εκτίμηση των υδροβολισμένων επιφανειών, με βάση αυτά που περιγράφηκαν στην παραπάνω παράγραφο.

Βαθμοί άμεσης οξειδωσης

- ❖ FR-1: Επιφάνεια η οποία μετά τον καθαρισμό έχει οξειδωθεί ώστε να δημιουργηθεί ένα κίτρινο-καφέ στρώμα, αλλά σε τέτοια μικρή ποσότητα που η αρχική κατάσταση της επιφάνειας μπορεί ακόμη να φανεί. Η οξειδωση μπορεί να κατανέμεται ομοιόμορφα ή να παρουσιάζει διασπορά πάνω στην επιφάνεια. Επιπλέον, το στρώμα οξειδωσης προσφύεται πολύ καλά και δεν απομακρύνεται ώστε να αφήσει σημάδια στο χέρι, αν σκουπιστεί με μικρή πίεση.
- ❖ FR-2: Επιφάνεια η οποία μετά τον καθαρισμό έχει οξειδωθεί ώστε να δημιουργηθεί ένα κόκκινο-καφέ στρώμα σε τέτοια ποσότητα που κρύβει την αρχική κατάσταση της επιφάνειας. Η οξειδωση μπορεί να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη ή διασκορπισμένη στην επιφάνεια. Επιπλέον, είναι αρκετά καλά συγκρατημένη (προσφύμενη), ώστε αν σύρουμε το χέρι μας με απαλή πίεση πάνω στην επιφάνεια, μόνο πολύ μικρές ποσότητες βγαίνουν και αφήνουν ίχνη.
- ❖ FR-3: Επιφάνεια η οποία έχει οξειδωθεί ώστε να δημιουργηθεί ένα βαρύ κόκκινο-καφέ στρώμα που καλύπτει τελείως την αρχική κατάσταση της επιφάνειας. Η οξειδωση μπορεί να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη ή διασκορπισμένη στην επιφάνεια. Επιπλέον, είναι χαλαρά συγκρατημένη, ώστε

αν σύρουμε το χέρι μας με απαλή πίεση πάνω στην επιφάνεια, η οξείδωση βγαίνει εύκολα και αφήνει σημαντικά ίχνη.

Η επιλογή του συστήματος των προστατευτικών επιστρώσεων γίνεται, σύμφωνα με την προδιαγραφή, συναρτήσει των παρακάτω παραγόντων:

- Βαθμός καθαρισμού.
- Βαθμός άμεσης οξείδωσης.
- Διαβρωσιμότητα του περιβάλλοντος που εκτίθεται η καθαρισμένη επιφάνεια.

4.13. Πλεονεκτήματα και προβλήματα της υδροβολής

Τα δύο βασικά μειονεκτήματα μέχρι πριν από λίγα χρόνια ήταν η αδυναμία επίτευξης ποιότητας καθαρισμού, αντίστοιχου της Sa 2 ½ της ψηγματοβολής και η χαμηλή παραγωγικότητα. Σήμερα, όμως, με την αύξηση των πιέσεων και την πρόοδο της τεχνολογίας, τα προβλήματα αυτά έχουν πάψει σχεδόν να ισχύουν (Kuljian et al, 1999; Carlos da Maia, 2000). Έτσι η κατάσταση για την υδροβολή ΥΠ και ΥΥΠ έχει σήμερα ως εξής :

Παραγωγικά και ποιοτικά πλεονεκτήματα.

- Η ποιότητα καθαρισμού μπορεί να φτάσει, σε αρκετές περιπτώσεις, το αντίστοιχο της Sa 2 ½ της ψηγματοβολής, καθώς οι πιέσεις νερού κατά την υδροβολή ΥΥΠ αγγίζουν σήμερα τα 4000 bar.
- Χάρη στις πολύ υψηλές πιέσεις νερού, η παραγωγικότητα (ταχύτητα καθαρισμού) έχει αυξηθεί σημαντικά, φτάνοντας κατά μέσο όρο τα 80-85% της παραγωγικότητας της ψηγματοβολής. Σε κάποιες μάλιστα περιπτώσεις αφαίρεσης βαφών, έχουν μετρηθεί ταχύτητες καθαρισμού ελαφρώς μεγαλύτερες από την ψηγματοβολή.
- Η υδροβολή είναι πολύ πιο αποτελεσματική από την ψηγματοβολή ή τις άλλες μεθόδους προετοιμασίας στην απομάκρυνση των κρυσταλλικών αλάτων, των λαδιών, των γράσων, χημικών υπολειμμάτων, κελιών διάβρωσης και άλλων υλικών από την επιφάνεια, πετυχαίνοντας έτσι τον μέγιστο βαθμό καθαρότητας.
- Η πλήρης απουσία σκόνης, η οποία δυσκολεύει την ορατότητα του χειριστή στην περίπτωση της ψηγματοβολής, βελτιώνει τις συνθήκες εργασίας και επομένως αυξάνει την παραγωγικότητα του υδροβολιστή.
- Η υδροβολή δεν είναι “θερμή εργασία” και επομένως δεν παρουσιάζει κίνδυνο δημιουργίας σπινθήρα.
- Δίνει τη δυνατότητα για παράλληλη εκτέλεση πολλών εργασιών και άρα μειώνει τους νεκρούς χρόνους ανάμεσα στις διάφορες εργασίες, με προφανή θετικά αποτελέσματα για το συνολικό κόστος παραγωγής.
- Ελαχιστοποιεί τα παραγόμενα απόβλητα, που σημαίνει μείωση του κόστους που αφορά στη συλλογή, διαχωρισμό, μεταφορά και αποθήκευση των αποβλήτων.
- Το συνολικό κόστος καθαρισμού με υδροβολή αποδεικνύεται συχνά χαμηλότερο του αντίστοιχου της ψηγματοβολής, αν κανείς λάβει υπόψη το κόστος αγοράς, μεταφοράς, αποθήκευσης και στη συνέχεια συλλογής, μεταφοράς και απόρριψης του αποξεστικού, καθώς και το περιβαλλοντικό κόστος, στην περίπτωση της ψηγματοβολής.

- Οι μεγάλες εταιρείες παραγωγής βαφών πλοίων (π.χ. Hempel's International Jotun, Sigma, κ.λπ.) , όχι μόνο έχουν αποδεχθεί πλήρως την υδροβολή, αλλά επενδύουν σημαντικά στην ανάπτυξη νέων προϊόντων για εφαρμογή σε υδροβολισμένες επιφάνειες. Απόδειξη αυτού είναι το γεγονός ότι οι μεγαλύτερες εταιρείες χρωμάτων (Hempel's International, Jotun) έχουν αναπτύξει οι ίδιες δικές τους προδιαγραφές καθαρισμού με υδροβολή, με σκοπό να υποστηρίξουν τα νέα προϊόντα τους που εφαρμόζονται σε τέτοιες επιφάνειες.

Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

- Η απουσία αποξεστικού υλικού, που σημαίνει μηδενισμό της όχλησης του περιβάλλοντος, των εργαζομένων, αλλά και των κατοίκων των περιοχών κοντά σε ένα ναυπηγείο, από τη σκόνη.
- Για τον ίδιο λόγο, το περιβάλλον δεν επιβαρύνεται με την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων χρησιμοποιούμενων ψηγμάτων, όπως στην περίπτωση της ψηγματοβολής.
- Το νερό είναι ένα καθαρό φυσικό μέσο και οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται στην υδροβολή μπορούν να φιλτραριστούν και να καθαριστούν πριν ανακυκλωθούν ή απορριφθούν, έτσι ώστε το περιβάλλον να μην επιβαρύνεται καθόλου με ρύπανση από υγρά απόβλητα.
- Οφέλη για την ανθρώπινη υγεία: Η υγεία των χειριστών αλλά και των υπολοίπων εργαζομένων που έρχονται σε επαφή με την υδροβολή, δεν κινδυνεύει από προβλήματα υγείας που μπορεί να εμφανιστούν στην ψηγματοβολή. Για τον ίδιο λόγο, δεν επιβάλλεται η χρήση αεροτροφοδοτούμενου αναπνευστικού κράνους.

Προβλήματα.

Παρά τα εντυπωσιακά βήματα ανάπτυξης της υδροβολή ΥΠ και ΥΥΠ που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, θα ήταν υπερβολή να ισχυριστεί κανείς ότι όλα τα προβλήματα έχουν λυθεί και δεν υπάρχουν σήμερα δυσκολίες. Αυτό όμως είναι μάλλον φυσιολογικό αν σκεφθεί κανείς ότι η υδροβολή στα ναυπηγεία έχει ιστορία μιας δεκαετίας περίπου, ενώ οι ανταγωνιστικές της μέθοδοι τρεις ή τέσσερις δεκαετίες.

Οι κυριότερες δυσκολίες που παραμένουν μέχρι σήμερα για την ανάπτυξη της υδροβολής συνοψίζονται στα εξής :

- Υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης για τον εξοπλισμό και αυξημένα κόστη συντήρησης των συστημάτων και αντικατάσταση των εξαρτημάτων.
- Υψηλό ενεργειακό κόστος λειτουργίας
- Απαίτηση για μεγάλες ποσότητες φρέσκου νερού υψηλής ποιότητας
- Δυσκολίες εφαρμογής σε ορισμένες δύσκολές περιοχές σε εργασία σε εσωτερικούς χώρους
- Συχνές δυσκολίες ορατότητας του υδροβολιστή σε τέτοιες εργασίες, λόγω της ανάπτυξης νέφους υδρατμών
- Αδυναμία συστηματικής εκπαίδευσης των υδροβολιστών που οδηγεί σε άγνοια για τα πλεονεκτήματα και τις πρακτικές τεχνικές εργασίας, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις παραδοσιακές τεχνικές της ψηγματοβολής. Το γεγονός αυτό έχει συχνά ως αποτέλεσμα την επιφυλακτικότητα και την καχυποψία των χειριστών απέναντι στη νέα τεχνολογία της υδροβολής. Για παράδειγμα, ενώ στην ψηγματοβολή η απόσταση του μπεκ από την επιφάνεια

πρέπει να είναι 20-40 cm, στην υδροβολή, με χρήση περιστρεφόμενης κεφαλής μπεκ, η αντίστοιχη απόσταση πρέπει να είναι μόλις 10 mm, γιατί η πίεση πέφτει πολύ απότομα μετά την έξοδό του από το μπεκ.

- Επιτάχυνση της άμεσης οξείδωσης λίγα λεπτά μετά την υδροβολή και επομένως ανάγκη για φρεσκάρισμα της επιφάνειας πριν από τη βαφή.
- Απουσία μιας κοινής διεθνούς προδιαγραφής, αντίστοιχης με εκείνης για την ψηγματοβολή.
- Τέλος, υπάρχει ακόμη σήμερα κάποια δυσκολία αποδοχής της υδροβολής από μερίδα πλοιοκτητών. Όμως και οι δισταγμοί αυτοί μειώνονται όλο και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου, καθώς οι πλοιοκτήτες αντιλαμβάνονται κάποια ποιοτικά αποτελέσματα της υδροβολής, ενώ ταυτόχρονα πιέζονται από τη γενική κατεύθυνση των συνθηκών της αγοράς (νομοθεσία, νηογνώμονες, εταιρείες χρωμάτων, κόστος).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

5.1. Πρόλογος

Το πρόβλημα των εργατικών ατυχημάτων στις ναυπηγοεπισκευαστικές εργασίες είναι πολύ μεγάλο. Πολύ συχνά γίνονται γνωστά ατυχήματα που συμβαίνουν στα ελληνικά ναυπηγεία και που συνήθως κοστίζουν ακόμα και τη ζωή των εργαζομένων. Το μέγεθος του προβλήματος δε δίνεται τόσο από τη συχνότητα των ατυχημάτων όσο από την σοβαρότητά τους. Η Ελλάδα, σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, βρίσκεται ψηλά στον κατάλογο όσον αφορά στη συχνότητα των ατυχημάτων, αλλά και των ατυχημάτων με σοβαρές επιπτώσεις στους εργαζομένους.

Ωστόσο, ακόμα και αν ένα ατύχημα δεν είναι θανατηφόρο, μπορεί να είναι τόσο σοβαρό που οι συνέπειες στην προσωπική ζωή αλλά και την επαγγελματική δραστηριότητα των εργαζομένων να είναι μεγάλες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα ατύχημα μπορεί να οδηγήσει σε αναπηρία, ανικανότητα ή και φόβο για εργασία, παράγοντες που δημιουργούν έντονα ψυχολογικά, οικονομικά, και κοινωνικά προβλήματα στον εργαζόμενο. Από την άλλη η επιχείρηση καλείται να αντιμετωπίσει κυρώσεις οικονομικές από τις χαμένες εργατοώρες, την κάλυψη των νοσηλείων του εργαζομένου και την επανεκπαίδευση νέου αντικαταστάτη. Το σημαντικότερο, όμως, είναι οι κυρώσεις που θα κληθεί να αντιμετωπίσει, ειδικότερα αν η αιτία του δυσάρεστου ατυχήματος οφείλεται σε έλλειψη μέτρων από πλευράς εργοδοσίας.

Οι παραπάνω αρνητικές συνέπειες δεν είναι αποτέλεσμα μόνο ενός ατυχήματος που μπορεί να οφείλεται σε ένα τυχαίο συμβάν, όπως για παράδειγμα πτώση, ή έναν τραυματισμό, αλλά να επεκτείνεται και στις συνέπειες εκδήλωσης ασθενειών σε έναν ή σε ομάδες εργαζομένων, που οφείλονται σε αιτίες επαγγελματικού περιβάλλοντος ή της φύσης της εργασίας τους. Προς την κατεύθυνση της πρόληψης ασθενειών, που οφείλονται στο εργασιακό περιβάλλον, έχει πλέον στραφεί το ενδιαφέρον όσων ασχολούνται με τη μελέτη των συνθηκών εργασίας, από τη στιγμή της συνειδητοποίησης ότι η επαγγελματική ενασχόληση του ανθρώπου είναι στενά συνδεδεμένη με καταστάσεις επικίνδυνες για την υγεία. Εργατικά ατυχήματα και επαγγελματικές ασθένειες, είναι δύο έννοιες που στην ουσία θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο. Έτσι, η μελέτη του τομέα της Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας και, στη συνέχεια η πρόληψη είναι ένα κεφαλαιώδες και επείγον καθήκον.

5.2. Εισαγωγή στην Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων

Η διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων σε ένα εργασιακό περιβάλλον αποτελεί μια μεγάλη ευθύνη. Μερίδιο στην ευθύνη αυτή έχουν:

- Η πολιτεία, για τη θέσπιση του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου και τη σωστή λειτουργία των αρμόδιων οργάνων ελέγχου.
- Οι εργοδότες, στην ουσιαστική τήρηση των υποχρεώσεών τους, όπως ορίζονται από τη σχετική νομοθεσία.
- Οι ίδιοι οι εργαζόμενοι, στο να μπορέσουν να αντιληφθούν τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος και να το αντιμετωπίσουν με σοβαρότητα και ευαισθησία προς δικό τους όφελος.

Σύμφωνα με την εργατική νομοθεσία, ως *εργατικό ατύχημα* ορίζεται το εξωγενούς επίδρασης βίαιο συμβάν, το οποίο προκαλεί στον εργαζόμενο ανικανότητα για εργασία, ενώ *επαγγελματική ασθένεια* χαρακτηρίζεται η νοσηρή κατάσταση για τον οργανισμό του εργαζομένου, που οφείλεται σε βλαβερή επίδραση της επαγγελματικής του δραστηριότητας.

Το πρόβλημα της υγείας και της ασφάλειας κατά την εργασία έχει επιπτώσεις:

- Στον ίδιο τον εργαζόμενο
- Στην επιχείρηση
- Στο κράτος
- Στην κοινωνία

Είναι φανερό πως για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος απαιτείται προσπάθεια από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη :

- Τους εργαζομένους
- Τα στελέχη υγείας και ασφάλειας της εργασίας
- Τα στελέχη παραγωγής
- Τους εργοδότες
- Τους σχεδιαστές και μελετητές μηχανικούς
- Το κράτος

Πιο συγκεκριμένα, η αποτελεσματική οργάνωση της πρόληψης των ατυχημάτων και των επαγγελματικών ασθενειών στο εργασιακό περιβάλλον μπορούμε να πούμε ότι βασίζεται :

- Στις γνώσεις και εκτιμήσεις ειδικών, δηλαδή στη δουλειά του τεχνικού ασφαλείας και του ιατρού εργασίας
- Στην υποχρέωση και ευαισθησία του εργοδότη
- Στην ενημέρωση και τη συμμετοχή των εργαζομένων και των αντιπροσώπων τους

5.3. Υγιεινή και ασφάλεια στην ψηγματοβολή

Εκείνο που επιδιώκεται, παράλληλα με την ποιότητα και την αποδοτικότητα της ψηγματοβολής, είναι η υγιεινή των εργαζομένων. Η προσωπική ασφάλεια των εργαζομένων θα πρέπει να έχει πρωταρχική προτεραιότητα στην εργασία της ψηγματοβολής. Επιβάλλεται να λαμβάνονται και να τηρούνται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφάλειας και να εφαρμόζονται οι αντίστοιχοι κανόνες, αποτρέποντας έτσι δυσάρεστες συνέπειες από τους πολλούς κινδύνους που εγκυμονεί το περιβάλλον της ψηγματοβολής.

Η προστασία του σώματος με την κατάλληλη στολή και του κεφαλιού με κατάλληλο κράνος και γυαλιά είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφάλεια του εργαζομένου. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι πιέσεις είναι αρκετά υψηλές και ο κίνδυνος είναι αρκετά αυξημένος, λόγω των μηχανημάτων και των εργαλείων που συνδέονται άμεσα με το χειριστή της ψηγματοβολής. Το κράνος με την παροχή αέρα για την αναπνοή, η χρήση φίλτρων, τα γάντια, η ζώνη ασφαλείας, τα παπούτσια και η στολή προστασίας είναι απαραίτητα για την προσωπική ασφάλεια των εργαζομένων.

Τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται κατά την ψηγματοβολή αφορούν τόσο τις συσκευές όσο και τη χρήση τους, στις συνθήκες του χώρου εργασίας, καθώς και στα ατομικά μέσα προστασίας (INE, 2000). Αναλυτικότερα :

- Συσκευές: πρέπει να είναι καλά συντηρημένες και σε καλή κατάσταση, χωρίς συσσωρευμένη πίεση ώστε να είναι ασφαλείς.
- Σωλήνες ψηγματοβολής: πρέπει να αντέχουν στην πίεση και τις τριβές και να συντηρούνται έτσι ώστε να αποφεύγονται οι φθορές.
- Κράνος: πρέπει να προσφέρει άνεση, προστασία και ασφάλεια, ορατότητα και να επιτρέπει στον χειριστή να αναπνέει μέσω του προσαρτημένου λάστιχου αέρος στο πίσω μέρος του κράνους. Η τροφοδοσία του με καθαρό αέρα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.17 m³/min, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος διείσδυσης σωματιδίων των ψηγμάτων στο εσωτερικό της στολής.
- Φίλτρα καθαρισμού αέρα: τα φίλτρα μειώνουν τους ρύπους στον αναπνεύσιμο αέρα (κατακάθια, υδρατμούς, αναθυμιάσεων λαδιού, δηλητηριωδών αερίων που είναι δυνατόν να παραχθούν από τον αεροσυμπιεστή όπως μονοξειδίο και διοξείδιο του άνθρακα, αλδεϋδες, οξείδια του θείου και του αζώτου) και επιβάλλεται να είναι καλά συντηρημένα, εφοδιασμένα με υλικά φιλτραρίσματος, ρυθμιστή πίεσης, μετρητή και βαλβίδα ανακούφισης.
- Διακόπτης ασφαλείας: δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να ξεκινά και να σταματά την ψηγματοβολή κατά βούληση, έτσι ώστε σε οποιαδήποτε περίπτωση ανάγκης, αυτόματα να διακόπτει την εργασία. Ο διακόπτης θα πρέπει να κλείνει αυτόματα όταν ο χειριστής για οποιοδήποτε λόγο χάσει τον έλεγχο του ακροφυσίου.
- Φόρμες-γάντια-παπούτσια: εξασφαλίζουν και συμπληρώνουν τον ατομικό εξοπλισμό εργασίας του ψηγματοβολιστή.
- Ζώνη ασφαλείας: επειδή οι εργαζόμενοι συνήθως εργάζονται σε ύψη και πολλές φορές σε ικρίωματα, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ζώνη ασφαλείας, προκειμένου να αποφευχθεί ο κίνδυνος ατυχήματος από πτώση.

Εκτός από τη χρησιμοποίηση των ατομικών μέτρων προστασίας, οι εργαζόμενοι στην ψηγματοβολή πρέπει να λαμβάνουν επιπρόσθετα μέτρα, τόσο στη χρησιμοποίηση των μηχανημάτων και εργαλείων, όσο και στις συνθήκες του χώρου εργασίας :

- Οι εργαζόμενοι πρέπει πρώτα από όλα να κάνουν τη σωστή εγκατάσταση του εξοπλισμού, να τον λειτουργούν σωστά, να τον ελέγχουν και να κάνουν τη σωστή συντήρησή του. Οι σωλήνες μεταφοράς αέρος και οι σωλήνες ψηγματοβολής πρέπει να ελέγχονται συνεχώς και επιπλέον να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στους συνδέσμους τους. Δεν πρέπει να ξεχνιέται ότι υπάρχει ροή αέρα και αποξεστικού μαζί, σε αρκετά υψηλή πίεση. Αποσύνδεση κάποιου σωλήνα, ή τεμαχισμός του κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μπορεί να προξενήσει ανθρώπινο τραυματισμό. Επίσης, ο σωλήνας ψηγματοβολής πρέπει να είναι γειωμένος καθ'όλο το μήκος του ώστε να αποφευχθεί η έκρηξη από τον δημιουργούμενο στατικό ηλεκτρισμό. Το πρόβλημα αποφεύγεται αν ο σωλήνας είναι από ελαστικό.
- Ο περιβάλλον χώρος της ψηγματοβολής είναι αρκετά επιβαρημένος με αιωρούμενα σωματίδια σκόνης που περιέχουν επιβλαβείς για τον άνθρωπο ουσίες. Επιβάλλεται, επομένως, η χρήση φίλτρων σκόνης σε όλους τους εργαζομένους. Η χρήση, επίσης, γυαλιών για προστασία των ματιών, προστατεύει από τους κόκκους του αποξεστικού υλικού που εκτοξεύονται με πολύ μεγάλες ταχύτητες. Προϋπόθεση φυσικά είναι η παροχή των μέσων προστασίας από τον εργοδότη.

- Ειδικά μέτρα (γυαλιά, κράνος, φίλτρο σκόνης) πρέπει να χρησιμοποιεί και ο χειριστής δοχείων πίεσης (αμμουδιεριστής), ο οποίος τις περισσότερες φορές βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο εκτέλεσης της ψηγματοβολής. Επιπρόσθετα ο χειριστής του δοχείου ψηγματοβολής πρέπει να κάνει αποσυμπίεση της αμμουδιέρας, όταν αυτό απαιτείται.
- Σε περίπτωση που η ψηγματοβολή εκτελείται σε κλειστό χώρο, όπου υπάρχει αρκετά μεγάλη δυσκολία στην ορατότητα λόγω της σκόνης, πρέπει να υπάρχει αρκετός φωτισμός, ιδιαίτερα όταν οι εργαζόμενοι εργάζονται σε ικριώματα.
- Τέλος, η εκπαίδευση, σε συνδυασμό με τη σωστή ενημέρωση, κάθε εργαζόμενου είναι το βασικό εφόδιο στην εργασία του ώστε να εργάζεται με ασφάλεια. Η εξοικείωση με την εργασία, η πρακτική, η υπευθυνότητα αλλά και η γνώση των κινδύνων για την υγεία απαιτεί σωστή εκπαίδευση, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αποδοτικότητα, ποιότητα και ασφάλεια της εργασίας.

Σύμφωνα με το προεδρικό διάταγμα 70/1990, για την Υγιεινή και Ασφάλεια των Εργαζομένων σε Ναυπηγικές και Ναυπηγοεπισκευαστικές Εργασίες και ειδικότερα στο Κεφάλαιο Γ' περί μέσων ατομικής προστασίας, τα άρθρα 63 και 64 αναφέρουν τα εξής :

Άρθρο 63

Γενικές προβλέψεις

Σε περίπτωση που οι κίνδυνοι σε βάρος της ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων δεν αποφεύγονται ή δεν περιορίζονται επαρκώς με τεχνικά μέσα συλλογικής προστασίας ή μέτρα, μεθόδους ή διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας, πρέπει οι εργαζόμενοι να εφοδιάζονται με μέσα ατομικής προστασίας.

Τα μέσα ατομικής προστασίας χορηγούνται από τον εργοδότη “εργολάβο ή υπεργολάβο” οι οποίοι επιβλέπουν τη χρήση τους, εξασφαλίζουν την καλή λειτουργία τους, την απαραίτητη συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση. Πρέπει επίσης να πληρούν τα εξής:

α . Να είναι κατάλληλα για τους κινδύνους που πρέπει να προλαμβάνουν.

β . Να είναι προσαρμοσμένα ή προσαρμοσίμα σε κάθε εργαζόμενο.

γ . Να ανταποκρίνονται στις εργονομικές απαιτήσεις και τις συνθήκες του χώρου εργασίας.

δ . Να είναι συμβατά και να διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους απέναντι σε κάθε κίνδυνο σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με άλλα μέσα ατομικής προστασίας για την αντιμετώπιση πολλαπλών κινδύνων.

Οι εργαζόμενοι πρέπει να φορούν τα μέσα ατομικής προστασίας, να κάνουν σωστή χρήση και να φροντίζουν για την καλή κατάσταση του ατομικού τους εξοπλισμού. Η διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίο ο εργαζόμενος πρέπει να φορά τον εξοπλισμό καθορίζεται από τη σοβαρότητα του κινδύνου, τη συχνότητα της έκθεσης στον κίνδυνο και τα χαρακτηριστικά της θέσης εργασίας του κάθε εργαζόμενου.

Άρθρο 64

Ειδικές προβλέψεις

1. Προστασία κεφαλής:

Όλοι οι εργαζόμενοι σε πλοία “ανεξάρτητα από το είδος της εργασίας που εκτελούν”, πλωτές ή μη δεξαμενές, κλίνες ναυπήγησης, χώρους προκατασκευής τμημάτων σκαφών, ελασματοουργεία και συνεργεία σφυρηλάτησης, εργασίες συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ικριωμάτων, επάνω, κάτω ή κοντά σε ικριώματα και θέσεις εργασίας σε μεγάλο ύψος, σε εργασίες με ανυψωτικά μηχανήματα και γεραμούς και όσοι εργάζονται σε χώρους που διακινούνται φορτία με ανυψωτικά μηχανήματα πρέπει να φορούν υποχρεωτικά κράνος ασφάλειας.

2. Προστασία οφθαλμών:

Όλοι οι απασχολούμενοι σε εργασίες φλογοκοπής, συγκόλλησης, λείανσης και κοπής με τροχό, διάτρησης και κοπής μετάλλων με ψαλίδι, χειρισμό καρφωτικών και κρουστικών, μηχανών κατεργασίας μετάλλων που παράγουν γρέζια μικρού μήκους, εργασίες με όξινα και αλκαλικά προϊόντα, απολυμαντικά και διαβρωτικά απορρυπαντικά, εργασίες που υπάρχει πιθανότητα εκτόξευσης μικροϋλικών, πρέπει να φορούν γυαλιά ή προσωπίδες ή άλλα κατάλληλα μέσα προστασίας.

3. Προστασία ποδιών:

Όλοι οι εργαζόμενοι πρέπει να φορούν τα κατά περίπτωση κατάλληλα υποδήματα.

4. Προστασία χεριών - κορμού:

Όλοι οι εργαζόμενοι σε εργασίες συγκόλλησης και φλογοκοπής, σε εργασίες σφυρηλάτησης, σε εργασίες με όξινα και αλκαλικά προϊόντα, απολυμαντικά και διαβρωτικά απορρυπαντικά, σε εργασίες ψηγματοβολής, χειριζόμενοι αντικείμενα με οξείες ακμές, “εκτός από την περίπτωση μηχανών που ενδέχεται να αρπάξουν το γάντι”, πρέπει να φορούν γάντια από κατάλληλα κατά περίπτωση υλικά και με το απαιτούμενο μέγεθος και μήκος ανάλογα με τις προβλεπόμενες συνθήκες χρήσης.

5. Προστασία από πτώσεις:

Οι εργαζόμενοι, που δεν μπορούν να προστατευτούν από πτώση με μέσα συλλογικής προστασίας, πρέπει να φορούν ζώνες ασφαλείας. Οι ζώνες ασφαλείας και τα παρελκόμενά τους, σχοινιά, ιμάντες πρόσδεσης και λοιπά εξαρτήματα αγκύρωσης και γενικά οι σύνδεσμοι και τα μεταλλικά μέρη, πρέπει καθένα χωριστά, αλλά και ως σύνολο να αντέχουν χωρίς κίνδυνο αιωρούμενο φορτίο τουλάχιστον 450 Kg. Οι ζώνες ασφαλείας πρέπει να περιορίζουν το ύψος πτώσης στο 1.00 μέτρο. Απαγορεύεται να συνδέεται πάνω από ένας εργαζόμενος με το ίδιο σύστημα πρόσδεσης. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε τα σχοινιά πρόσδεσης να μην είναι ελαττωματικά ή μειωμένης αντοχής και να εξασφαλίζεται ότι κατά τη χρήση τους δεν κινδυνεύουν να υποστούν μείωση της αντοχής τους π.χ. από επαφή με αιχμηρά αντικείμενα ή διαβρωτικά υλικά κλπ. Οι ζώνες ασφαλείας πρέπει να ελέγχονται πριν από κάθε χρήση. Απαγορεύεται οι εργαζόμενοι που χρησιμοποιούν ζώνες ασφαλείας να εργάζονται σε απομονωμένους χώρους εργασίας. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να παρακολουθούνται συνέχεια.

6. Προστασία της αναπνευστικής οδού:

Όταν η προστασία της αναπνευστικής οδού των εργαζομένων δεν μπορεί να εξασφαλιστεί αποτελεσματικά με σύστημα εξαερισμού ή άλλα μέσα και υπάρχει

κίνδυνος έκθεσης σε σκόνες, καπνούς, ατμούς ή αέρια όπως εργασίες σε δεξαμενές ή περιορισμένους χώρους με πιθανότητα δηλητηρίασης από αέριο, κοπή και συγκόλληση μετάλλων με τοξικά στοιχεία, εργασίες στην πυρίμαχη επένδυση των λεβήτων, όταν μπορεί να εκλυθεί σκόνη, βαφή με πιστολέτο χωρίς επαρκή αερισμό, ψηγματοβολή, αποξήλωση μονώσεων αμιάντου, εργασίες σε ψυκτικές εγκαταστάσεις, όπου υπάρχει κίνδυνος διαρροής ψυκτικού υγρού πρέπει οι εργαζόμενοι να εφοδιάζονται με τα κατάλληλα κατά περίπτωση μέσα ατομικής προστασίας της αναπνευστικής οδού. Εργαζόμενοι που εισέρχονται ή απασχολούνται σε δεξαμενές ή άλλους περιορισμένους χώρους όπου ενδέχεται να υπάρχει έλλειψη οξυγόνου πρέπει να εφοδιάζονται με αναπνευστική συσκευή παροχής της απαιτούμενης, κατά περίπτωση, ποσότητας αέρα. Τα άτομα που χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν αναπνευστική συσκευή πρέπει να έχουν λάβει κατάλληλη εκπαίδευση για την ορθή χρήση της και να έχουν υποβληθεί σε ειδική ιατρική εξέταση (ακτινογραφία θώρακα, σπιρομέτρηση, καρδιογράφημα υπό κόπωση 1-0 WATT για 5'), κατά την κρίση του γιατρού εργασίας.

Αναπνευστική συσκευή που έχει χρησιμοποιηθεί πρέπει να καθαρίζεται πριν δοθεί σε άλλο εργαζόμενο. Αναπνευστικές συσκευές που δεν χρησιμοποιούνται πρέπει να φυλάσσονται σε ιδιαίτερες κλειστές θήκες ή ερμάρια (ντουλάπια). Ο αέρας που διοχετεύεται στις αναπνευστικές συσκευές προσαγωγής πρέπει να είναι απαλλαγμένος από επικίνδυνους παράγοντες ρύπανσης και από δυσάρεστες οσμές.

Στις περιπτώσεις όπως ψηγματοβολή που η παροχή νωπού αέρα γίνεται υπό πίεση πρέπει:

I. Ο συμπιεστής να είναι εξοπλισμένος κατάλληλα ώστε να μη μολύνει τον παρεχόμενο αέρα.

II. Ο αέρας να έχει κατάλληλη θερμοκρασία 15-20 °C και μέγιστη σχετική υγρασία 85%.

III. Ο συμπιεστής να είναι εξοπλισμένος με διάταξη που εμποδίζει κάθε υπερθέρμανση, ώστε να αποτρέπεται η δημιουργία τοξικών αερίων.

IV. Η σωλήνωση πρέπει να είναι εφοδιασμένη με:

α. Βαλβίδα μείωσης της πίεσης.

β. Βαλβίδα ασφάλειας (για περίπτωση ανωμαλίας λειτουργίας της) ρυθμισμένη για να λειτουργεί σε πίεση ελαφρά ανώτερη από την τιμή της πίεσης μετά την βαλβίδα μείωσης.

γ. Το φίλτρο που να συγκρατεί αποτελεσματικά τα κατάλοιπα που δημιουργούνται στους σωλήνες, τα λάδια, το νερό και τους βλαβερούς ατμούς. Η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αέρα είναι 0,17 m³ /min και η πίεση στο σωλήνα τουλάχιστον 0,35 Kg/cm².

7. Προστασία της ακοής:

Όταν η στάθμη του θορύβου δεν είναι δυνατό να περιοριστεί με προληπτικά και επανορθωτικά μέτρα θα πρέπει :

α. Να χρησιμοποιούνται ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα όταν η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ενός εργαζόμενου ή η μέγιστη τιμή της στιγμιαίας μη σταθμισμένης ηχητικής πίεσης υπερβαίνουν τα 90 DB “α” και τα 200 PA αντίστοιχα.

β. Να τίθενται στην διάθεση των εργαζομένων ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα όταν η ηχοέκθεση είναι ενδεχόμενο να υπερβεί τα 85 DB “α”.

Τα ατομικά μέσα προστασίας που χορηγούνται πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στα ατομικά χαρακτηριστικά του κάθε εργαζόμενου και στις συνθήκες εργασίας του και η χρήση τους σε καμία περίπτωση να μην οδηγήσει σε αύξηση του συνολικού κινδύνου για την υγεία των εργαζομένων από άλλες αιτίες π.χ.

πρόκληση ατυχημάτων από μη αντίληψη ηχητικών σημάτων κινδύνου, που μπορεί να αποφευχθεί με τη σύγχρονη εκπομπή και φωτεινών σημάτων.

5.4. Υγιεινή και ασφάλεια στην υδροβολή

Παρόμοια μέτρα με την εργασία της ψηγματοβολής πρέπει να λαμβάνονται και κατά την διάρκεια της υδροβολής. Πρέπει να είναι κατανοητό ότι τα συστήματα και τα εργαλεία υδροβολής είναι υψηλής τεχνολογίας και ασφάλειας, ωστόσο μπορούν να παρουσιάσουν κινδύνους αν χειρίζονται με λάθος τρόπο ή χρησιμοποιούνται από ακατάλληλα ή μη εξουσιοδοτημένα άτομα. Οι εργαζόμενοι που ασχολούνται με τέτοια συστήματα πρέπει να είναι καλοί χειριστές και γνώστες των οδηγιών λειτουργίας και συντήρησης του κατασκευαστή αφού πιθανόν λάθος ή απρόσεκτη χρήση μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο για τη ζωή και την ακεραιότητα τους.

Η κατάλληλη προστατευτική ενδυμασία του υδροβολιστή είναι απαραίτητη για την ασφάλεια του, και περιλαμβάνει (Ανδρόνικος, 2000):

1. Προστατευτικό κράνος
2. Γυαλιά ασφαλείας
3. Ασπίδα προσώπου
4. Ολόσωμη αδιάβροχη φόρμα από ειδικό συνθετικό
5. Γάντια ασφαλείας
6. Προστατευτικές μπότες
7. Προστασία αυτιών (ωτοασπίδες)

Κάθε εργαζόμενος που λειτουργεί τη μονάδα υδροβολής ή χειρίζεται το πιστόλι ή βρίσκεται σε κοντινή απόσταση, πρέπει να φοράει τα προστατευτικά μέσα που αναφέρονται πιο πάνω. Οι υδροβολιστές πρέπει να γνωρίζουν ότι τα προστατευτικά αδιάβροχα ρούχα, καθώς και τα λοιπά προστατευτικά μέσα προστατεύουν μόνο από το νερό και τα σωματίδια (σκουριές, μπογιές, κ.λπ.) που αναπηδούν από την επιφάνεια. Δεν παρέχουν επαρκή προστασία σε περίπτωση άμεσης επαφής με το τζετ νερού υψηλής πίεσης.

Απαραίτητα είναι και τα μέτρα ασφαλείας στο χώρο εργασίας στα οποία πρέπει να δίνεται η κατάλληλη προσοχή:

- Η χρήση χειροκίνητου πιστολιού απαιτεί προσοχή, συγκέντρωση και ενέργεια για να αντισταθμίσει τη δύναμη αντίδρασης του τζετ νερού υψηλής πίεσης,
- Οι χώροι εργασίας, δηλαδή οι χώροι όπου εκτελείται υδροβολή και οι χώροι γύρω από αυτή, πρέπει να είναι προστατευμένες ώστε να μην επιτρέπεται η είσοδος σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα.
- Κατά τη διάρκεια της υδροβολής κανένας εκτός του υδροβολιστή δεν πρέπει να βρίσκεται σε ακτίνα 10 μέτρων και δεν πρέπει να γίνονται υδροβολές σε χώρους όπου κοντά εργάζονται άλλοι εργαζόμενοι.
- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε περίπτωση όπου γίνονται εργασίες σε ικριώματα, αφού ο υδροβολιστής βρίσκεται σε κίνδυνο να πέσει εξαιτίας της δύναμης αντίδρασης του πιστολιού. Απαραίτητη, λοιπόν, είναι η κατάλληλη προστασία από πτώση.

Κατά τη λειτουργία της υδροβολής, επίσης, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται και στα παρακάτω για την αποφυγή ατυχημάτων και ανεπιθύμητων τραυματισμών:

- Ένα άτομο πρέπει να είναι πάντοτε στο διακόπτη κλεισίματος της μονάδας για περίπτωση άμεσης απενεργοποίησης.
- Η μονάδα υδροβολής πρέπει να χειρίζεται μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό ενώ ποτέ δεν πρέπει να εργάζεται κάποιος εφόσον είναι μόνος του ή δεν αισθάνεται καλά.
- Όλα τα παρελκόμενα της συσκευής πρέπει να βρίσκονται σε πολύ καλή κατάσταση ενώ πολύ σημαντικό είναι ποτέ να μην ξεπερνιέται η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας του εξοπλισμού και των εργαλείων.
- Πολλά εργαλεία υδροβολής μπορούν να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα μόνο εάν δεν υπάρχει κίνδυνος απότομης αλλαγής στη δύναμη αντίδρασης όταν κλείσει μια μονάδα, ενώ η δύναμη αντίδρασης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 Kp κατά τη διεύθυνση του πιστολιού.

5.5. Υγιεινή και ασφάλεια σε εργασίες χρωματισμού

Οι εργαζόμενοι σε εργασίες χρωματισμού, αλλά και γενικότερα όσοι πιθανόν έρχονται σε επαφή με χημικές ουσίες, πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας και να γνωρίζουν τις ενέργειες προκειμένου να προφυλάξουν τον εαυτό τους και τους συναδέλφους τους. Θα πρέπει:

- να επαληθεύουν την καλή κατάσταση των συσκευασιών και των δοχείων, ώστε να προλάβουν τυχόν διαρροές,
- να φροντίζουν ώστε τα αέρια, οι καπνοί ή οι ατμοί που δημιουργούνται, να απορροφώνται στο σημείο που δημιουργούνται ή αν είναι αναγκαίο να φορούν προστατευτική μάσκα,
- να φροντίζουν για την ασφαλή αποθήκευση και διακίνηση των χημικών ουσιών, αλλά και τον εφοδιασμό τους με τις απαραίτητες επισημάνσεις και ετικέτες,
- να αποφεύγουν οποιαδήποτε επαφή με το στόμα, να μην τρώνε, πίνουν ή καπνίζουν όταν βρίσκονται σε χώρο όπου χρησιμοποιούνται επικίνδυνες ουσίες,
- να προστατεύουν τα εκτεθειμένα μέρη του σώματος τους με ποδιές, γάντια, μπότες, γυαλιά, προσωπίδες ή αναπνευστικές μάσκες, και
- να τηρούν ευλαβικά τους κανόνες προσωπικής υγιεινής μετά από κάθε εργασία.

Αν εξειδικεύσουμε τα παραπάνω για τις εργασίες χρωματισμού μπορούμε να προσθέσουμε τα παρακάτω, σύμφωνα με τα άρθρα 25, 26 και 27 του Π.Δ 70/1990:

Άρθρο 25

1. Κατά τη μετάγγιση χρωμάτων, βερνικιών, κολλητικών ουσιών, ρητινών και παρόμοιων υλικών, πρέπει να υπάρχει κάτω από τα μεταγγιζόμενα υλικά δοχείο ύψους τουλάχιστον πέντε εκατοστών. Απαγορεύεται η αναρρόφηση υγρών από σιφόνια με το στόμα.
2. Σε περίπτωση που χυθούν στο δάπεδο χρώματα ή άλλα υλικά επίστρωσης, πρέπει να απομακρυνθούν αμέσως.
3. Η τεχνητή στέγνωση αντικειμένων που μόλις έχουν βαφεί, απαιτείται να γίνει σε θερμομονωμένους κλιβάνους με εξαερισμό για την αποφυγή δημιουργίας εκρήξιμων

συγκεντρώσεων ατμών διαλυτικών υλικών. Χρωματισμένα αντικείμενα δεν πρέπει να στεγνώσουν σε χώρο που δεν διαθέτει επαρκή εξαερισμό.

4. Τα υλικά καθαρισμού όπως στουπιά, πανιά κ.λπ. που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας πρέπει να τοποθετούνται σε μεταλλικά δοχεία με αυτόκλειστα καλύμματα, τα οποία φυλάσσονται σε ασφαλές μέρος μακριά από τον τόπο εργασίας.

5. Τα δοχεία που περιέχουν χρωστικές ουσίες, βερνίκια, λάκες και άλλες εύφλεκτες και πτητικές ουσίες, θα πρέπει να διατηρούνται κλειστά και μακριά από σπινθήρες, φλόγες, πηγές θερμότητας και ακτίνες ήλιου.

6. Βούρτσες, ψεκαστήρες, αγωγοί και άλλα αντικείμενα πρέπει στο τέλος της εργασίας να καθαρίζονται έξω από το πλοίο από υπολείμματα βερνικιών, χρωστικών ή κολλητικών ουσιών και να φυλάγονται σε ιδιαίτερους χώρους.

7. Τα κενά δοχεία των χρωστικών ουσιών πρέπει να μεταφέρονται σε ειδική αποθήκη, εξοπλισμένη με σύστημα εξαερισμού και απαγωγής ατμών ή σε ανοιχτό χώρο σε απόσταση 25 τουλάχιστον μέτρα από τους χώρους εργασίας.

Επιπροσθέτως, αν οι εργασίες εκτελούνται σε κλειστούς χώρους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και τα ακόλουθα από το *άρθρο 26*:

1. Δεν επιτρέπεται σε κλειστό χώρο να χρησιμοποιούνται χρώματα ή άλλα υλικά επικάλυψης που είναι διαλυμένα σε εύφλεκτα υλικά εκτός αν :
 - η ηλεκτρική εγκατάσταση είναι αντιεκρηκτικού τύπου
 - έχουν ληφθεί μέτρα απαγωγής του στατικού ηλεκτρισμού και οι ατμοί και τα αέρια απάγονται από τους υπόψη κλειστούς χώρους σε ασφαλή απόσταση από οποιοδήποτε σημείο ανάφλεξης.
2. Δεν επιτρέπεται σε κλειστούς χώρους η χρησιμοποίηση βερνικιών ανθρακόπισσας, μολυβδούχων υλικών, καθώς και άλλων που περιέχουν βλαβερές ή πτητικές ουσίες, εκτός αν :
 - για την εργασία χρησιμοποιείται βούρτσα ή κύλινδρος
 - ο χρωματισμός με ψεκασμό γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του άρθρου 27 (επόμενη παράγραφος).
 - υπάρχει αποτελεσματικός εξαερισμός που εξασφαλίζει, ότι η συγκέντρωση βλαβερών ουσιών στην εργασιακή ατμόσφαιρα δεν υπερβαίνει τις προβλεπόμενες από την υφιστάμενη νομοθεσία οριακές τιμές έκθεσης (και εφόσον δεν προβλέπονται, τις συνιστώσες από τους Επιθεωρητές Εργασίας). Οι εργαζόμενοι στην περίπτωση αυτή εφοδιάζονται με προστατευτικές αναπνευστικές συσκευές όταν οι εν λόγω οριακές τιμές δεν είναι δυνατόν να τηρηθούν.
3. Στις εισόδους φρεσκοβαμμένων κλειστών χώρων πρέπει να τοποθετείται κατάλληλη ειδοποίηση που θα απαγορεύει την είσοδο των εργαζομένων σε αυτούς χωρίς την προηγούμενη άδεια αρμόδιου προσώπου.

Τέλος, όταν οι εργασίες χρωματισμού γίνονται με ψεκασμό, θα πρέπει να τηρούνται και τα ακόλουθα από το *άρθρο 27*:

1. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται τοξικά υλικά, αλλά αν αυτό δεν μπορεί να αποφευχθεί, οι εργαζόμενοι θα πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλες αναπνευστικές συσκευές με αυτόνομη παροχή αέρα ή κατάλληλες αναπνευστικές, προστατευτικές προσωπίδες όταν η εργασία είναι σύντομης διάρκειας.
2. Δεν επιτρέπονται οι εργασίες χρωματισμού εσωτερικών επιφανειών με ψεκασμό, όπως π.χ. επιφάνειες δεξαμενών και διαμερισμάτων πλοίων και άλλων κλειστών χώρων, εκτός αν:

- οι εργαζόμενοι είναι εφοδιασμένοι και χρησιμοποιούν αναπνευστικές συσκευές με αυτόνομη παροχή αέρα
 - οι εργαζόμενοι είναι εφοδιασμένοι με τα κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας
 - δεν εκτελούνται ταυτόχρονα στον υπόψη χώρο και άλλες εργασίες.
3. Σε κάθε χώρο εργασίας που εκτελούνται εργασίες βαφής με ψεκασμό πρέπει να υπάρχει φυσικός ή τεχνητός εξαερισμός, οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν τις κατάλληλες αναπνευστικές προσωπίδες και τα λοιπά αναγκαία μέσα ατομικής προστασίας.
4. Στους χώρους που εκτελούνται εργασίες βαφής με ψεκασμό καθώς και στους γύρω χώρους, στο μέτρο που επηρεάζονται από τις εργασίες βαφής δεν επιτρέπεται το κάπνισμα, η ύπαρξη γυμνής φλόγας ή άλλης πηγής ανάφλεξης.
5. Όλα τα μεταλλικά μέρη των συσκευών και μέσων που χρησιμοποιούνται για τη βαφή με ψεκασμό (θάλαμοι ψεκασμού, αντλίες χρωμάτων, πιστόλια ψεκασμού, ικριώματα βαφής, τραπέζια, δοχεία διαλυτικών κ.λπ.), καθώς επίσης και κάθε αντικείμενο που πρόκειται να βαφεί, πρέπει να είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους και γειωμένα.
6. Ο χρωματισμός του εξωτερικού μέρους πλοίου με ψεκασμό πρέπει να γίνεται προς την κατεύθυνση του πλέοντος ανέμου και να μη δημιουργείται κίνδυνος για τους εργαζόμενους σε άλλες θέσεις εργασίας.
7. Κατά τις εργασίες βαφής με ψεκασμό θα πρέπει να λαμβάνονται και τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης πυρκαγιάς.

5.6. Μέτρα για την πρόληψη και εξασφάλιση ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος

Οι προτάσεις για την λήψη μέτρων πρόληψης και προστασίας και η αποτελεσματική τους εφαρμογή αποτελούν τον τελικό σκοπό της καταγραφής και εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου. Οι γενικές αρχές πρόληψης, όπως αυτές αναφέρονται στο Π.Δ 17/96, είναι οι εξής:

- αποφυγή κινδύνων
- εκτίμηση των κινδύνων που δεν μπορούν να αποφευχθούν
- προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο
- αντικατάσταση του επικίνδυνου από το μη επικίνδυνο ή το λιγότερο επικίνδυνο
- προγραμματισμός της πρόληψης με ενσωμάτωση της τεχνικής, της οργάνωσης εργασίας, των συνθηκών και περιβάλλοντος εργασίας και των σχέσεων εργοδότη-εργαζομένων
- καταπολέμηση των κινδύνων στην πηγή τους
- προτεραιότητα στη λήψη μέτρων ομαδικής προστασίας σε σχέση με τα μέτρα ατομικής προστασίας
- προσαρμογή στις τεχνικές εξέλιξης
- παροχή των κατάλληλων οδηγιών στους εργαζόμενους

Σύμφωνα με τα παραπάνω, τα μέτρα που προτείνονται κάθε φορά πρέπει να ακολουθούν την εξής ιεράρχηση:

- εξάλειψη του κινδύνου
- απομόνωση του κινδύνου
- απομάκρυνση του εργαζόμενου από τον κίνδυνο

- μείωση του κινδύνου με χρήση μέσων ομαδικής προστασίας
- μέσα ατομικής προστασίας, σήμανση ασφάλειας, εκπαίδευση και ενημέρωση των εργαζομένων.

Σημαντικής σημασίας είναι και η εκτίμηση των κινδύνων που είναι απαραίτητη για την πρόληψη. Η εκτίμηση πρέπει να επανεξετάζεται, να συμπληρώνεται ή να τροποποιείται, δεν είναι μια διαδικασία που γίνεται μια και για πάντα. Σκοπό έχει:

- να εντοπισθούν οι πηγές του επαγγελματικού κινδύνου, δηλαδή τι θα μπορούσε να προκαλέσει κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων
- να διαπιστωθούν κατά πόσο και με τι μέτρα μπορούν οι πηγές κινδύνων να εξαιρεθούν ή οι κίνδυνοι αυτοί να αποφευχθούν
- να καταγραφούν τα μέτρα πρόληψης που ήδη εφαρμόζονται και να προταθούν αυτά που πρέπει συμπληρωματικά να ληφθούν για τον έλεγχο των κινδύνων και την προστασία των εργαζομένων

Η εκτίμηση πρέπει να λαμβάνει και τους κινδύνους που ενδέχεται να εμφανισθούν και να αντιμετωπισθούν εγκαίρως.

5.7. Τα οφέλη μιας ασφαλούς και υγιούς εργασίας

Στις 28 Απριλίου γίνεται ο εορτασμός της Παγκόσμιας ημέρας για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία (ILO, 2007) που διοργανώνεται κάθε χρόνο από το Διεθνές Γραφείο Εργασίας (ILO).

Ο ILO έχει θέσει στρατηγικές για τον έλεγχο της παγκοσμιοποίησης, την προώθηση σταθερής ανάπτυξης, την εξάλειψη της φτώχειας και την εξασφάλιση ότι οι άνθρωποι μπορούν να εργαστούν σε ένα ασφαλές και αξιοπρεπές εργασιακό περιβάλλον.

Η ασφαλής και υγιής εργασία είναι απαραίτητη για την επίτευξη και των τεσσάρων στρατηγικών στόχων που συνθέτουν την Ατζέντα Αξιοπρεπούς εργασίας και είναι:

1. διεθνή πρότυπα εργασίας και θεμελιώδεις αρχές και δικαιώματα στην εργασία
2. αξιοπρεπής απασχόληση
3. κοινωνική προστασία για όλους
4. τριμερής συμμετοχή και κοινωνικός διάλογος για όλους.

Η ίδρυση του ILO το 1919 άνοιξε τον δρόμο για την επίλυση των θεμάτων που αφορούν στην επαγγελματική υγεία και ασφάλεια. Η εργασία μπορεί να είναι αξιοπρεπής μόνο όταν είναι υγιής* και ασφαλής. Η επαγγελματική υγεία και ασφάλεια εντάσσεται απευθείας στην κατηγορία της κοινωνικής προστασίας. Επίσης ο αποτελεσματικός κοινωνικός διάλογος αποτελεί το κλειδί για τη δημιουργία ενός ασφαλούς και υγιούς περιβάλλοντος.

Το 2005 υπολογίστηκε ότι, παγκοσμίως, περίπου 2.200.000 άνθρωποι, πέθαναν εξαιτίας επαγγελματικών ασθενειών και εργατικών ατυχημάτων, ποσοστό που αντιστοιχεί περίπου σε 10% αύξηση σε σχέση με προηγούμενες εκτιμήσεις.

*Ο όρος “υγιής εργασία” χρησιμοποιείται με την έννοια που καθορίζεται στη Συνθήκη της Επαγγελματικής Υγείας και Ασφάλειας (1981) και αναφέρει ότι ο όρος υγεία, αναφορικά με την εργασία, δεν υποδεικνύει μόνο την απουσία της ασθένειας ή της αδυναμίας. Περιλαμβάνει, επίσης, εκείνα τα σωματικά και ψυχικά στοιχεία που επηρεάζουν την υγεία και σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια και την υγιεινή στην εργασία

Περίπου 270.000.000 άνθρωποι από σοβαρούς τραυματισμούς και άλλοι 160.000.000 εργαζόμενοι υποφέρουν από μικρής ή μεγάλης διάρκειας ασθένειες που σχετίζονται άμεσα με την εργασία. Το συνολικό κόστος αυτών των ατυχημάτων και των ασθενειών, υπολογίζεται από το ILO, ότι ισοδυναμεί περίπου με το τέσσερα τοις εκατό του παγκόσμιου ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Ωστόσο, υπάρχει περιθώριο βελτίωσης της κατάστασης. Για παράδειγμα, στην Ταϊλάνδη ο αριθμός των ατυχημάτων από 40 ανά 1000 εργάτες που ήταν το 1997, το 2004 μειώθηκε σε 29.

Τα περισσότερα ατυχήματα μπορούν να αποτραπούν εάν ληφθούν ισχυρά μέτρα πρόληψης, υποστηριζόμενα από κατάλληλες εκθέσεις και καλές πρακτικές επιθεώρησης και καθοδηγούμενα από τις Διεθνείς Συμβάσεις του ILO, τις Συστάσεις και τους Κώδικες Καλών Πρακτικών. Το πλαίσιο για την προαγωγή των μέτρων αυτών βασίζεται στις ακόλουθες εθνικές στρατηγικές:

- τη συνεχή βελτίωση της επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας για την πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων, επαγγελματικών ασθενειών και θανάτων,
- τη λήψη μέτρων για τη διαδοχική επίτευξη ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος, και
- την περιοδική μελέτη των μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν για την επικύρωση σχετικών Διεθνών Συμβάσεων για την επαγγελματική υγεία και ασφάλεια του ILO.

Επίσης, σπουδαία είναι η διαρκής προαγωγή μιας κουλτούρας πρόληψης της υγείας και ασφάλειας, μέσα στην οποία αναγνωρίζεται σε όλα τα επίπεδα το δικαίωμα σε ένα ασφαλές εργασιακό περιβάλλον, όπου οι κυβερνήσεις, οι εργοδότες και οι εργαζόμενοι συμμετέχουν ενεργά στη διασφάλιση ενός υγιούς και ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος, διαμέσου ενός συστήματος καθορισμένων δικαιωμάτων, ευθυνών και υποχρεώσεων, όπου οι αρχές πρόληψης αποτελούν ύψιστη προτεραιότητα.

Όσον αφορά στα διεθνή πρότυπα και τις θεμελιώδεις αρχές και δικαιώματα στην εργασία, τα κράτη βασίζόμενα σε ένα πλαίσιο δράσης που αφορά μια νέα Σύμβαση της Επαγγελματικής Υγείας και Ασφάλειας που υιοθετήθηκε τον Ιούνιο του 2006, πρέπει να συμβάλλουν στη διαρκή βελτίωση των συνθηκών υγείας και ασφάλειας στην εργασία, προκειμένου να προληφθούν οι επαγγελματικές ασθένειες, τα εργατικά ατυχήματα και οι θάνατοι. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού τρία είναι τα βασικά εργαλεία:

1. εθνική πολιτική
2. εθνικό σύστημα
3. εθνικό πρόγραμμα

Η εθνική πολιτική θα πρέπει να έχει ως στόχο την προαγωγή ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος. Η διάδοση της είναι εξασφαλισμένη από μια υποδομή, γνωστή ως εθνικό σύστημα για την επαγγελματική υγεία και ασφάλεια. Το σύστημα θα πρέπει να απαρτίζεται από θεσμικούς μηχανισμούς, όπως νόμους, κανονισμούς και αρμόδιες αρχές, καθώς και από δραστηριότητες όπως η παροχή τριμερούς συμμετοχής και τεχνικής πληροφόρησης και ενημέρωσης, κατάρτισης και εκπαίδευσης, υπηρεσιών και επαγγελματικής υγείας, έρευνας και τη συλλογή δεδομένων όσον αφορά τα ατυχήματα και τις ασθένειες. Βάσει αυτών, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα εθνικό πρόγραμμα, που θα αποτελείται από ένα προκαθορισμένο χρονικό πλαίσιο, προτεραιότητες και μέσα δράσης, με στόχο τη βελτίωση της επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας και κυρίως ορισμένα μέσα για την εκτίμηση της προόδου. Η πολιτική, το σύστημα και το πρόγραμμα θα πρέπει να αναπτυχθούν με συνεννόηση με τους αντιπροσώπους των εργοδοτών και των εργαζομένων.

Απαραίτητο στοιχείο, όμως, για την εφαρμογή των πολιτικών, συστημάτων και προγραμμάτων είναι η Επιθεώρηση Εργασίας, καθώς μπορεί να ενισχύσει τη δράση στη βάση της, είτε να αναγνωρίσει τυχόν ελλείμματα και τρόπους επίλυσης τυχόν προβλημάτων, καθώς και να χρησιμοποιήσει αποτρεπτικά μέσα για την ενίσχυση της σωστής εφαρμογής.

Άλλο σημαντικό συστατικό για την επίτευξη των απαραίτητων συνθηκών για την υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία, είναι η αξιοπρεπής απασχόληση. Σημαντικός παράγοντας για την εξασφάλισή της είναι η επίλυση του προβλήματος της φτώχειας, αφού αρκετοί από τους πιο φτωχούς εργαζόμενους παγκοσμίως, εργάζονται κάτω από τις πιο ανθυγιεινές και επικίνδυνες συνθήκες. Η βελτίωση αυτής της κατάστασης, θα συμβάλει αρκετά στη βελτίωση της ζωής τους, καθώς επίσης και στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Σε περιπτώσεις που οι συνθήκες απασχόλησης είναι επικίνδυνες, απαραίτητο είναι, αν δεν απομακρύνεται ο κίνδυνος, να προστατεύονται επαρκώς οι εργαζόμενοι και να εκπαιδεύονται έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο αυτό.

Εξαλείφοντας, λοιπόν, τον παράγοντα κίνδυνο και εξασφαλίζοντας δηλαδή ασφαλή και υγιή εργασία, σημαντική πεποίθηση του ILO είναι πως αυξάνεται και η παραγωγικότητα και κατά συνέπεια οδηγούμαστε στη μείωση της φτώχειας.

Οι άσχημες συνθήκες επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, μειώνουν την παραγωγικότητα επειδή τα εργατικά ατυχήματα και οι επαγγελματικές ασθένειες κοστίζουν αρκετά και μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες στη ζωή των εργαζομένων, των οικογενειών τους και των εργοδοτών. Το κόστος αυτό φαίνεται στον Πίνακα 5.1

Παραδείγματα άμεσων ή έμμεσων συνεπειών από τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες σε επιχειρησιακό επίπεδο

Άμεσες συνέπειες

- Δυσλειτουργία της επιχείρησης και συνεχής μείωση της παραγωγικότητας ως αποτέλεσμα της απουσίας του εργαζόμενου
- Απώλεια μισθών του εργαζομένου και πιθανό κόστος επανεκπαίδευσης για διαφορετική εργασία
- Κόστος πρώτων βοηθειών, ιατρικής περίθαλψης και αποκατάστασης
- Κόστος ασφάλειας και πιθανή αύξηση των ασφαλιστρών
- Κόστος αποζημίωσης
- Πιθανά πρόστιμα και νομικές διώξεις ως επακόλουθο του ατυχήματος/ασθένειας
- Αντικατάσταση ή επισκευή τυχόν κατεστραμμένου εξοπλισμού

Έμμεσες συνέπειες

- Χρόνος διαχείρισης των επακόλουθων ερευνών, ίσως μαζί με τις αρμόδιες αρχές (π.χ. Επιθεώρηση Εργασίας) και άλλων κρατικών οργάνων
- Κόστος επανεκπαίδευσης άλλου εργαζόμενου μακροπρόθεσμα λόγω του τραυματισμού
- “Ανθρώπινο κόστος” – απώλεια της ποιότητας ζωής και εν γένει της ευημερίας
- Μείωση του κινήτρου για εργασία και πτώση του ηθικού, αύξηση τάσης για απουσιασμό
- Στιγματισμός της εταιρείας και δημιουργία κακών σχέσεων με τους πελάτες και το κοινό γενικότερα
- Περιβαλλοντική ρύπανση (π.χ. από ατυχήματα με χημικές ουσίες)

Πίνακας 5.1

Αντίθετα, ένα καλό σύστημα επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας συμβάλλει θετικά στην παραγωγικότητα, τόσο σε επιχειρησιακό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το Health and Safety Executive (HSE), το βρετανικό τριμερές ινστιτούτο επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, κατάφερε να παρουσιάσει τα ευεργετικά αποτελέσματα σε 20 μεγάλες επιχειρήσεις. Τα αποτελέσματα της μελέτης συνοψίζονται στον Πίνακα 5.2:

Το ζήτημα της υγείας και της ασφάλειας – περιπτώσεις μελετών (case studies) που διεξήχθησαν από το βρετανικό ινστιτούτο HSE: Αποτίμηση ωφελειών

Παίρνοντας δραστικά μέτρα για την πρόληψη των ατυχημάτων και των ασθενειών, πολλές επιχειρήσεις ευεργετήθηκαν σε περίοδο ενός έτους ή δυο χρόνων, συμπεριλαμβανομένων:

- Της σημαντικής μείωσης της συχνότητας κρουσμάτων απουσιασμού
- Της βελτίωσης της παραγωγικότητας
- Της εξοικονόμησης σημαντικού χρηματικού ποσού μέσω της καλύτερης συντήρησης των εγκαταστάσεων
- Της σημαντικής μείωσης των αιτημάτων αποζημίωσης και ασφαλιστικών δαπανών
- Της βελτίωσης των σχέσεων με τους πελάτες και τους προμηθευτές καθώς επίσης της “εικόνας” και της φήμης της εταιρείας
- Της βελτίωσης της ψυχικής υγείας των εργαζομένων, με άνοδο του ηθικού και της συγκέντρωσης στην εργασία
- Της βελτίωσης στο θέμα της επίσχεσης της εργασίας

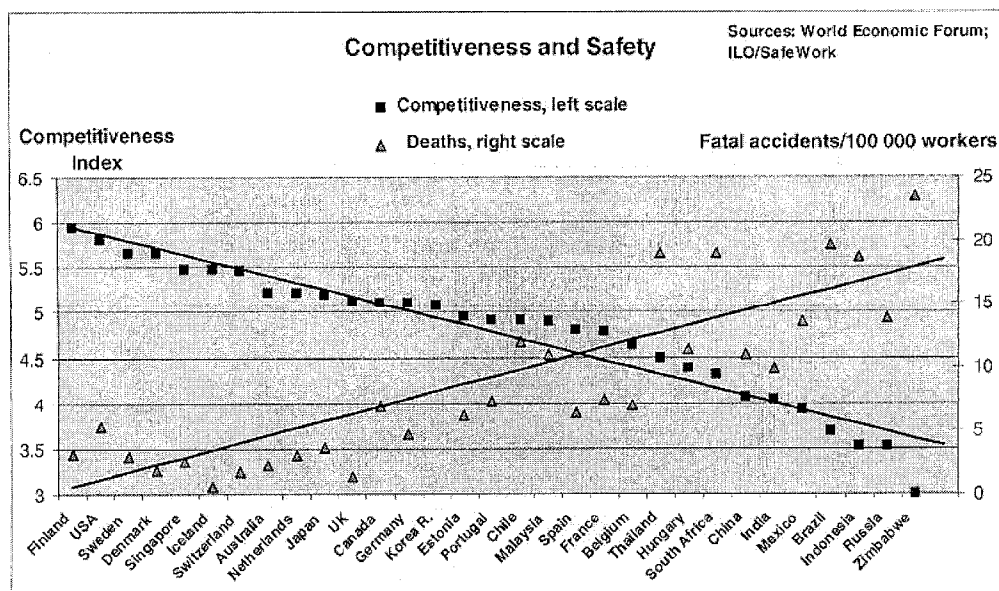
Πίνακας 5.2

Ενώ η παραπάνω μελέτη καλύπτει τις μεγαλύτερες εταιρείες, η παραγωγικότητα στις μικρότερες επιχειρήσεις και την άτυπη οικονομία μπορεί να αυξηθεί μέσω εισαγωγής απλών και ολιγοδάπανων μέτρων που σχετίζονται με την επαγγελματική υγεία και ασφάλεια. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμπεριλαμβάνει μέτρα όπως είναι η εμπλοκή, η συζήτηση και οι συμβουλές μεταξύ εργαζομένων και των αντιπροσώπων τους και η βελτίωση σε θέματα φωτισμού στο χώρο εργασίας, η σωστή διοίκηση και η εργονομία. Η εκπαίδευση, η κατάρτιση και η πληροφόρηση αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία στην προαγωγή της επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας. Ο συνδυασμός κατάλληλης και επαρκούς εκπαίδευσης, κατάρτισης και πληροφόρησης, οδηγεί σε θετικές αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον προς όφελος όλων: των εργαζομένων, των επιχειρήσεων και της κοινωνίας συνολικά. Οι κυβερνήσεις, οι εργοδότες και οι εργαζόμενοι θα πρέπει να δεσμευτούν στο θέμα της διάδοσης θεμάτων εκπαίδευσης, κατάρτισης και δια βίου μάθησης. Οι κυβερνήσεις επενδύοντας και δημιουργώντας τις κατάλληλες συνθήκες θα μπορέσουν να συμβάλουν στη βελτίωση της εκπαίδευσης και της κατάρτισης σε όλα τα επίπεδα.

Ο κοινωνικός διάλογος ανάμεσα στους εργοδότες, τους εργαζόμενους και τις κυβερνήσεις (τριμερής συμμετοχή) απέδειξε πως αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στη δημιουργία ενός ασφαλούς και υγιούς εργασιακού περιβάλλοντος. Ένας ερευνητής κατέληξε στο γεγονός ότι “η συχνότητα των ατυχημάτων μπορεί να μειωθεί, επιτρέποντας τη συμμετοχική διοίκηση όσον αφορά στην υγεία και την

ασφάλεια, ακόμη και σε περιπτώσεις όπου οι εργασιακές σχέσεις μπορούν διαφορετικά να χαρακτηριστούν ως ανταγωνιστικές”.

Σε εθνικό επίπεδο, η σύγκριση της εθνικής ανταγωνιστικότητας και των επιπέδων ασφαλείας στην εργασία, δείχνει εμφανώς ότι η βελτίωση της υγείας και της ασφάλειας οδηγούν στην αύξηση της εθνικής παραγωγικότητας. Στο παρακάτω γράφημα, φαίνεται ότι οι πιο ανταγωνιστικές οικονομίες έχουν τα καλύτερα στοιχεία επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας και αντιστρόφως (Σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1

Συνεπώς, οι καλές πρακτικές επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, συμβάλλουν βελτιώνοντας την παραγωγικότητα σε εθνικό επίπεδο, καθώς επίσης και σε επίπεδο επιχειρήσεων ή οργανισμών.

Ανακεφαλαιώνοντας, αντιπρόσωποι των κυβερνήσεων, των εργοδοτών και των εργαζομένων γιορτάζουν κάθε χρόνο την Παγκόσμια Ημέρα Υγείας και Ασφάλειας του ILO. Σκοπός τους η εξεύρεση τρόπων συμβολής τους στην Ατζέντα Αξιοπρεπούς Εργασίας, για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και καθιστώντας την εργασία ασφαλή και υγιή. Μια συστηματική, συνεκτική και τριμερής προσέγγιση στην επαγγελματική υγεία και ασφάλεια, μπορεί να αποτελέσει μέρος της προσπάθειας για μια αξιοπρεπή εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

6.1. Το φαινόμενο της ρύπανσης του περιβάλλοντος

Η ρύπανση σχετίζεται με κάτι βλαβερό για το περιβάλλον και δεν γνωρίζει σύνορα. Το Σύνταγμα της Ελλάδας (1975) στο άρθρο 24§1 ορίζει ότι η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του κράτους. Το κράτος υποχρεούται να λαμβάνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα για τη διαφύλαξη αυτού.

Ο Ελληνικός νόμος 1650/1986 για την προστασία του περιβάλλοντος δίνει τους εξής ορισμούς για συγκεκριμένες μορφές περιβαλλοντικών προσβολών (Αλεξόπουλος Α.Β., 2005) :

Ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβων, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Μόλυνση του περιβάλλοντος είναι ειδικός τύπος ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων παθογόνων μικροοργανισμών ή ιζημάτων στο περιβάλλον.

Υποβάθμιση του περιβάλλοντος που σημαίνει την πρόκληση από ανθρώπινες δραστηριότητες ρύπανσης ή όποιας άλλης μεταβολής στο περιβάλλον που πιθανόν να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οικολογική ισορροπία, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία των κατοίκων, στην ιστορική και πολιτιστική κληρονομιά και στις αισθητικές αξίες.

Καταστροφή του περιβάλλοντος είναι εκείνη που αφορά στη συνολική απώλεια του περιβαλλοντικού αγαθού.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος ως έννοια αφορά σε οποιαδήποτε ζημιογόνο επίπτωση στο περιβάλλον και επομένως μπορεί να θεωρείται ως προσβολή του δικαιώματος στο περιβάλλον, δηλαδή μία καταστρεπτική παρέμβαση που θίγει το παγκόσμιο οικοσύστημα. Η προσβολή του περιβάλλοντος ουσιαστικά σημαίνει αλλοίωση των φυσικών στοιχείων, δηλαδή αέρας, γη και θάλασσα, διαμέσου της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Συγκεκριμένα, η ρύπανση του περιβάλλοντος μπορεί να είναι:

(α) Ατμοσφαιρική ή από τον αέρα γενικότερα και η οποία συχνά συνδέεται με τη διασυννοριακή ρύπανση. Πηγές αυτών των μορφών ρύπανσης αποτελούν κυρίως οι βιομηχανικές και αστικές δραστηριότητες, οι γεωργικές καλλιέργειες και οι διεθνείς μεταφορές.

(β) Ρύπανση των υδάτων η οποία αφορά όχι μόνο στο θαλάσσιο περιβάλλον (ωκεανοί και θάλασσες) αλλά και στα χερσαία επιφανειακά ύδατα (διεθνείς ποταμοί και λίμνες). Αυτή προκαλείται από τις διαρροές φορτίων κατά τη θαλάσσια μεταφορά τους, από την απόρριψη αποβλήτων, καταλοίπων και λυμάτων που προέρχονται από την ξηρά, από τις γεωργικές καλλιέργειες και τη χρήση φυτοφαρμάκων και από την υποθαλάσσια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου.

(γ) Θερμική ρύπανση που αποτελεί μία πολύ ειδική μορφή ρύπανσης και συνδέεται άμεσα με τη ρύπανση των υδάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έκρηξη και πυρκαγιά που ξέσπασε το 1986 σε αποθήκη της εταιρίας Σαντόζ στην Ελβετία και κατά τις προσπάθειες αντιμετώπισης χύθηκε το υγρό κατάσβεσης στον ποταμό Ρήνο διοχετεύοντας μεγάλες ποσότητες τοξικών χημικών ουσιών.

(δ) Ηχητική ρύπανση η οποία συχνά συνδέεται με τις μεταφορές, δηλαδή με την προσγείωση και απογείωση των αεροσκαφών ή τη λειτουργία μεγάλων βιομηχανικών μονάδων αλλά και των οικιακών και άλλων συσκευών (ραδιόφωνο, τηλεόραση).

(ε) Ρύπανση από στερεά απόβλητα τα οποία μπορούν να διακριθούν σε πολλές υποκατηγορίες, π.χ. άχρηστο στρατιωτικό υλικό, υπολείμματα από βυθοκορήσεις, τοξικά υλικά, βιομηχανικά απόβλητα και λύματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα σ' αυτή τη μορφή ρύπανσης είναι η εύρεση του κατάλληλου μέρους για την απόρριψη αυτών των αποβλήτων.

(στ) Πυρηνική ρύπανση που έχει ταυτιστεί με την ιονική ακτινοβολία και η οποία υποδιαιρείται σε ραδιενέργεια εκλυόμενη από πυρηνικούς σταθμούς που συνήθως αποβλέπει σε ειρηνικούς σκοπούς, π.χ. η περίπτωση του Τσέρνομπιλ και στη λεγόμενη επικίνδυνη ακτινοβολία που προέρχεται από τις στρατιωτικές δραστηριότητες.

(ζ) Οπτική ρύπανση δηλαδή αυτή που προκαλείται από αντιαισθητικές διαφημίσεις σε δημόσιους χώρους ή ακαλαίσθητες κατασκευές.

6.2. Επιπτώσεις από την ψηγματοβολή. Γενικά στοιχεία

Η ψηγματοβολή αποτελεί σήμερα την πλέον αποδοτική και διαδεδομένη μέθοδο καθαρισμού και προετοιμασίας προς βαφή των μεταλλικών, κυρίως, επιφανειών μεγάλης κλίμακας. Παρέχει το υπόβαθρο για το συχνά πολύ ακριβό και εξειδικευμένο σύστημα βαφής δημιουργώντας επιφάνεια καθαρή και με ομοιόμορφη τραχύτητα. Το φάσμα των εφαρμογών της μεθόδου επεκτείνεται σήμερα πολύ πέρα από τον κλασικό καθαρισμό πλοίων και μεταλλικών κατασκευών και περιλαμβάνει εφαρμογές όπως η διαμόρφωση της επιφάνειας των διαστημοπλοίων με πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία (remote controlled process), ο καθαρισμός κτιρίων, δρόμων ή αγαλμάτων, η διακόσμηση γυαλιού (βίτρο) και ξύλου ή ακόμη και η οδοντιατρική.

Παρά το μεγάλο εύρος εφαρμογών της, η ψηγματοβολή παραμένει ακόμα και σήμερα, μια βαριά και ανθυγιεινή εργασία με συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον, κυρίως λόγω του χρησιμοποιούμενου αποξεστικού μέσου. Η χρήση των αποξεστικών υλικών ψηγματοβολής ανεξαρτήτως τύπου ή της προέλευσής τους όταν χρησιμοποιούνται σε εργασίες ανοικτής ψηγματοβολής δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα η/και κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία (Mackay et al, 1980;Stettler et al, 1988), οι κατηγορίες των οποίων είναι :

- Δημιουργία αερομεταφερόμενης σκόνης, η οποία προκαλεί επιπτώσεις στο περιβάλλον (αέρια ρύπανση) και στην ανθρώπινη υγεία
- Δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων και ανάγκη διαχείρισης τους

Κατά την διάρκεια της ψηγματοβολής σωματίδια από το αποξεστικό υλικό κατά την πρόσκρουση στην προς καθαρισμό επιφάνεια, εκτοξεύονται στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας ένα νέφος σκόνης. Η αερομεταφερόμενη σκόνη είναι ικανή να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις δημιουργώντας προβλήματα στα υλικά, στη βλάστηση αλλά κριώς στην ανθρώπινη υγεία.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποβλήτων από εργασίες ψηγματοβολής καθορίζονται, κύρια, από τις εκάστοτε πρακτικές μετά το τέλος της εργασίας. Κατά τη διάρκεια της ψηγματοβολής σκουριές, παλιά χρώματα και προϊόντα βιολογικής ρύπανσης που αποσπώνται από τις μεταλλικές επιφάνειες, καθώς και υπολείμματα φορτίου στην περίπτωση της επισκευής πλοίων, προστίθενται στο χρησιμοποιούμενο υλικό της ψηγματοβολής, δημιουργώντας σημαντικές ποσότητες αποβλήτων. Η

μεγάλη ανάγκη για μείωση των επιπτώσεων αυτών, οδήγησαν στην ανάπτυξη ασφαλέστερων διαδικασιών, φιλικότερων προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Παλαιότερα η πυριτική άμμος ήταν το μοναδικό αποξεστικό μέσο που χρησιμοποιείτο σε ξηρές ανοικτές ψηγματοβολές. Η χρήση της συνδέθηκε με την θανατηφόρα ασθένεια των πνευμόνων, την σιλίκωση, η οποία προκαλείται από την εισπνοή κρυσταλλικού SiO_2 , που περιέχεται σε ψηλά ποσοστά στη σύστασή της και το οποίο δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των εργαζομένων όσο και των ατόμων που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από την περιοχή εκπομπής. Σήμερα, η χρήση της έχει περιοριστεί έως και αντικατασταθεί από άλλα αποξεστικά μέσα. Τα κυριότερα αποξεστικά μέσα ψηγματοβολής σε ευρεία κλίμακα είναι τα αποκαμινεύματα (slags) της μεταλλουργικής βιομηχανίας, με πιο διαδεδομένα τα αποκαμινεύματα άνθρακα, χαλκού και νικελίου. Τα υλικά αυτά αν και γενικά περιέχουν χαμηλά ποσοστά πυριτίου από την πυριτική άμμο (silica sand), που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα, περιέχουν επικίνδυνα βαρέα μέταλλα (Cu, Mn, Ni, Zn, κ.α.), τοξικά στοιχεία και ενώσεις (Pb , Cr_2O_3 , Fe_2O_3), συχνά σε ποσοστά πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια, με αποτέλεσμα να εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία των εργαζομένων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι ανεξάρτητα από τον τύπο ή την προέλευση του αποξεστικού, κάθε ανοικτή ψηγματοβολή συνεπάγεται τη δημιουργία ορισμένων εγγενών προβλημάτων και κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία. Εξαιτίας των προβλημάτων αυτών, οι εργασίες ανοικτής ξηρής ψηγματοβολής, με χρήση συγκεκριμένων αποξεστικών υλικών, έχουν ήδη περιοριστεί σημαντικά ή ακόμη και διακοπεί στα ναυπηγεία αρκετών χωρών, όπου οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί για την ποιότητα του αέρα και την απόρριψη αποβλήτων είναι ιδιαίτερα αυστηροί (Appleman, 1999).

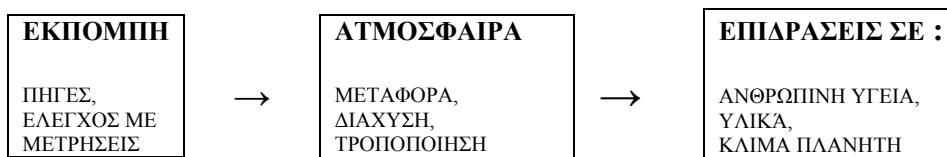
6.3. Ατμοσφαιρική ρύπανση (Αέρια ρύπανση)

6.3.1. Ορισμός – Ατμοσφαιρικοί ρύποι και πηγές πρόκλησης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια κατάσταση κατά την οποία υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ουσίες (ρύποι), οι συγκεντρώσεις των οποίων είναι μεγαλύτερες από τα κανονικά τους επίπεδα, και σε συνδυασμό με τη χρονική διάρκεια που εμφανίζονται είναι ικανές να προκαλέσουν αρνητικές επιδράσεις πάνω στους ανθρώπους, στα ζώα και τη χλωρίδα. Με τον όρο ουσίες εννοούμε κάθε φυσικό ή τεχνητό χημικό στοιχείο ή ένωση, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι ουσίες χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία και μπορεί να είναι βλαβερές ή αβλαβείς και υπάρχουν στην ατμόσφαιρα υπό την μορφή αερίων, σταγονιδίων ή στερεών σωματιδίων. Η παρουσία τέτοιων ουσιών μπορεί επίσης να επηρεάσει δυσμενώς τους αβιοτικούς παράγοντες των οικοσυστημάτων, τις υλικές κατασκευές ή ακόμα να υποβαθμίσει την ποιότητα ζωής.

Συνήθως, η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται ως ένα φαινόμενο που χαρακτηρίζει τα μεγάλα αστικά κέντρα και τις βιομηχανικές περιοχές, στις οποίες οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών ξεπερνούν κατά πολύ τα φυσιολογικά επίπεδα. Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα παγκόσμιο πρόβλημα, αφού οι ρύποι διασπείρονται σε όλη την ατμόσφαιρα, και σαν τέτοιο θα πρέπει να αντιμετωπίζεται.

Ο μηχανισμός της αέριας ρύπανσης, μπορεί να αποδοθεί με την ακόλουθη σχηματική παράσταση :



Η κατάταξη ατμοσφαιρικών ρύπων μπορεί να γίνει με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Αρχικά οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την προέλευσή τους. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι οποίοι δημιουργούνται από την ίδια τη φύση (γύροι και σπόροι φυτών, μόρια NaCl από την εξάτμιση της επιφάνειας των θαλασσών, σκόνη από θρυμματισμένο έδαφος, ηφαιστειακή σκόνη, άμμος των ερήμων κ.α.), ενώ στην δεύτερη κατηγορία οι ρύποι που αποτελούν προϊόν ανθρώπινης δραστηριότητας.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προέρχονται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου, παράγονται μέσα από τρεις διαδικασίες :

- α) την επιφανειακή τριβή,
- β) την εξάτμιση και
- γ) την καύση

Μια δεύτερη διάκριση των ρύπων με βάση την προέλευση τους, μπορεί να γίνει σε :

1. Πρωτογενείς ρύπους : Ως πρωτογενείς ρύποι χαρακτηρίζονται οι ρύποι, οι οποίοι ελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατευθείαν από διάφορες πηγές. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, κ.α.

2. Δευτερογενείς ρύπους : Ως δευτερογενείς ρύποι, χαρακτηρίζονται οι ρύποι, οι οποίοι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς ρύπους με χημικές αντιδράσεις που γίνονται, είτε μεταξύ τους είτε με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με την επίδραση κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν ρύποι όπως το όζον, οι οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες κ.α.

Οι αέριοι ρυπαντές χωρίζονται επίσης σε δύο γενικές κατηγορίες α) τα αέρια όπως το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, κ.α. και β) τα σωματίδια στα οποία περιλαμβάνεται κάθε είδους διασκορπισμένη ύλη, σε στερεή ή υγρή κατάσταση. Έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από αυτό ενός μορίου και μικρότερο από 500 μm. Σωματίδια τέτοιας τάξης μεγέθους μπορούν να παραμείνουν αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα από λίγα δευτερόλεπτα μέχρι αρκετούς μήνες ανάλογα με το μέγεθος τους.

Η κατάταξη των αιωρούμενων σωματιδίων γίνεται μόνο με βάση το μέγεθος τους, και όχι με βάση τη χημική ή βιολογική του σύσταση, τις οπτικές ή επιφανειακές ιδιότητες τους, την κίνηση, ή τέλος την προέλευση τους. Αυτό δε σημαίνει ότι όλα τα σωματίδια προκαλούν τις ίδιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αλλά ακόμα και αυτά που δεν περιέχουν επικίνδυνα (τοξικά) στοιχεία είναι ικανά να βλάψουν σοβαρά τον ανθρώπινο οργανισμό σε ορισμένες κοκκομετρικές. Η ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων με εύρος μεγέθους 0,1 έως περίπου 100 μm σε διάμετρο ονομάζεται TSP (Total Suspended Particulate Matter) και χρησιμοποιείται ως μονάδα κατάταξης των αερομεταφερόμενων σωματιδίων. Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 10 μm περιγράφονται με τον όρο PM-10. Η EPA (Environmental Protection Agency) έχει υιοθετήσει το PM-10 ως μονάδα κατάταξης, δεδομένου ότι μόνο τα σωματίδια

μικρότερα από 10 μm παρουσιάζουν σοβαρούς κινδύνους στην ανθρώπινη υγεία, επειδή το εξαιρετικά μικρό μέγεθος τους, τους επιτρέπει μέσω της αναπνοής να εισέρχονται και να κατακάθονται στα βαθύτερα σημεία των πνευμόνων του ανθρώπου.

Οι σημαντικότερες πηγές αιωρούμενων σωματιδίων είναι κάθε είδους καύση (καπνός), η καύση της βενζίνης που περιέχει πρόσθετα με βάση το μόλυβδο, οι βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου, εργασίες ψηγματοβολής και άλλες βιομηχανικές ενέργειες όπως επίσης και από δρόμους, εξορύξεις κ.α. Εκτός από την άμεση εκπομπή τους μπορούν να σχηματισθούν λεπτά σωματίδια στην ατμόσφαιρα όταν αέριοι ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου αντιδρούν μεταξύ τους.

6.3.2. Επίπεδα ρύπανσης και όρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα

Στις περισσότερες περιοχές που εμφανίζουν μεγάλη αστική ανάπτυξη και εν συνεχεία προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, γίνονται προσπάθειες για τον έλεγχο και τη μείωση της. Για να γίνει κάτι τέτοιο όμως, είναι απαραίτητη η κατανόηση του μεγέθους των ρύπων στο περιβάλλον, σε συνάρτηση με το χρόνο έκθεσης σε διάφορα επίπεδα συγκεντρώσεων του. Η μέτρηση όμως του μεγέθους των επιπτώσεων είναι αρκετά δύσκολη και πολύπλοκη.

Εξαιτίας των κινδύνων για τη δημόσια υγεία που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση, έχουν θεσπιστεί διεθνώς όρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, σε τέτοια επίπεδα συγκεντρώσεων και ρύπων, ώστε να αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις που επιφέρουν.

Η US – EPA έχει ορίσει δύο τύπους προδιαγραφών σε σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτές είναι α) οι βασικές προδιαγραφές, που έχουν να κάνουν με την προστασία της δημόσιας υγείας μέσα σε επαρκή όρια ασφαλείας συμπεριλαμβανομένων και των “ευαίσθητων” πληθυσμών όπως, τα παιδιά, τους ασθματικούς και τους γηραιότερους και β) οι δευτερεύουσες προδιαγραφές, που έχουν να κάνουν με την προστασία της δημόσιας ευπραγίας συμπεριλαμβανομένων της προστασίας έναντι στην μειωμένη ορατότητα, στα ζώα, στη βλάστηση και τα κτήρια. Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει τις προδιαγραφές αυτές.

Pollutant	Primary Stds.	Averaging Times	Secondary Stds.
Carbon Monoxide	9 ppm (10 mg/m ³)	8-hour ⁽¹⁾	None
	35 ppm (40 mg/m ³)	1-hour ⁽¹⁾	None
Lead	1.5 µg/m ³	Quarterly Average	Same as Primary
Nitrogen Dioxide	0.053 ppm (100 µg/m ³)	Annual (Arithmetic Mean)	Same as Primary
Particulate Matter (PM ₁₀)	Revoked ⁽²⁾	Annual ⁽²⁾ (Arith. Mean)	Revoked ⁽²⁾
	150 µg/m ³	24-hour ⁽³⁾	Same as Primary
Particulate Matter (PM _{2.5})	15.0 µg/m ³	Annual ⁽⁴⁾ (Arith. Mean)	Same as Primary
	35 µg/m ³	24-hour ⁽⁵⁾	Same as Primary
Ozone	0.08 ppm	8-hour ⁽⁶⁾	Same as Primary
	0.12 ppm	1-hour ⁽⁷⁾ (Applies only in limited areas)	Same as Primary
Sulfur Oxides	0.03 ppm	Annual (Arith. Mean)	-----
	0.14 ppm	24-hour ⁽¹⁾	-----
	-----	3-hour ⁽¹⁾	0.5 ppm (1300 µg/m ³)

⁽¹⁾ Not to be exceeded more than once per year.

⁽²⁾ Due to a lack of evidence linking health problems to long-term exposure to coarse particle pollution, the agency revoked the annual PM₁₀ standard in 2006

⁽³⁾ Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years.

⁽⁴⁾ To attain this standard, the 3-year average of the weighted annual mean PM_{2.5} concentrations from single or multiple community-oriented monitors must not exceed 15.0 µg/m³.

⁽⁵⁾ To attain this standard, the 3-year average of the 98th percentile of 24-hour concentrations at each population-oriented monitor within an area must not exceed 35 µg/m³

⁽⁶⁾ To attain this standard, the 3-year average of the fourth-highest daily maximum 8-hour average ozone concentrations measured at each monitor within an area over each year must not exceed 0.08 ppm.

⁽⁷⁾ The standard is attained when the expected number of days per calendar year with maximum hourly average concentrations above 0.12 ppm is ≤ 1 .

Πίνακας 6.1 : Επιτρεπόμενα επίπεδα ρύπων (US EPA), σχέση με το χρόνο

Στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 6.2) παρουσιάζονται τα επιτρεπόμενα όρια (N.I.O.S.H., 1998) στην ατμόσφαιρα για τα περισσότερα στοιχεία ή τις ενώσεις όλων των αποξεστικών μέσων ψηγματοβολής, σύμφωνα με το National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Administration (OSHA) και το American Conference of Governmental Hygienist (ACGIH).

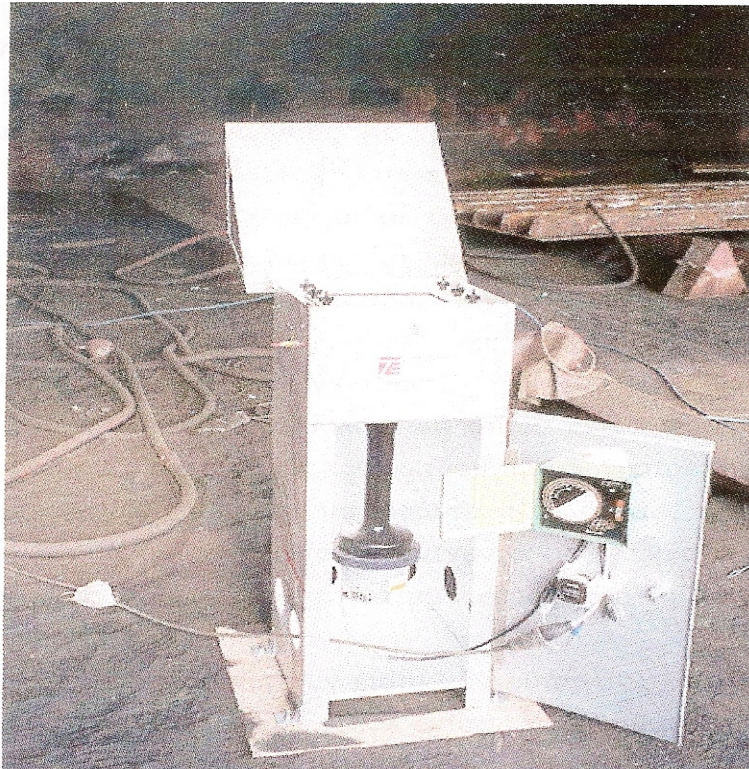
Στοιχείο ή ένωση	NIOSH (mg/m ³)	OSHA (mg/m ³)	AGGIH (mg/m ³)
Al ₂ O ₃		10	10
As	καρκινογόνο	0,01	0,2
Ba	0,5	0,5	0,5
Be	καρκινογόνο	0,002	0,002
CaO	2	5	2
C	3,5	3,5	3,5
Co	0,05	0,05	0,05
Cr (μεταλλικό)	0,5	1	0,5
Cu	1	1	1
SiO ₂ (κρυσταλλικό)	0,05	0,1	0,1
Fe ή Fe ₂ O ₃	5	10	5
Pb	0,1	0,05	0,15
Mg ή MgO	0	10	10
Mn	1	5	5
Mo	0	5	5 διαλυτό 10 αδιάλυτο
Ni	καρκινογόνο	0,1 αδιάλυτο 1 διαλυτό	0,1 αδιάλυτο 1 διαλυτό
P	0,1	0,1	0,1
Pt	0,002	0,002	0,002
Se	0,2	0,2	0,2
TiO ₂	καρκινογόνο	10	10
Yt	1	1	1
V	0,05	0,05	0,05
Zr	5	5	5

Πίνακας 6.2: Επιτρεπόμενα όρια επικίνδυνων στοιχείων/ενώσεων στην ατμόσφαιρα

6.3.3. Έλεγχος αέριας ρύπανσης

Με σκοπό να επιτευχθούν τα όρια που έχουν θεσπιστεί για κάθε ρύπο πρέπει να γίνεται αυστηρός έλεγχος και να εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της αέριας ρύπανσης. Ο έλεγχος της αέριας ρύπανσης πραγματοποιείται μέσω ειδικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για την δειγματοληψία των αέριων ρύπων και των σωματιδίων. Καλύτερα αποτελέσματα από την παρακολούθηση (monitoring) επιτυγχάνεται στις περιπτώσεις όπου γίνεται μέτρηση της συγκέντρωσης των ρυπαντών, τόσο σε καίρια σημεία, όσο και στα σημεία εξόδου τους.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των συνολικών αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιούνται δειγματολήπτες ελέγχου της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Ο πιο διαδεδομένος είναι ο High- Volume Air Sampler (Hi-Vol), ο οποίος φαίνεται στην Εικόνα 6.1 και λειτουργεί σύμφωνα με τις αναφορικές μεθόδους (reference methods) της U.S. EPA.



Εικόνα 6.1: High Volume Sampler

Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα μεταλλικό κέλυφος αλουμινίου, εντός του οποίου βρίσκεται τοποθετημένη μια ηλεκτρική αντλία και ένα πλαίσιο στήριξης του φίλτρου. Το πλαίσιο στήριξης του φίλτρου αποτελείται από δύο μέρη : ένα ανοξείδωτο πλέγμα και μια ανοικτή ορθογωνική μαντεμένη πλάκα με ελαστική φλάντζα. Το φίλτρο (glass-fiber ή Teflon-coated), διαστάσεων 20,3cm επί 25,4cm τοποθετείται ανάμεσα στο πλέγμα και τη φλάντζα της πλάκας. Όταν το σύστημα προσαρμογής του φίλτρου βιδώνεται στην κύρια μονάδα, μια δεύτερη κυκλική φλάντζα εξασφαλίζει την αποφυγή διαρροών αέρα.

Η αντλία προσροφά ατμοσφαιρικό αέρα με ρυθμό 1,132 m³/min (40cfm). Ο αέρας διέρχεται από το προζυγισμένο φίλτρο, που κατακρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια, και εξέρχεται από το κάτω μέρος της συσκευής. Η δειγματοληψία πραγματοποιείται για 24 ώρες. Στη συνέχεια το φίλτρο αφαιρείται και ξαναζυγίζεται. Η διαφορά μάζας του φίλτρου, πριν και μετά από τη μέτρηση, οφείλεται στα σωματίδια που έχουν κατακρατηθεί από αυτό. Επειδή ο συνολικός αέρας που έχει περάσει από το φίλτρο είναι γνωστός, υπολογίζεται η μέση συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων σε μg/m³. Σημειώνεται, επίσης, ότι υπάρχει δυνατότητα πραγματοποίησης χημικής ανάλυσης για τον προσδιορισμό της σύστασης του κονιορτού.

Οι δειγματολήπτες Hi-Vol παράγονται με δύο διαφορετικούς τύπους κεφαλών εισαγωγής του ατμοσφαιρικού αέρα : α) τις κεφαλές TSP (Total Suspended Particulate) που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των ολικά αιωρούμενων σωματιδίων, μέγεθος $-40\mu\text{m}$ και β) τις κεφαλές PM-10 για το εισπνεύσιμο κλάσμα των σωματιδίων ($-10\mu\text{m}$).

Η επιλογή της θέσης των δειγματοληπτών όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι πολύ σημαντικό στοιχείο και ο σχεδιασμός του δικτύου των δειγματοληπτών στοχεύει :

- Στον προσδιορισμό των αντιπροσωπευτικών και των υψηλότερων συγκεντρώσεων αέριας ρύπανσης που αναμένονται στην περιοχή.
- Στην εκτίμηση της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας από τη συγκεκριμένη πηγή (εργασίες ψηγματοβολής στη συγκεκριμένη περίπτωση).
- Στην εκτίμηση της συσχέτισης των επιπέδων ρύπανσης από τη συγκεκριμένη πηγή με άλλες κρίσιμες παραμέτρους (π.χ. ένταση και διεύθυνση των ανέμων).
- Στην εκτίμηση των επιπτώσεων της αέριας ρύπανσης στη βάση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της περιοχής.
- Στον καθορισμό δέσμης μέτρων για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

6.3.3.1. Μέθοδος υπολογισμού σωματιδίων TSP

Η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα TSP υπολογίζεται από τον τύπο :

$$TSP = \frac{(W_F - W_I) * 10^6}{V} (\mu g / m^3)$$

όπου : TSP : συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων σωματιδίων ($\mu g / m^3$)
 W_F : Αρχικό ξηρό βάρος φίλτρου (g)
 W_I : Τελικό ξηρό βάρος φίλτρου (g)
 V : Όγκος αέρα (m^3)

Ο συνολικός όγκος αέρα που πέρασε από το φίλτρο δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$V = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N} * T (m^3)$$

όπου : $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_N$: Οι διάφορες τιμές ροής του αέρα (m^3 / min)
 V : Όγκος αέρα (m^3)
 T : Χρόνος δειγματοληψίας (min)

Τα $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_N$ υπολογίζονται από τον τύπο $Q = a * \Delta P^b$

όπου : Q : Η ροή που διέρχεται από το φίλτρο (m^3 / min)
 ΔP : Διαφορά ύψους σε inches νερού από την πίεση στο εσωτερικό του κινητήρα του δειγματολήπτη
 a, b : Σταθερές για κάθε κατασκευή

Η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται από την ακρίβεια ζύγισης και της μέτρησης του όγκου αέρα.

6.3.4. Αέρια ρύπανση από ψηγματοβολή

Το μεγάλο μειονέκτημα της βιομηχανίας της ψηγματοβολής, είναι η δημιουργούμενη αερομεταφερόμενη σκόνη στο χώρο της εργασίας και η οποία μπορεί να μεταφερθεί και μεγάλες αποστάσεις δημιουργώντας προβλήματα. Οι επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης ταξινομούνται σε κατηγορίες που αφορούν επιπτώσεις α) στα υλικά, β) στη βλάστηση και γ) στην ανθρώπινη υγεία (Καλιαμπάκος, 1996):

α)Επιπτώσεις στα υλικά.

Η προσβολή των υλικών από τη σκόνη πραγματοποιείται με πέντε μηχανισμούς: την απόξεση, την εναπόθεση, την άμεση και έμμεση χημική προσβολή και την ηλεκτροχημική διάβρωση.

Τα σωματίδια που έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος και μεταφέρονται με μεγάλη ταχύτητα μπορούν να προκαλέσουν απόξεση στις επιφάνειες αυτοκινήτων, κτιρίων κ.λπ. Πάντως, τα σωματίδια που προέρχονται από μη φυσικές πηγές ρύπανσης έχουν, συνήθως, μικρό μέγεθος και χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς.

Τα πολύ μικρά υγρά ή στερεά σωματίδια, εκτός από την άσχημη εντύπωση που δημιουργούν όταν εναποτίθενται πάνω στις επιφάνειες, προσβάλλουν χημικά τα οικοδομικά υλικά, τα χρώματα, τα ρούχα, κ.λπ., με έμμεσες οικονομικές συνέπειες, δεδομένου ότι απαιτείται π.χ. συχνότερος καθαρισμός και βάψιμο κτιρίων, πλύσιμο ρούχων που προκαλεί γρηγορότερη φθορά, κ.λπ.

Η έμμεση χημική προσβολή προκαλείται από την απορρόφηση τεμαχιδίων σκόνης από ορισμένα υλικά. Τα τεμάχια αυτά αντιδρούν παρουσία συγκεκριμένων ουσιών, που δρουν ως καταλύτες, και λειτουργούν καταστροφικά για το υλικό.

Η ηλεκτροχημική διάβρωση αφορά κυρίως μέταλλα, λόγω των αναπτυσσόμενων μικροσκοπικών ανοδικών και καθοδικών κέντρων στη μεταλλική επιφάνεια.

β)Επιπτώσεις στη βλάστηση.

Τα φύλλα των δέντρων είναι από τους κύριους δείκτες ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ζημιά που προκαλείται στα φυτά σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του ρύπου. Οι επιπτώσεις στα φύλλα επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών και των καρπών τους, με αποτέλεσμα αυτό να είναι ζημιογόνο για τους αγρότες. Επιπλέον, με την καταστροφή των φυτών μειώνεται η διαθέσιμη τροφή για τα φυτοφάγα ζώα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα σε ολόκληρη τη διατροφική αλυσίδα.

γ)Επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον ανθρώπινο οργανισμό δεν μπορούν να εκτιμηθούν απόλυτα λόγω του ότι εκτίθεται ταυτόχρονα και σε άλλους επικίνδυνους ρύπους. Πάντως, αρκετές μελέτες σε διεθνές επίπεδο έχουν καταλήξει με ικανοποιητική ακρίβεια στις συνέπειες που έχει μακροχρόνια ή βραχυχρόνια η έκθεση του ανθρώπου σε επικίνδυνους ρύπους.

Η προσβολή του ανθρώπινου οργανισμού από τους αέριους ρύπους πραγματοποιείται διαμέσου του αναπνευστικού συστήματος. Ο βαθμός διεύδυσης των σωματιδίων στην κατώτερη αναπνευστική περιοχή (πνεύμονες και τους βρόγχους), εξαρτάται, κύρια από το μέγεθος των σωματιδίων και το ρυθμό αναπνοής.

Υπάρχει αντικειμενική αδυναμία να αποφευχθεί πλήρως η έκθεση στη σκόνη, εφόσον δεν υπάρχει σήμερα προστατευτικός εξοπλισμός ικανός να αποτρέψει τη διεύδυση του συνόλου των σωματιδίων. Έτσι, τα μεγαλύτερα σωματίδια συγκεντρώνονται στο λαιμό, στα μάτια και στη μύτη και αποτελούν σοβαρή

ενόχληση παρά τοξικό κίνδυνο, τα σωματίδια με μέγεθος μικρότερο των 10 μm (PM-10) είναι εκείνα που προκαλούν τη σοβαρότερη ζημιά –ανεξάρτητα από τη φύση τους- γιατί έχουν την ικανότητα να φθάνουν στα βάθη του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος, όπου προκαλούν σοβαρές και ανεπανόρθωτες βλάβες στους πνεύμονες (συνήθως πνευμονοκονιάσεις ή άσθμα ή ακόμα και καρκίνο στους πνεύμονες). Τα σωματίδια αυτά είναι επικίνδυνα ακόμα και αν δεν περιέχουν τοξικές ουσίες. Στην περίπτωση όμως που περιέχουν βλαβερά χημικά συστατικά γίνονται περισσότερο επικίνδυνα.

Η αντιμετώπιση του κινδύνου αυτού, αφορά αφενός στην προσπάθεια βελτιστοποίησης του αναπνευστικού και γενικότερα του προστατευτικού εξοπλισμού των εργαζομένων και αφετέρου, στην μείωση της ποσότητας της δημιουργούμενης λεπτόκοκκης σκόνης.

Η δημιουργία κονιορτού στο χώρο της ανοικτής ξηρής ψηγματοβολής είναι μεν αναπόφευκτη, όμως η πυκνότητα και ο βαθμός επικινδυνότητας του μίγματος του κονιορτοποιημένου αποξεστικού, ακαθαρσιών, σκουριάς και παλιών χρωμάτων, εξαρτάται κυρίως από τα φυσικο-χημικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιημένου αποξεστικού. Σε πολλές περιπτώσεις έχουν σημειωθεί σε ορισμένες περιοχές, υπερβολικά υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων για χρονικές περιόδους από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες. Το αποτέλεσμα ήταν τα αποκαλούμενα “επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης”. Κατά την διάρκεια ενός επεισοδίου, τα άτομα τα οποία αντιμετωπίζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι εκείνα που ανήκουν στις λεγόμενες ευπαθείς ομάδες. Σε αυτές ανήκουν παιδιά, ηλικιωμένοι, άτομα που έχουν κλονισμένη υγεία και άτομα που αντιμετωπίζουν χρόνια αναπνευστικά προβλήματα.

Παρά το γεγονός ότι οι επιδράσεις ενός ατμοσφαιρικού επεισοδίου είναι σημαντικές, ίσως περισσότερες να είναι οι μακροχρόνιες επιδράσεις πάνω σε πληθυσμούς που κατοικούν σε μολυσμένες περιοχές. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει δυσκολία να επιτευχθεί μια ποσοτική έκφραση μεταξύ της μακροχρόνιας έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση και των επιδράσεων που προκαλεί στην υγεία του ανθρώπου. Έτσι απαιτούνται πολύχρονες κλινικές, επιδημιολογικές μελέτες για να εξαχθούν συμπεράσματα και να αναπροσαρμοστούν τα υπάρχοντα επίπεδα συγκεντρώσεων των ρύπων, ώστε να διασφαλίζεται η δημόσια υγεία.

Συνεπώς, οι εργαζόμενοι στις ναυπηγοεπισκευαστικές ζώνες, ακόμη και να ληφθούν όλα τα δυνατά προστατευτικά μέτρα, εξακολουθούν να εκτίθενται σε αυτά τα υψηλά επίπεδα επικίνδυνων ουσιών με αποτέλεσμα την εμφάνιση ασθενειών όπως π.χ. η σιλίκωση, η χαλκίωση, η μολυβδίαση, κ.α.

Όσον αφορά τη σιλίκωση (NIOSH, 2002), ασθένεια λόγω της παρουσίας του κρυσταλλικού πυριτίου στην πυριτική άμμο, παλαιότερα αποτελούσε πολύ συχνή ασθένεια μεταξύ των εργαζομένων. Σήμερα έχει απαγορευτεί η παρουσία του κρυσταλλικού πυριτίου ως συστατικό στα αποξεστικά μέσα και όπου υπάρχει είναι καλύτερο να παραμένει σε ποσοστό κάτω από το 1%.

Η πυριτίαση (ή σιλίκωσης) είναι μια ασθένεια των πνευμόνων, δυνητικά θανατηφόρα, που προκαλείται από την εισπνοή σκόνης που περιέχει εξαιρετικά λεπτά σωματίδια κρυσταλλικού πυριτίου, τα οποία εισχωρώντας στο σώμα καταστρέφουν τους πνεύμονες. Επίσης μπορεί να οδηγήσει σε βλάβη της καρδιάς και σε άλλες ασθένειες όπως φυματίωση και βρογχίτιδα. Δεν υπάρχει θεραπεία για την πυριτίαση αλλά είναι 100% προβλέψιμη αν οι εργοδότες, οι εργαζόμενοι και οι υπεύθυνοι υγείας συνεργαστούν για να μειώσουν την έκθεση στο κρυσταλλικό πυρίτιο.

Η σιλίκωσης παρουσιάζει τα εξής συμπτώματα: Αρχικά μπορεί να μην υπάρχουν συμπτώματα. Στην περίπτωση της χρόνιας σιλίκωσης μπορεί να μην

υπάρχουν συμπτώματα και μετά από 15 και 20 χρόνια έκθεσης. Σε αυτή την περίπτωση, ο μόνος σίγουρος τρόπος για να προσδιορίσει κάποιος αν πάσχει από την ασθένεια είναι με ιατρικές εξετάσεις. Αργότερα μπορεί να υπάρχει σύντομη και δύσκολη αναπνοή και ίσως βήχας, κόπωση, ανορεξία, πόνοι στο στήθος. Μολυσματικές περιπλοκές μπορεί να προκαλέσουν πυρετό, απώλεια βάρους και ιδρώτα την νύχτα.

Οι εργαζόμενοι που έχουν εκτεθεί σε κρυσταλλικό πυρίτιο μπορεί να αναπτύξουν τρεις τύπους πυριτίωσης (ή σιλίκωσης), σε σχέση με το μέγεθος των σωματιδίων που έχουν εισπνεύσει, την συγκέντρωση της σκόνης και την διάρκεια της έκθεσης :

1. Οξεία πυριτίαση: Έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις κρυσταλλικού πυριτίου για σύντομες χρονικές περιόδους έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη της οξείας πυριτίωσης. Συμπτώματα μπορεί να παρουσιαστούν μετά από λίγες εβδομάδες έκθεσης μέχρι και μετά από 5 χρόνια. Η οξεία πυριτίαση εξελίσσεται γρήγορα σε θανατηφόρα. Πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμη και υλικά που περιέχουν μικρές ποσότητες κρυσταλλικού πυριτίου είναι επικίνδυνες εάν χρησιμοποιούνται με τρόπους που δημιουργούν υψηλές συγκεντρώσεις σκόνης.
2. Αύξουσα πυριτίαση: Αναπτύσσεται από έκθεση σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις σκόνης μετά από 5-15 χρόνια έκθεσης.
3. Χρόνια πυριτίαση: Ο πιο συνηθισμένος τύπος της ασθένειας, συνήθως χρειάζεται πάνω από 10 ή περισσότερα χρόνια για να αναπτυχθεί μετά από έκθεση σε χαμηλή συγκέντρωση σκόνης.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, 2.631.000 νέα περιστατικά χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων ετησίως οφείλονται στην έκθεση των εργαζομένων σε επικίνδυνες ουσίες. Από έρευνες στη Γαλλία εκτιμάται ότι 5-10% του συνόλου των περιστατικών άσθματος σχετίζονται με την εργασία. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, εκδηλώνονται έως 3000 νέα περιστατικά επαγγελματικού άσθματος το χρόνο.

Εκτός βέβαια, από το άσθμα η μακροχρόνια έκθεση στην ψηγματοβολή μπορεί να προκαλέσει καρκινώματα που σύμφωνα με το Institut de Ville Sanitaire, τουλάχιστον 4% των καρκινωμάτων προκαλούνται στο χώρο εργασίας – ποσοστό που αντιστοιχεί σε 10.000 νέα περιστατικά μόνο στη Γαλλία.. Ένα από τα συνηθέστερα καρκινώματα που οφείλονται στην εργασία είναι και ο καρκίνος της ρινικής κοιλότητας από τη σκόνη του ξύλου αλλά και το νικέλιο, στοιχείο το οποίο εμφανίζεται στις ψηγματοβολές. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα παραπάνω στοιχεία έχουν να κάνουν με την παγκόσμια κοινότητα. Παρόλα αυτά αφορά και την Ελλάδα διότι η χρήση της ψηγματοβολής είναι μεγάλη και στη χώρα μας.

6.4. Επιπτώσεις από τα παραγόμενα απόβλητα

6.4.1. Θαλάσσια ρύπανση από λειτουργικές απορρίψεις των εμπορικών πλοίων

Ως λειτουργική ρύπανση θα ορίσουμε την οποιαδήποτε - μη ατυχηματικής μορφής - ρύπανση που προξενεί στο θαλάσσιο περιβάλλον η συνήθης λειτουργία ενός εμπορικού πλοίου (Αλεξόπουλος Α.Β, 2005). Η λειτουργική ρύπανση είναι δυνατό να αναζητηθεί σε κάθε φάση του κύκλου της ζωής ενός πλοίου, δηλαδή στην αρχή (κατασκευή ή κτίσιμο του πλοίου), στην κανονική οικονομική του ζωή (συντηρήσεις

και επισκευές, φορτοεκφορτώσεις, μεταγίσεις καυσίμων, ερματισμός) και στο τέλος (διάλυση του πλοίου).

Είναι γνωστό ότι το υδάτινο στοιχείο κυριαρχεί στη ζωή αφού οι θάλασσες καλύπτουν το 71% της γης, το 80% των ζωντανών οργανισμών βρίσκονται και κατοικούν στη θάλασσα, το 70% του οξυγόνου προσφέρεται από τη θάλασσα, οι ωκεανοί καλύπτουν έκταση 361x 106 km² άνισα κατανεμημένη στα δύο ημισφαίρια.

Από τη θάλασσα ο άνθρωπος αντλεί φυσικούς πόρους (ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, ορυκτό πλούτο), χρησιμοποιεί ενέργεια από τα κύματα και τις θαλάσσιες θερμικές πηγές, τοποθετεί εγκαταστάσεις για την εκμετάλλευση της, λ.χ. πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου, αγωγοί, σήραγγες, χώροι εναποθήκευσης, τεχνητά νησιά, πλέοντα αεροδρόμια, σταθμοί πυρηνικής ενέργειας.

Άλλες χρήσεις του θαλασσίου περιβάλλοντος από τον άνθρωπο είναι η διαμόρφωση λιμένων, η αφαλάτωση του νερού, η αναψυχή και ο τουρισμός, η αρχαιολογική και πολιτιστική έρευνα, αλλά και η απόρριψη λυμάτων, καταλοίπων και άλλων ρυπογόνων στοιχείων. Είναι δέον να αναφέρουμε ότι η θαλάσσια ρύπανση δεν μπορεί πλέον να θεωρηθεί ως μία ανεμπόδιστη χρήση της ελευθερίας των θαλασσών.

Η αλήθεια είναι ότι υπήρξε μεγάλη αργοπορία στην καθιέρωση διεθνών κανονισμών ελέγχου της θαλάσσιας ρύπανσης. Όσο αυξάνεται η θαλάσσια ρύπανση τόσο αυξάνεται και το κόστος καταπολέμησης της και ελαχιστοποιείται η ωφέλεια που αποκομίζει η παγκόσμια κοινότητα από την αντιμετώπιση της θαλάσσιας ρύπανσης.

Όστόσο η σταδιακή γνώση και εμπειρία που απέκτησε η διεθνής κοινότητα αλλά και ξεχωριστά τα διάφορα κράτη, οδήγησαν ώστε σήμερα να υπάρχει η δυνατότητα, σε κάποιο επιθυμητό βαθμό, να αντιμετωπιστούν τα περιστατικά ρύπανσης με απώτερο σκοπό την προστασία των υδάτων.

6.4.2. Επιπτώσεις από τα απόβλητα από την ψηματοβολή

Σύμφωνα με το ΥΠΕΧΩΔΕ (Greenpeace, 2000), τα τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα (στερεά και λάσπες) που παράγονται στην Ελλάδα ανέρχονται σε 280.000 τόνους το χρόνο. Στις ποσότητες αυτές δεν περιλαμβάνονται όμως απόβλητα που κατά το ΥΠΕΧΩΔΕ "ανακυκλώνονται", χρησιμοποιούνται δηλαδή για το μπάζωμα δρόμων ή ως πρόσθετα σε τσιμέντα. Αν μάλιστα προσθέσει κανείς και απόβλητα που χρήζουν ειδικής προσοχής και διαχείρισης, όπως είναι π.χ. οι σκουριές από την εκμετάλλευση του σιδηρονικελίου (2.000.000 τον/χρόνο), ο φωσφογύψος από τις βιομηχανίες λιπασμάτων (1.000.000 τον/χρόνο) και η ιπτάμενη τέφρα από την καύση του λιγνίτη (9.320.000 τον/χρόνο), αλλά και τους 4.500.000 tons/χρόνο οικιακών απορριμμάτων, τότε αναφερόμαστε στη διαχείριση 18-20 εκατ. τόνων στερεών και ημίρρευστων αποβλήτων ετησίως.

Το 40% περίπου των τοξικών και επικίνδυνων βιομηχανικών αποβλήτων παράγονται στην περιοχή της Αττικοβοιωτίας, το 30% στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, και το υπόλοιπο 30% τις υπόλοιπες βιομηχανικές περιοχές της χώρας.

Η παρακάτω λίστα δίνει τη γκάμα των μεθόδων "διαχείρισης" των επικίνδυνων αποβλήτων:

- Θάψιμο μαζί με τα σκουπίδια σε χωματερές
- Διάθεση στο έδαφος
- Προσωρινή αποθήκευση στο χώρο παραγωγής
- Διάθεση σε ορυχεία, μεταλλεία
- Πρόσθετα σε τσιμέντα
- Καύση

- Ως "αδρανή" για μπάζωμα δρόμων
- Πόντιση στη θάλασσα

6.4.2.1. Η περίπτωση των αποβλήτων της Λάρκο

Οι μεταλλουργικές εγκαταστάσεις της ΛΑΡΚΟ Α.Ε. βρίσκονται στο ΝΑ σκέλος του όρμου της Λάρυμνας στον Βόρειο Ευβοϊκό. Στο εργοστάσιο αυτό κατεργάζονται νικελιούχα λατερικά κοιτάσματα, τα οποία προέρχονται από τα αντίστοιχα μεταλλεία του Αγ. Ιωάννη Βοιωτίας και της κεντρικής Εύβοιας. Το παραγόμενο προϊόν είναι κράμα σιδηρονικελίου το οποίο εξάγεται σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και το οποίο χρησιμοποιείται για παραγωγή ανοξείδωτου χάλυβα.

Σύμφωνα με την προσέγγιση του ΥΠΕΧΩΔΕ τα παραγόμενα επικίνδυνα απόβλητα από την πυρομεταλλουργική επεξεργασία σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων ανέρχονται σε 85.300 τόνους ετησίως. Ένα τμήμα "εξάγεται για ανακύκλωση και ένα άλλο χρησιμοποιείται σαν υλικό αμμοβολής αφού πρώτα υποστεί κατάλληλη επεξεργασία ενώ η ποσότητα που υπολείπεται διατίθεται μαζί με την δεσμευμένη σκόνη σε κατάλληλο χώρο εντός του εργοστασίου όπου λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να διασφαλίζεται η προστασία του περιβάλλοντος".

Το τελικό προϊόν της μονάδας είναι σιδηρονικέλιο σε κοκκοποιημένη μορφή. Ως παραπροϊόντα της παραγωγικής διαδικασίας προκύπτουν σκουριές (από τις ηλεκτροκαμίνους και τη μονάδα μεταλλακτών). Οι σκουριές των ηλεκτροκαμίνων, οι οποίες σύμφωνα με στοιχεία του ΥΠΕΧΩΔΕ ανέρχονται σε περίπου 2 εκατ. τόνους ετησίως.

Μέρος της σκουριάς της ΛΑΡΚΟ, όπως αναφέραμε πιο πάνω, πωλείται για υλικό αμμοβολής (για να καταλήξει εμμέσως και πάλι στη θάλασσα) ή ως πρόσθετο στην τσιμεντοβιομηχανία. Η ποσότητα που διατίθεται ετησίως γι' αυτές τις χρήσεις είναι, σύμφωνα με τη ΛΑΡΚΟ, περίπου 700.000 τόνοι. Η υπόλοιπη σκουριά (περίπου 1,3 εκατ. τόνοι ετησίως) φορτώνεται σε ειδικά πλοία και απορρίπτεται σε καθορισμένη περιοχή του Β. Ευβοϊκού εδώ και 40 χρόνια κατά παράβαση διεθνών συνθηκών που έχει υπογράψει η χώρα μας. Αν και η απόρριψη στη θάλασσα θα έπρεπε να έχει σταματήσει τουλάχιστον εδώ και μια δεκαετία, η ΛΑΡΚΟ εξασφάλισε νέα άδεια έως τα τέλη του 2007.

Η πόντιση της τοξικής σκουριάς στον Β. Ευβοϊκό αποτελεί την κύρια πηγή διοχέτευσης βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στα αιωρούμενα σωματίδια του νερού του όρμου, ενώ η λεπτόκοκκη φάση της σκουριάς, τα αέρια και η σκόνη από τις καπνοδόχους του εργοστασίου, συμπληρώνουν την επιβάρυνση του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τη ΛΑΡΚΟ, η πόντιση της σκουριάς στη θάλασσα δεν εγκυμονεί κινδύνους. Η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ΛΑΡΚΟ, αναφέρει χαρακτηριστικά:

"Όπως έχει αποδειχθεί το υλικό είναι αδρανές, δεν μολύνει την περιοχή ούτε επιφέρει άλλου είδους ζημιές".

Η αλήθεια όμως είναι τελείως διαφορετική. Με στόχο να διαπιστωθεί η επικινδυνότητα από την απόρριψη τεραστίων ποσοτήτων τοξικής σκουριάς στον Β. Ευβοϊκό, το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ) είχε αναλάβει, ήδη από το 1984, την παρακολούθηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον. Σε έκθεσή του το 1998, το ΕΚΘΕ αναφέρει επί λέξει:

"Συμπερασματικά, η απόρριψη σκουριάς στα βενθικά οικοσυστήματα της περιοχής έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ποικιλότητα και αφθονία ειδών των βιοκοινωνιών".

"Όπως αναφέρθηκε και σε παλαιότερες μελέτες η επίδραση της απόρριψης της σκουριάς στις βενθικές βιοκοινωνίες προκαλεί την μετατροπή του φυσικού βιοτόπου και τη μηχανική ταφή των οργανισμών".

"Η μελέτη προσδιορισμού χρωμίου, νικελίου και σιδήρου σε βενθοπελαγικούς πληθυσμούς ψαριών και άλλων αλιευμάτων της περιοχής μελέτης έδειξε ότι οι μέσες τιμές των μετάλλων στη σάρκα των αλιευμάτων ήταν πάντοτε υψηλότερες στους οργανισμούς της περιοχής απόρριψης της σκουριάς. Επίσης η συχνότητα εμφάνισης υψηλών τιμών ήταν υψηλή στην περιοχή απόρριψης. Οι συγκεντρώσεις μετάλλων που προσδιορίστηκαν σε κάθε είδος εμφάνισαν υψηλή διασπορά, φαινόμενο που υποδηλώνει ασταθή και επιβαρυνμένα περιβάλλοντα. Η πρόσχωση αυτή με σκουριά, προκάλεσε εμπλουτισμό των επιφανειακών ιζημάτων του εσωτερικού ορμίσκου με εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων Fe, Cr, Ni, Co, Mn, Zn, Pb, Cu κ.α. Επίσης εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις τόσο διαλυτού όσο και σωματιδιακού Fe και Ni και διαλυτού Mn βρέθηκαν στο θαλασσινό νερό στον όρμο της Λάρυμνας".

"Μελέτη της σύνθεσης και της κατανομής του ζωοπλαγκτού στη ρηχή περιοχή του όρμου της Λάρυμνας που δέχεται την πολύ λεπτή κονιορτοποιημένη σκουριά έδειξε την εικόνα μιας οικολογικά υποβαθμισμένης περιοχής ειδικά το καλοκαίρι με τη στρωματοποίηση των νερών".

"Υψηλά επίπεδα βιοσυσσώρευσης βαρέων μετάλλων (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn) μετρήθηκαν σε βενθικούς ζωικούς οργανισμούς της παραλιακής και υποπαραλιακής ζώνης".

"Η δυνατότητα πλήρους επανάκαμψης στην κατάσταση ισορροπίας μιας βενθικής βιοκοινωνίας που διαταράχθηκε από απόρριψη σκουριάς δεν ήταν δυνατόν να εξακριβωθεί, ωστόσο τα στοιχεία έδειξαν ότι ο ρυθμός βελτίωσης μιας βιοκοινωνίας είναι πολύ αργός".

Και η έκθεση του ΕΚΘΕ καταλήγει:

"Με βάση τα παραπάνω θεωρούμε ότι η απόρριψη σκουριών δεν θα πρέπει να γίνεται στο θαλάσσιο αποδέκτη και πρέπει να αναζητηθούν λύσεις για τη μη απόρριψη της σκουριάς στη θάλασσα".

Σύμφωνα με μια αξιολογη πρόταση της Greenpeace, η βέλτιστη λύση θα ήταν η σκουριά να απαλλαχθεί από τοξικά μέταλλα πριν την ενδεχόμενη αξιοποίησή της. Η απομάκρυνση των πιο τοξικών μετάλλων από μεταλλουργικά απόβλητα είναι τεχνολογικά δυνατή. Έχει τα πλεονεκτήματα ότι τα μέταλλα ανακτώνται σε εξαιρετικά καθαρή μορφή και άρα είναι και οικονομικά εκμεταλλεύσιμα, ενώ το παραπροϊόν αυτής της επιπλέον διαδικασίας καθαρισμού είναι σκουριές απαλλαγμένες από τοξικές ουσίες, οι οποίες θα μπορούσαν να βρουν μια σειρά από εφαρμογές ως αδρανές πλέον υλικό.

Μάλιστα η ΛΑΡΚΟ σύμφωνα με αναφορά της Greenpeace έχει κατηγορηθεί από τον τύπο γιατί δεν επέδειξε ενδιαφέρον για την εφαρμογή της υδρομεταλλουργικής μεθόδου παραγωγής νικελίου, μιας μεθόδου που αναπτύχθηκε από Έλληνες επιστήμονες και είναι σαφώς φιλικότερη προς το περιβάλλον.

Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η απόρριψη εκατομμυρίων τόνων μεταλλευτικών σκουριών στον Β. Ευβοϊκό επιβαρύνει το περιβάλλον και τη θαλάσσια ζωή και αποτελεί εν δυνάμει κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Δεν υπάρχει επίσης καμία αμφιβολία ότι η απόρριψη αυτή γίνεται κατά παράβαση των Διεθνών Συμβάσεων που έχει υπογράψει η Ελλάδα και οι οποίες αποτελούν πλέον νόμους του κράτους. Σύμφωνα με αυτές τις συμβάσεις για την Πρόληψη της Θαλάσσιας Ρύπανσης από Απόρριψη Καταλοίπων και Άλλων Υλών (γνωστή ως Πρωτόκολλο της Σύμβασης του Λονδίνου του 1996) απαγορεύει ρητά την πόντιση (δηλαδή την απόρριψη με πλοία) οποιουδήποτε υλικού στη θάλασσα, πλην πολύ συγκεκριμένων εξαιρέσεων.

Σύμφωνα λοιπόν με την ισχύουσα νομοθεσία, η απόρριψη των σκουριών της ΛΑΡΚΟ θα έπρεπε να είχε σταματήσει από 1.1.96.

Παρόλα αυτά, σύμφωνα με πρόσφατο άρθρο της εφημερίδας “Καθημερινής” (29 Απριλίου 2007), ΛΑΡΚΟ και Πολιτεία δεν μπόρεσαν να συνεχίσουν για πολύ το περιβαλλοντικό έγκλημα του μπαζώματος της θάλασσας, και αναζήτησαν χώρο χερσαίας απόθεσης σε μια πλαγιά δίπλα στο εργοστάσιο, υποβαθμίζοντας, έτσι, βίαια την ποιότητα ζωής των κατοίκων της περιοχής. Η λύση αυτή εμπεριέχει κινδύνους ρύπανσης του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα (που επικοινωνεί με τις πηγές της Λάρυμνας). Επίσης δίπλα υπάρχουν αρχαιολογικά σημεία. Στο ίδιο άρθρο ο αναπληρωτής καθηγητής του ΕΜΠ κ. Δημήτριος Καλιαμπάκος αναφέρει χαρακτηριστικά (Εφημερίδα Καθημερινή, 2007) ότι η αισθητική καταστροφή είναι πολύ σημαντική ζημιά για μια περιοχή. Και συμπληρώνει, “Επιπλέον η σκουριά της ΛΑΡΚΟ περιέχει πολλά βαρέα μέταλλα, τα οποία κάτω από ειδικές συνθήκες μπορεί να διαφύγουν στο οικοσύστημα. Στις περιπτώσεις που δεν είμαστε σίγουροι για το τελικό αποτέλεσμα, πρέπει να ακολουθούμε την Αρχή της Πρόληψης”.

Σε λύση του προβλήματος αυτού, το ΕΜΠ, έχει καταθέσει μελέτη των καθηγητών του για αξιοποίηση παλιών μεταλλίων για απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων. Είναι, επίσης, φυσικό οι κάτοικοι της περιοχής να αντιδρούν έντονα με αυτή την απόφαση. Χαρακτηριστικά αναφέρουν με πόνο, “Οι δρόμοι, τα σπίτια μας, τα σωθικά μας είναι γεμάτα σκόνη. Μερικές φορές στη σκόνη υπάρχουν κάτι μικρά κομματάκια σαν γυαλάκια”. Οι καταγγελίες για αυξημένη παθογένεια και θνησιμότητα βρίσκονται παντού, μαζί με την έντονη δυσσομία. Το νερό του κόλπου της Λάρυμνας είναι ιδιαίτερα επιβαρημένο, κι όμως τέσσερις - πέντε μεγάλες ιχθυοκαλλιέργειες λειτουργούν μέσα στον κόλπο.

Άξια αναφοράς, όσον αφορά τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τα απόβλητα των εργασιών της ψηματοβολής, είναι η έρευνα της Greenpeace στην οποία συλλέγονται στοιχεία για τη συσσώρευση σε θαλάσσιους οργανισμούς των τοξικών μετάλλων, που περιέχονται στα υποπροϊόντα της ΛΑΡΚΟ, με στόχο να διαπιστωθεί αν υπάρχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών από τη χρόνια κατανάλωση θαλασσινών που αλιεύονται στην περιοχή.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα τοξικά βαρέα μέταλλα νικέλιο, χρώμιο, κάδμιο και υδράργυρο καθώς και του σιδήρου που έχουν ανιχνευτεί σε αρκετά υψηλά επίπεδα σε πολλούς θαλασσινούς οργανισμούς (ψάρια, καρκινοειδή και μαλάκια) της περιοχής. Τα επίπεδα αυτών των τοξικών μετάλλων προσδιορίστηκαν από διάφορες έρευνες που πραγματοποίησε το ΕΚΘΕ (Παπαθανασίου et al 1993, ΕΚΘΕ 1985, 1989, 1998) και το ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος (Φλώρου και Κρητίδης 1990).

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κινδύνου από την κατανάλωση θαλασσινών, είναι αυτή της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος (US-EPA) η οποία έχει εφαρμοστεί σε όλες τις αντίστοιχες εθνικές μελέτες στη χώρα αυτή (EPA 1986, 1989a, 1989b, 1992 Valaoras et al 1991). Η

μεθοδολογία αυτή εξετάζει το μακροχρόνιο ρίσκο από τη χρόνια κατανάλωση ψαριών, καθορίζοντας για κάθε τοξική ουσία μια “δόση αναφοράς”(Reference dose, Rfd), ένα όριο δηλαδή, πάνω από το οποίο εκτιμάται ότι υπάρχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία.

Εξετάζοντας το ρίσκο για καθένα από τα προαναφερθέντα βαρέα μέταλλα παρατηρείται ότι η καταναλισκόμενη ποσότητα αυτών, τις περισσότερες των περιπτώσεων, υπερβαίνει το όριο ακόμα και για το μέσο καταναλωτή.

Προφανής είναι, λοιπόν, η μόλυνση του περιβάλλοντος από τα στερεά απόβλητα της ψηγματοβολής αφού κατά την διάρκεια αυτής, προϊόντα οξείδωσης (σκουριές), παλαιά χρώματα και προϊόντα βιολογικής ρύπανσης που αποσπώνται από τις μεταλλικές επιφάνειες, καθώς και υπολείμματα φορτίου στην περίπτωση επισκευής των πλοίων, προστίθενται στο χρησιμοποιούμενο υλικό της ψηγματοβολής, δημιουργώντας έτσι σημαντικές ποσότητες αποβλήτων. Επισημώς, το υλικό αυτό που παράγεται στις N/E ζώνες απορρίπτεται στις χωματερές. Ωστόσο, λόγω προβλημάτων στην αποτελεσματική και έγκαιρη συλλογή του και πιθανόν λόγω έλλειψης στην κατανόηση της φύσης του φορτίου, ένα μεγάλο ποσοστό απορρίπτεται κατευθείαν στη θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα, περίπου το 10% διατίθεται στην τσιμεντοβιομηχανία, το 15% απορρίπτεται στις χωματερές, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (75%) απορρίπτεται στο θαλάσσιο περιβάλλον, το οποίο στην περίπτωση αυτή υφίσταται τις επιπτώσεις που αναφέρουμε πιο πάνω.

6.4.3. Έλεγχος των στερεών αποβλήτων της ψηγματοβολής

Η αυξανόμενη περιβαλλοντική ευαισθησία και οι συνεχώς αυστηρότεροι κανονισμοί περιβαλλοντικής προστασίας έχουν ως αποτέλεσμα την αναζήτηση λύσεων για την ελαχιστοποίηση και την ασφαλή απόθεση των αποβλήτων. Έτσι στις περισσότερες χώρες είναι επιβεβλημένος ο έλεγχος επικινδυνότητας των αποβλήτων της ψηγματοβολής.

Για να εκτιμηθεί η δυνατότητα απελευθέρωσης στο περιβάλλον ρυπαντών από στερεά απόβλητα, όταν αυτά έρχονται σε επαφή με το νερό, χρησιμοποιούνται πρότυπες πειραματικές μέθοδοι εκχύλισης.

Με τη χρήση των πρότυπων μεθόδων γίνεται προσπάθεια να εκτιμηθεί η εκχυλισιμότητα ορισμένων στοιχείων κάτω από ειδικές πειραματικές συνθήκες, οι οποίες προσομοιάζουν με αυτές περιβάλλοντος. Ο προσδιορισμός της εκχυλισιμότητας είναι πολύ πιο δόκιμος για την εκτίμηση της δυνατότητας εμφάνισης περιβαλλοντικών προβλημάτων από ότι ο προσδιορισμός της συνολικής συγκέντρωσης δυνητικά βλαβερών ουσιών στα στερεά βιομηχανικά απόβλητα.

Η εκχύλιση από διάφορα υλικά εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού και από υδρολογικές εργαστηριακές φυσικές και χημικές μεθόδους που προσδιορίζουν τις ιδιότητες του υλικού, ωστόσο οι ελεγχόμενες συνθήκες εργαστηριακού περιβάλλοντος δεν είναι συνήθως ισοδύναμες με τις ποικίλες συνθήκες που παρατηρούνται στο φυσικό περιβάλλον. Οι εργαστηριακές μέθοδοι εκχύλισης πραγματοποιούνται με πρότυπα υδατικά διαλύματα (ουδέτερα, όξινα κ.α.), με γνωστή αναλογία υγρού-στερεού, έχουν ορισμένη χρονική διάρκεια κ.α. οι εκχύλισεις στο περιβάλλον πραγματοποιούνται από φυσικά διαλύματα, υπό άγνωστη αναλογία υγρού-στερεού, απροσδιόριστη χρονική διάρκεια κ.α. έτσι, στην καλύτερη περίπτωση οι εργαστηριακές συνθήκες μπορούν να μας πληροφορήσουν για την συμπεριφορά των υλικών κάτω από “ιδανικές” ή “στατιστικές” συνθήκες που παρουσιάζονται σε μια χρονική στιγμή στο περιβάλλον ή “χείριστες” συνθήκες που μπορούν να εμφανιστούν στο περιβάλλον.

Ο έλεγχος αυτός περιλαμβάνει ειδικές αναλύσεις εκχύλισης για τον χαρακτηρισμό της τοξικότητας των αποβλήτων, με πιο διαδεδομένες τις αναλύσεις TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) της US EPA , κατά τις οποίες εκτιμάται η τοξικότητα των αποβλήτων. Οι αναλύσεις αυτές έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να προσομοιώνουν την κατάσταση στην οποία θα βρεθούν τα απόβλητα μετά την απόρριψή τους στο χώρο απόθεσης. Για το λόγο αυτό στοχεύουν ιδιαίτερα στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των αποβλήτων σε στοιχεία στην διαλυτή τους μορφή (soluble) και όχι με την ολική (total) συγκέντρωσή τους. Αν και οι συνθήκες του TCLP είναι γενικά οξύτερες από τις φυσικές, ώστε τα αποτελέσματα να αντιπροσωπεύουν την χειρότερη πιθανή κατάσταση (worstcase scenario), η κατάσταση στους χώρους απόθεσης μπορεί να είναι πολύ διαφορετική σε σχέση π.χ. με το pH ή την σύσταση του εδάφους του χώρου απόθεσης. Παρόλα αυτά, το TCLP παραμένει η καλύτερη διαθέσιμη δοκιμή σήμερα και θα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται μέχρι την προτυποποίηση κάποιας καλύτερης δοκιμής.

Η μέθοδος ελέγχου τοξικότητας T.C.L.P. περιλαμβάνει την εκχύλιση θραυσμένου υλικού με διάλυμα οξικού οξέος ρυθμισμένο είτε σε pH≈5 είτε σε pH≈3, ανάλογα με την αλκαλικότητα και τη ρυθμιστική ικανότητα του υλικού. Σχεδιάστηκε με σκοπό να προσομοιώνει την εκχύλιση που θα υποστεί ένα υλικό (απόρριμμα) στο χώρο της υγειονομικής ταφής.

Η μέθοδος T.C.L.P. χρησιμοποιείται είτε για να χαρακτηριστεί ένα υλικό ως επικίνδυνο είτε για να προσδιοριστεί αν μετά την επεξεργασία που υπέστη κάποιο απόβλητο, πριν την ταφή παραμένει επικίνδυνο. Επίσης χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει την εκχύλιση πτητικών και μη πτητικών οργανικών συστατικών, καθώς και τη μέγιστη εκχυλιζόμενη ποσότητα των συστατικών διαφόρων υλικών που μπορεί να επιτευχθεί στο περιβάλλον υπο δυσμενείς συνθήκες.

Στους πίνακες 6.3 και 6.4 παρατίθενται τα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης των κυριότερων στοιχείων, πτητικών (VOC) και ημιπτητικών (semi-VOC) ενώσεων της EPA, με τα οποία συγκρίνονται τα αποτελέσματα του T.C.L.P. για να χαρακτηριστούν ως επικίνδυνα.

Στοιχείο	ΕΔΣ* (mg/l)	Στοιχείο	ΕΔΣ* (mg/l)
Αρσενικό	5	Βηρίλιο	0,75
Βάριο	100	Μολυβδένιο	350
Κάδμιο	1	Νικέλιο	20
Χρώμιο (ολικό)	500	Τελλούριο	7
Χρώμιο (VI)	5	Βανάδιο	24
Μολυβδος	5	Ψευδάργυρος	250
Υδράργυρος	0,2	Κοβάλτιο	80
Σελήνιο	1	Μαγγάνιο	100
Άργυρος	5	Σίδηρος	50
Αντιμόνιο	15		

*ΕΔΣ : Επιτρεπτή διαλυτή συγκέντρωση

Πίνακας 6.3:Επιτρεπτά όρια διαλυτής συγκέντρωσης επικίνδυνων στοιχείων κατά US EPA.

VOC	ΕΣ* (mg/l)	Semi-VOC	ΕΣ* (mg/l)
Βινυλοχλωρίδιο	0,2	1,4-Διχλωροβενζένιο	7,5
1,1-Διχλωροαιθυλαίνιο	0,7	ο&π-Κρεζόλη	200
Χλωροφόρμιο	6	Pyridine	5
1,2-Διχλωροαιθάνιο	0,5	ρ-Κρεζόλη	200
Μεθυλ Αιθυλ Κετόνη	200	Εξαχλωροαιθάνιο	3
Τετραχλωροανθρακας	0,5	Νιτροβενζένιο	2
Τριχλωροαιθυλαίνιο	0,5	Εξαχλωροβουταδιένιο	0,5
Βενζένιο	0,5	2,4,6- Τριχλωροφαινόλη	2
Τετραχλωροαιθυλαίνιο	0,7	2,4,5- Τριχλωροφαινόλη	400
Χλωροβενζόλιο	100	2,4- Δινιτροτολουένιο	0,13
		Εξαχλωροβενζένιο	0,13
		Πενταχλωροφαινόλη	100

Πίνακας 6.4:Επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης πτητικών και ημιπτητικών ενώσεων κατά US EPA.

Αν τα απόβλητα χαρακτηριστούν ως επικίνδυνα (Hazardous waste) τότε η απόθεση τους επιβάλλεται να γίνει σε χώρους υγειονομικής ταφής τοξικών ουσιών, με πολύ υψηλό κόστος. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι στην Γερμανία το κόστος αγοράς των αποκαμινευμάτων χαλκού είναι περίπου 50 μάρκα (DM)/ton, ενώ το κόστος απόρριψης των αποβλήτων κυμαίνεται από 330 έως 1000 DM/ton, αναλόγως με το βαθμό τοξικότητας τους.

Τέλος να αναφέρουμε ότι η μέθοδος T.C.L.P. δεν χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας των αποβλήτων στην περίπτωση απόρριψής τους στη θάλασσα. Ωστόσο όπως αναφέρθηκε στη σχετική έκθεση του Ε.Κ.Θ.Ε. η απόρριψη των αποκαμινευμάτων της ΛΑΡΚΟ δεν θα πρέπει να γίνεται στο θαλάσσιο αποδέκτη και πρέπει να αναζητηθούν λύσεις για τη μη απόρριψη της σκουριάς στη θάλασσα.

6.4.4. Τι προβλέπει η νομοθεσία για τα απόβλητα

Όπως αναφέραμε πιο πάνω, προς αντιμετώπιση της κατάστασης αυτής, έχουν επιβληθεί αυστηρότεροι κανονισμοί για την ασφαλή απόθεση και ελαχιστοποίηση των αποβλήτων ειδικά όταν αυτά χαρακτηριστούν και ως επικίνδυνα.

Σε εθνικό επίπεδο σύμφωνα με το ΠΔ 55 αρ.φύλλου 58 της 20 Μαρτίου 1998 περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σύμφωνα με το άρθρο 3 απαγορεύεται η απόρριψη στις ακτές, στα λιμάνια και στα ελληνικά χωρικά ύδατα πετρελαίου, πετρελαιοειδών μιγμάτων, επιβλαβών ουσιών ή μιγμάτων αυτών και πάσης φύσεως αποβλήτων, λυμάτων και απορριμμάτων από τα οποία μπορεί να προκληθεί ρύπανση της θάλασσας και των ακτών. Συμπληρώνοντας το άρθρο αναφέρει ότι η απόρριψη στη θάλασσα οποιονδήποτε ουσιών από παράκτιες ή άλλες εγκαταστάσεις επιτρέπεται μόνο μετά από άδεια που παρέχεται σύμφωνα με τις διατάξεις που ισχύουν, εφόσον δεν υφίσταται κίνδυνος ρύπανσης. Επίσης σύμφωνα με το ίδιο διάταγμα και το άρθρο 5, οι εγκαταστάσεις οφείλουν κατά την λειτουργία τους να παίρνουν όλα τα αναγκαία μέτρα για την αποφυγή ρύπανσης και επίσης εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για μεταγίσεις πετρελαίου ή επισκευές πλοίων οφείλουν να διαθέτουν ευκολίες υποδοχής πετρελαίου, καταλοίπων και μιγμάτων πετρελαίου, ακαθάρτου έρματος, ξεπλυμάτων των δεξαμενών δεξαμενόπλοιων καθώς

και λοιπών ρυπογόνων ρύπων. Στο διάταγμα αυτό ως απόβλητα ορίζονται τα υγρά που αποβάλλονται από τα πλοία, δεξαμενόπλοια και εγκαταστάσεις, τα οποία περιέχουν υπολείμματα των μεταφερόμενων, χρησιμοποιούμενων ή παραγόμενων υλών και ως απορρίμματα τα πάσης φύσεως στερεά ή ημιρευστά κατάλοιπα που αποβάλλονται από τα πλοία, δεξαμενόπλοια και εγκαταστάσεις ξηράς.

Σύμφωνα με τον ευρωπαϊκό νόμο και με σκοπό τη διαχείριση, την πρόληψη και μείωση κατά το δυνατόν των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την υγειονομική ταφή των αποβλήτων εξέδωσε οδηγία (2001/118/EK), σύμφωνα με την οποία οι χώροι υγειονομικής ταφής ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες : χώροι ταφής επικίνδυνων, μη επικίνδυνων και αδρανών αποβλήτων. Στην οδηγία αυτή ως επικίνδυνη ουσία νοείται κάθε ουσία που ταξινομείται ή πρόκειται να ταξινομηθεί ως επικίνδυνη σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ και τις μετέπειτα τροποποιήσεις της. Ως βαρύ μέταλλο νοείται κάθε ένωση αντιμονίου, αρσενικού, καδμίου, χρωμίου (εξασθενούς), χαλκού, μολύβδου, υδραργύρου, σεληνίου, τελλουρίου, θαλλίου και κασσιτέρου συμπεριλαμβανομένων των μετάλλων αυτών στη μεταλλική μορφή, εφόσον χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες ουσίες. Ειδικά για τα απόβλητα των υλικών ψηγματοβολής η οδηγία χαρακτηρίζει τα απόβλητα αυτά επικίνδυνα ή μη επικίνδυνα λαμβάνοντας τους κωδικούς 120116 και 120117, αντίστοιχα. Τέλος η οδηγία κάνει αναφορά για επικίνδυνα απόβλητα προερχόμενα από αφαίρεση χρωμάτων ή βερνικιών που περιέχουν οργανικούς διαλύτες ή άλλες επικίνδυνες ουσίες.

Να αναφέρουμε εδώ ότι πριν από την οδηγία 2001/118/EK είχε προηγηθεί η οδηγία 1999/31/EK της 26^{ης} Απριλίου 1999 περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων που συντάχθηκε με στόχο τον καθορισμό μέτρων, διαδικασιών και κατευθύνσεων για την κατηγοριοποίηση των αποβλήτων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Πιο συγκεκριμένα η οδηγία καθόριζε τρεις κατηγορίες αποβλήτων που αναφέραμε πιο πάνω ως εξής :

α) αδρανή απόβλητα : τα απόβλητα που δεν υφίστανται καμία σημαντική φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή. Τα αδρανή απόβλητα δεν διαλύονται, δεν καίγονται ούτε συμμετέχουν σε άλλες φυσικές ή χημικές αντιδράσεις, δεν βιοδιασπώνται ούτε επιδρούν δυσμενώς σε άλλα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή κατά τρόπο ικανό να προκαλέσει ρύπανση του περιβάλλοντος ή να βλάψει την υγεία του ανθρώπου. Η συνολική αποπλυσιμότητα και περιεκτικότητα σε ρύπους των αποβλήτων και η οικοτοξικότητά των στραγγισμάτων πρέπει να είναι αμελητέες, και ειδικότερα να μη θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

β) μη επικίνδυνα απόβλητα : τα απόβλητα που δεν καλύπτονται από τα παρακάτω.

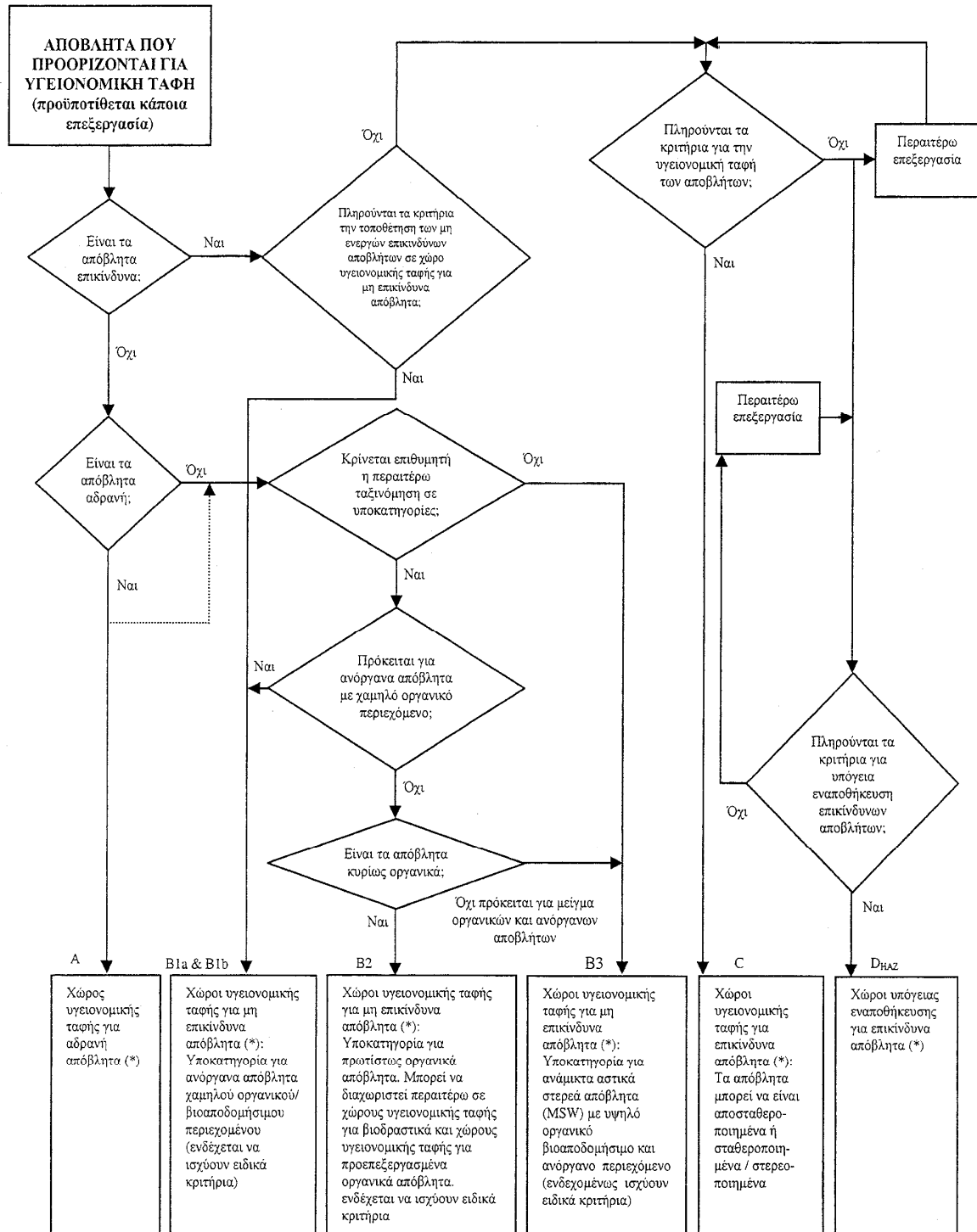
γ) επικίνδυνα απόβλητα : τα απόβλητα που καλύπτονται από το άρθρο 1 παράγραφος 4 της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 12^{ης} Δεκεμβρίου 1991, για τα επικίνδυνα. Η οδηγία 1999/31/EK ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία στις 16 Δεκεμβρίου 2002 με την έκδοση της ΚΥΑ 29407/3508/02, οποία διαμορφώνει τα μέτρα και τους όρους για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων και καθορίζει το πλαίσιο αυστηρών λειτουργικών και τεχνικών απαιτήσεων για τα απόβλητα.

Την 19^η Δεκεμβρίου 2002, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο με την απόφαση 2003/33/EK καθορίζει τα κριτήρια χαρακτηρισμού και τις διαδικασίες αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/EK. Πιο συγκεκριμένα στην απόφαση αυτή καθορίζονται :

1. Τα κριτήρια χαρακτηρισμού των αποβλήτων ως αδρανή, μη επικίνδυνα και επικίνδυνα.
2. Τα πρότυπα εκτέλεσης δοκιμών χαρακτηρισμού και δειγματοληψίας των αποβλήτων.

3. Οι διαδικασίες με τις οποίες τα απόβλητα θα διατηρήσουν τον αρχικό τους χαρακτηρισμό(έλεγχος συμμόρφωσης).

Οι υποκατηγορίες των κύριων κατηγοριών χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων και οι δυνατότητες ταφής σε κάθε υποκατηγορία ανάλογα με το χαρακτηρισμό τους φαίνονται στο Σχήμα 6.2:



(* Καταρχήν η υπόγεια εναποθήκευση είναι επίσης δυνατή για μη αδρανή και μη επικίνδυνα απόβλητα.

Σχήμα 6.2: Διαγραμματική απεικόνιση των εναλλακτικών λύσεων υγειονομικής ταφής που προβλέπει η οδηγία για την υγειονομική ταφή

Σημειώνεται ότι η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούται να εναρμονίσει την εθνική της Νομοθεσία, σύμφωνα με την απόφαση 2003/33/EK.

Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με την οδηγία 2006/12/EK περί στερεών αποβλήτων, και έχοντας βασικό στόχο τη ρύθμιση στον τομέα διαχείρισης των αποβλήτων την προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιδράσεις που προκαλούνται από τη συγκέντρωση, τη μεταφορά, την επεξεργασία, την εναποθήκευση και την απόθεση των αποβλήτων, αλλά και την αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων στην κοινότητα, σύμφωνα με το άρθρο 3, τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν τα ενδεδειγμένα μέτρα για να προωθούν την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων ιδίως με α) την τεχνική τελειοποίηση και τη διάθεση στην αγορά προϊόντων σχεδιασμένων κατά τρόπο που να μην συμβάλλουν καθόλου ή το δυνατόν λιγότερο, λόγω της παραγωγής, της χρήσης ή της διάθεσης τους, στην αύξηση της ποσότητας ή της βλαπτικότητας των αποβλήτων και των κινδύνων ρύπανσης αλλά και β) την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνικών για την διάθεση των επικίνδυνων ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα τα οποία προορίζονται για αξιοποίηση. Εν συνεχεία στο ίδιο άρθρο αναφέρεται ότι αυτό μπορεί να γίνει με την αξιοποίηση των αποβλήτων με ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση, ανάκτηση ή οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που έχει ως στόχο την παραγωγή δευτερογενών πρώτων υλών ή και με τη χρησιμοποίηση των αποβλήτων ως πηγή ενέργειας. Στο άρθρο 4 επίσης αναφέρεται τα κράτη μέλη πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίζουν ότι η διάθεση ή η αξιοποίηση των αποβλήτων πραγματοποιείται χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο η υγεία του ανθρώπου και χωρίς να χρησιμοποιούνται διαδικασίες ή μέθοδοι που ενδέχεται να βλάψουν το περιβάλλον και ιδίως χωρίς να δημιουργείται κίνδυνος για το νερό, τον αέρα ή το έδαφος, αλλά ούτε για την χλωρίδα και την πανίδα, χωρίς να προκαλούνται ενοχλήσεις από τον θόρυβο ή τις οσμές και χωρίς να βλάπτονται οι τοποθεσίες και τα τοπία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

6.5. Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από το χρωματισμό

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο μετά τις εργασίες ψηφματοβολής ή υδροβολής, ακολουθεί ο χρωματισμός της επιφάνειας με τα κατάλληλα χρώματα. Κατά την διάρκεια λοιπόν των εργασιών αυτών στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία, είναι δυνατόν οι εργαζόμενοι να έρθουν σε επαφή με επικίνδυνες χημικές ουσίες όπως χρώματα, διαλυτικά, κολλητικές ουσίες, βερνίκια, ρητίνες κ.α.

Πολλές από τις ουσίες που έρχονται σε επαφή οι εργαζόμενοι, μπορούν να προκαλέσουν επαγγελματικές ασθένειες και ο καλύτερος τρόπος για να προστατεύσουμε τους εργαζόμενους από αυτές, θα ήταν να τις αντικαταστήσουμε με άλλες λιγότερο επικίνδυνες ή αβλαβείς. Αυτό δυστυχώς δεν είναι πάντοτε δυνατόν. Πολλές φορές ακόμη είναι επικίνδυνη όχι μόνο η χρήση των ουσιών αυτών αλλά και η καταστροφή, απομάκρυνση και ο καθαρισμός τους από τους χώρους που έχουν χρησιμοποιηθεί. Ιδιαίτερα οι χρωματιστές θα πρέπει να γνωρίζουν ποιες ουσίες, από αυτές που χρησιμοποιούν, θεωρούνται επικίνδυνες, πώς να τις αναγνωρίζουν, τι προφυλάξεις πρέπει να παίρνουν και τέλος πώς να αντιδρούν σε περίπτωση ατυχήματος.

Οι χημικές ουσίες που συνήθως συναντώνται στο χώρο της δεξαμενής και με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι εργαζόμενοι, μπορεί να είναι καθαρές χημικές ουσίες όπως ακετόνη, τριχλωροαιθέριο κ.λπ. ή παρασκευάσματα, διαλύματα και μίγματα

όπως χρώματα, κόλλες, συντηρητικά, παχύρευστα έλαια, καυστικά διαλύματα ή οξέα. Οι ουσίες αυτές μπορεί να εμφανίζονται με τη μορφή :

- αερίων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, η αμμωνία κ.λπ.
- ατμών υγρών ή στερεών ουσιών όπως ατμοί τριχλωροαιθανίου και ατμοί μετάλλων κ.λπ.
- καπνών όπως ο καπνός οξειδίων μετάλλων
- σκόνης όπως ο αμίαντος και η σκόνη του ξύλου και
- ομίχλης όπως το νέφος που δημιουργείται σε εργασίες ψεκασμού χρωμάτων

Οι κίνδυνοι τους οποίους διατρέχουν οι εργαζόμενοι από τις ουσίες αυτές μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες :

- σε φυσικούς κινδύνους, που απορρέουν από τις φυσικοχημικές ιδιότητες του προϊόντος όπως εκρηκτικότητα, οξειδωτική δράση, ευφλεξιμότητα και
- σε κινδύνους για την υγεία, που απορρέουν από την τοξικολογική δράση του προϊόντος στον οργανισμό όπως οξεία θανατηφόρο δράση, διαβρωτική, ευαισθητοποιό, καρκινογόνο, μεταλλαξιογόνο και τερατογόνο δράση ή μη θανατηφόρο μόνιμη δράση από μία και μόνο έκθεση.

Χημικά προϊόντα βλαβερά για την υγεία μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό με τρεις τρόπους: με κατάποση, μέσω της αναπνευστικής οδού και τέλος μέσω της δερματικής οδού.

Ένα προϊόν που εισέρχεται στον οργανισμό από το στόμα, από το δέρμα ή από τους πνεύμονες μπορεί να απορροφηθεί από το αίμα και να μεταφερθεί και να βλάψει άλλα όργανα, όπως τα νεφρά, το συκώτι ή ακόμη και το κεντρικό νευρικό σύστημα.

Για να αναγνωρίσει ο εργαζόμενος μια επικίνδυνη χημική ουσία θα πρέπει πάντα να προσέχει τις ετικέτες σε κάθε συσκευασία και να αναγνωρίζει τα κατάλληλα σύμβολα. Οι ετικέτες αφορούν εκρηκτικές ουσίες, εύφλεκτες, οξειδωτικές, τοξικές, ραδιενεργές, διαβρωτικές κ.α. Η γνώση των συμβόλων είναι σημαντική γιατί οι εργασίες στα πλοία γίνονται αρκετές φορές με χρήση τέτοιων ουσιών, και έτσι λόγω αυτού πρέπει να προγραμματίζονται κατάλληλα οι εργασίες και να λαμβάνονται προληπτικές ενέργειες από τους υπευθύνους.

6.5.1. Η χρήση της TBT στα αντιρρυπαντικά υφαλοχρώματα

Πρόκειται πιθανώς για την πιο τοξική ουσία που διοχετεύτηκε στο θαλάσσιο περιβάλλον (Greenpeace, 2000). Ο τριβουτυλο-κασσίτερος (TBT) είναι ένα ισχυρό βιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ως πρόσθετο σε υφαλοχρώματα πλοίων ήδη από τη δεκαετία του 1970. Λόγω της τοξικής του δράσης εμποδίζει την ανάπτυξη αλγών, οστράκων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών στα ύφαλα των πλοίων. Δυστυχώς όμως, η ουσία αυτή διαφεύγει από τα υφαλοχρώματα και διασπείρεται στο θαλάσσιο περιβάλλον. Έτσι, συσσωρεύεται στα ιζήματα του βυθού, ιδιαίτερα σε περιοχές με μεγάλη κίνηση πλοίων όπως τα λιμάνια όπως επίσης και από τα απορρίματα στη παράκτια ζώνη από τις ψηγματοβολές. Η τοξική δράση του TBT γίνεται επίσης εμφανής και κατά μήκος πολυσύχναστων διαδρομών στην ανοιχτή θάλασσα.

Οι οργανικές ενώσεις του κασσιτέρου είναι σχετικά αδιάλυτες στο νερό, λιποδιαλυτές και σχετικά σταθερές στο περιβάλλον, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή βιοσυσσώρευσης. Στο θαλάσσιο περιβάλλον, το TBT διασπάται σιγά-σιγά σε μονοβούτυλο- και διβουλο-κασσίτερο, ουσίες που χρησιμοποιούνται

επίσης ως πρόσθετα σε πλαστικά PVC. Οι ουσίες αυτές, αν και λιγότερο τοξικές από το TBT, είναι εν τούτοις κι αυτές επικίνδυνες για το θαλάσσιο περιβάλλον.

Το TBT προκαλεί διαταραχές του ενδοκρινικού συστήματος σε οστρακοειδή. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως "imposex", και σημαίνει στην πράξη ότι θηλυκοί οργανισμοί αναπτύσσουν αρσενικά χαρακτηριστικά λόγω προφανώς της δράσης του TBT στο ορμονικό σύστημα. Η δράση αυτή εμφανίζεται σε γαστερόποδα ακόμη και όταν οι συγκεντρώσεις TBT στο νερό είναι εξαιρετικά μικρές (της τάξης του τρισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο νερού). Η τοξική δράση του TBT έγινε ευρύτερα γνωστή όταν παρατηρήθηκε ελάττωση της συγκομιδή στρειδιών σε ακτές της Γαλλίας. Υγιή στρείδια που μεταφέρθηκαν σε περιοχές ρυπασμένες με TBT παρουσίασαν μια θνησιμότητα 50% σε διάστημα 30 ημερών. Το TBT είναι ιδιαίτερα τοξικό και θανατηφόρο σε μια ποικιλία πλαγκτονικών οργανισμών, όπως και στις κάμπιες μαλακίων. Η τοξικότητα εμφανίζεται σε συγκεντρώσεις TBT αντίστοιχες αυτών που παρατηρούνται συχνά σε μαρίνες. Η δράση αυτή του TBT είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές όπου αλιεύονται ή καλλιεργούνται οστρακοειδή. Το TBT προκαλεί παραμορφώσεις και μειώνει τους ρυθμούς ανάπτυξης των οστρακοειδών, ενώ προκαλεί και φανερή πάχυνση του κελύφους τους, μειώνοντας έτσι σημαντικά το μέγεθος του ζώου στο εσωτερικό και καθιστώντας το μη εμπορεύσιμο. Σημαντικές συγκεντρώσεις TBT έχουν ανιχνευτεί και σε ψάρια ιχθυοκαλλιεργειών. Πρέπει να τονίσουμε ότι το TBT και οι άλλες οργανικές ενώσεις του κασσιτέρου δεν καταστρέφονται με το μαγείρεμα.

Σύμφωνα με μια αποκαλυπτική έρευνα της Greenpeace στα λιμάνια του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης, έδειξε την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων τοξικών ουσιών που χρησιμοποιούνται σε υφαλοχρώματα πλοίων. Οι αναλύσεις της Greenpeace στα δύο λιμάνια για τον εντοπισμό της τοξικής ουσίας TBT, έδειξαν υπερβάσεις των ορίων που προτείνουν διεθνείς συμβάσεις για την ουσία αυτή έως και κατά 1,8 εκατομμύρια φορές. Υψηλά και πολύ πάνω από τα όρια ήταν και τα επίπεδα TBT κοντά σε παραλίες λουομένων στη Σαλαμίνα.

Η Greenpeace, επίσης, πραγματοποίησε δειγματοληψίες στις αρχές Αυγούστου του 2000 σε ιζήματα του βυθού πέντε περιοχών του Πειραιά και της Θεσσαλονίκης (Κυνοσούρα, Λιμνιώνας/Σελήνια Σαλαμίνας, Ικόνιο Πειραιά, Λιμάνι Θεσσαλονίκης, Παραλία Θεσσαλονίκης δίπλα στο Μέγαρο Μουσικής).

Η επιλογή των περιοχών αυτών έγινε με βάση την πυκνότητα διέλευσης και παρουσίας πλοίων. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκε μία περιοχή (Κυνοσούρα) όπου γίνεται ψηγματοβολή και απομάκρυνση των υφαλοχρωμάτων των πλοίων, δύο περιοχές με υψηλή κυκλοφορία πλοίων (Ικόνιο Πειραιά και Λιμάνι Θεσσαλονίκης) και δύο περιοχές χαμηλής κυκλοφορίας πλοίων (Λιμνιώνας/Σελήνια Σαλαμίνας και θαλάσσια περιοχή Μεγάρου Μουσικής Θεσσαλονίκης).

Τα δείγματα στάλθηκαν για ανάλυση στο εξειδικευμένο εργαστήριο GALAB της Γερμανίας και παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων (Πίνακας 6.5). Σε όλες ανεξαιρέτως τις περιοχές παρατηρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις TBT και μάλιστα σαφώς ανώτερες από το σχετικό όριο που έχει προτείνει το 1997 η διεθνής Σύμβαση Όσλο-Παρισιού για την Προστασία του ΒΑ Ατλαντικού (OSPAR) και το οποίο ορίστηκε σε 0,05 μg TBT/Kg ιζήματος. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις TBT κυμάνθηκαν από 85 έως 89.600 μg TBT/Kg. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν, όπως ήταν αναμενόμενο, στην περιοχή της Κυνοσούρας, όπου πραγματοποιούνται ψηγματοβολές και απόρριψη του TBT που περιέχεται στα υφαλοχρώματα απ' ευθείας στη θάλασσα

Οργανικές ενώσεις κασσιτέρου σε ιζήματα του βυθού στις θαλάσσιες περιοχές Πειραιά και Θεσσαλονίκης (Αύγουστος 2000) (σε µg/Kg, μικρογραµµάρια τοξικής ουσίας ανά κιλό ιζήματος)					
Τοξική ουσία	Κυνοσούρα	Λιµνιώνας / Σελήνια Σαλαµίνας	Ικόνιο Πειραιά	Λιµάνι Θεσσαλονίκης	Παραλία Θεσσαλονίκης (Ποσειδώνιο Μέγαρο Μουσικής)
Μονοβουτυλο- κασσίτερος (MBT)	272	17,2	560	30	46
Διβουτυλο- κασσίτερος (DBT)	4.920	18	1.560	103	32,4
Τριβουτυλο- κασσίτερος (TBT)	89.600	210	5.200	1.200	85
Τετραβουτυλο- κασσίτερος	644	<10	70	50,2	<1
Μονοκυλο- κασσίτερος	<10	<10	<10	<10	<1
Διοκυλο- κασσίτερος	<10	<10	<10	<10	<1
Τρικυκλοεξυλο- κασσίτερος	<10	<10	<10	<10	<1
Τριφαινυλο- κασσίτερος	96	12	18	12	4

Πίνακας 6.5

Υψηλές συγκεντρώσεις TBT έχουν ανιχνευτεί και σε αίμα ανθρώπων που εξετάστηκαν, ενώ εκφράζονται φόβοι ότι το TBT και άλλες συγγενείς του ενώσεις μπορούν να επηρεάσουν και το ανθρώπινο ενδοκρινικό σύστημα, όπως συμβαίνει και στους θαλάσσιους οργανισμούς.

Τον Ιούνιο του 2000, η Σουηδική Επιθεώρηση Χημικών Ουσιών (KemI) σε έκθεσή της προς τη σουηδική κυβέρνηση, ανέφερε πως "η έκθεση των ανθρώπων στο σύνολο των οργανικών ενώσεων του κασσιτέρου θα πρέπει να μας ανησυχεί. Είναι αμφίβολο αν τα εκτιμώμενα περιθώρια ασφαλείας είναι επαρκή για να προστατεύσουν τους ανθρώπους από πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις στο ανοσοποιητικό τους σύστημα".

Τέλος να αναφέρουμε ότι η παγκόσμια παραγωγή TBT ανέρχεται σε 4.000 τόνους ετησίως. Η Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει 3.000 τόνους και καταναλώνει περίπου 1.300 τόνους ετησίως.

6.5.2. Διεθνής αντιμετώπιση του προβλήματος

Η συνειδητοποίηση των προβλημάτων από τη χρήση του TBT οδήγησε σε περιορισμούς στη χρήση του ως βιοκτόνο. Η Γαλλία π.χ. το έχει απαγορεύσει για πλοία μικρότερα των 25 μέτρων από το 1982. Οι ΗΠΑ και η Βρετανία ακολούθησαν το 1988. Αντίστοιχες ρυθμίσεις ισχύουν πλέον και στην Ελλάδα, όπως και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στη Σύνοδο του Ρίο το 1992, είχε τονιστεί η ανάγκη άμεσης κατάργησης του TBT και των άλλων τοξικών υφαλοχρωμάτων μόλις υπάρξουν ασφαλή υποκατάστατα. Προβλέπονταν μάλιστα και κυρώσεις για τυχόν καθυστερήσεις στην υλοποίηση μιας τέτοιας απαγόρευσης.

Το 1998, η Γενική Συνέλευση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ) ζήτησε από ομάδα εμπειρογνομόνων να εργαστεί στην κατεύθυνση μιας διεθνούς νομοθεσίας, η οποία θα απαγορεύει τη χρήση ΤΒΤ σε όλα τα πλοία από το 2003 και θα εγγυάται ότι όλα τα πλοία θα είναι πλήρως απαλλαγμένα από ΤΒΤ ως το 2008 η οποία ισχύει σήμερα.

6.5.3. Οι εναλλακτικές λύσεις

Η αλλαγή της ευρωπαϊκής νομοθεσίας το 1988 και η απαγόρευση της χρήσης των οργανοκασσιτερικών ενώσεων (organotins) και ιδιαίτερα των triorganotins (ΤΒΤs) στα χρώματα βαφής και συντήρησης (υφαλοχρώματα) σκαφών και πλοίων με μήκος μικρότερο των 25 μέτρων προκάλεσαν τη χρήση και εφαρμογή πολλών οργανικών δραστικών βιοκτόνων χωρίς να έχουν ελεγχθεί σε βάθος οι επιπτώσεις τους στο θαλάσσιο περιβάλλον και ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές των ευρωπαϊκών χωρών (Εφημερίδα ΒΗΜΑ, 2002). Τα κυριότερα προϊόντα που χρησιμοποιούνται σήμερα στα υφαλοχρώματα ανήκουν στις ενώσεις του χαλκού και στα οργανικά βιοκτόνα. Η χρήση ενώσεων χαλκού και οργανικών βιοκτόνων έχει δώσει τα τελευταία χρόνια μεγάλη ώθηση στην αγορά υφαλοχρωμάτων, των οποίων τα κυριότερα δραστικά συστατικά είναι οι χημικές ενώσεις: Irgarol 1051, dichlofluanid, chlorothalonil, Sea nine 211, diuron zineb και zinc pyrithione. Οι τελευταίες τρεις ενώσεις χρησιμοποιούνται και στη γεωργία ως μυκητοκτόνα.

Στο πλαίσιο ευρωπαϊκού προγράμματος για τα βιοκτόνα των υφαλοχρωμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον πραγματοποιήθηκε έρευνα από έλληνες επιστήμονες, οι οποίες οδήγησαν την Αγγλία και τη Δανία στο να απαγορεύσουν δύο τοξικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται στα χρώματα βαφής σκαφών και πλοίων. Καθώς εντοπίστηκε ότι από τη φωτοδιάσπαση των βιοκτόνων ουσιών Irgarol 1051 και Sea nine 211 από το ηλιακό φως σχηματίζονται πολύ πιο τοξικές ενώσεις στο θαλασσινό νερό, η χρήση των δύο βιοκτόνων στα υφαλοχρώματα απαγορεύθηκε με απόφαση της βρετανικής κυβέρνησης και της κυβέρνησης της Δανίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποίησε το Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Εφημερίδα ΒΗΜΑ, 2002) έχουν ήδη σταλεί στα υπουργεία ΠΕΧΩΔΕ, Ναυτιλίας και Υγείας ώστε να ληφθούν μέτρα για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία στην Ελλάδα. Υψηλές συγκεντρώσεις ενώσεων που λειτουργούν ως βιοκτόνα νέας γενιάς στα χρώματα βαφής πλοίων εντοπίστηκαν κυρίως στην Ελευσίνα, στη μαρίνα της Καλαμαριάς στη Θεσσαλονίκη, στις μαρίνες του Πειραιά και στο λιμάνι της Πάτρας - τόσο στο θαλασσινό νερό όσο και στο ίζημα. Πάντως οι συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν αρκετά υψηλές ώστε να αποτελούν άμεση απειλή για τα εκτιθέμενα οικοσυστήματα στη χώρα μας.

Τα σημαντικότερα λιμάνια της χώρας - Πειραιά, Θεσσαλονίκης και Πάτρας - καθώς και οι κυριότερες μαρίνες και ναυπηγικές ζώνες της, όπως το Μικρολίμανο και το Πασαλιμάνι στον Πειραιά, η Καλαμαριά, η Πρέβεζα (Ακτιο) και η Ηγουμενίτσα, ελέγχθηκαν επί ένα χρόνο από τον Οκτώβριο του 1999 ως τον Σεπτέμβριο του 2000. Τη μεγαλύτερη συχνότητα ανίχνευσης εμφανίζει το Irgarol 1051, με μέση συγκέντρωση 21 ng/l και 53 ng/g στο νερό και στο ίζημα αντίστοιχα. Το dichlofluanid ανιχνεύθηκε σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο νερό σε σύγκριση με τα άλλα βιοκτόνα, με μέση συγκέντρωση 85 ng/l στο νερό και 33 ng/g στο ίζημα. Η μέση τιμή των συγκεντρώσεων του chlorothalonil δεν ξεπέρασε τα 22 ng/l στο νερό και τα 25 ng/g στο ίζημα, ενώ το Sea nine 211 ανιχνεύθηκε στο νερό μόνο μία φορά κατά την ετήσια έρευνα σε συγκέντρωση 49 ng/l.

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στις μαρίνες που εμφανίζουν υψηλή κίνηση σε σκάφη αναψυχής. Αντίθετα, οι μικρότερες συγκεντρώσεις στα

λιμάνια σχετίζονται άμεσα με τη μεγαλύτερη δυνατότητα ανανέωσης των υδάτων τους αλλά και με τον μικρότερο αριθμό σκαφών αναψυχής.

Όλες οι οργανικές τοξικές ενώσεις όταν αφεθούν στο περιβάλλον υφίστανται φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες (φωτοδιάσπαση, βιολογική διάσπαση, υδρόλυση, χημική διάσπαση. Οι έλληνες ερευνητές παρατήρησαν, όμως, ότι το φως (βασικός παράγων που επιδρά στις ενώσεις) προκαλεί σοβαρές μεταβολές στα υπό έλεγχο βιοκτόνα, δηλαδή σχηματίζονται τοξικά παραπροϊόντα. Μάλιστα σε δύο περιπτώσεις - του Irgarol 1051 και του chlorothalonil - σχηματίζονται πιο τοξικές ενώσεις από την αρχική ένωση. Τα επιστημονικά αυτά στοιχεία έχουν αξία σε διεθνές επίπεδο αφού για πρώτη φορά ερευνητική ομάδα έλεγξε και διατύπωσε σχετικά αποτελέσματα.

Όπως επισημαίνει ο κ. Αλμπάνης, αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος χημείας του πανεπιστημίου Ιωαννίνων και επικεφαλής της ερευνητικής ομάδας που διεξήγαγε τους ελέγχους, ορισμένες ενώσεις που εξετάστηκαν ενέχουν κινδύνους για το περιβάλλον, για τους υδάτινους οργανισμούς και, μέσω της τροφικής αλυσίδας, για τον άνθρωπο (επιδράσεις στο νευρικό σύστημα, στον μεταβολισμό και συνεργητική δράση με άλλους ρύπους) λόγω της τοξικής δράσης τους. Ιδιαίτερα εκτεθειμένοι είναι οι εργαζόμενοι στα σημεία συντήρησης πλοίων, στα ναυπηγεία (εισπνέουν άμεσα σκόνη από την απομάκρυνση με ψηγματοβολή του παλιού χρώματος από το πλοίο), για τους οποίους πρέπει να ληφθούν μέτρα. Μάλιστα κάποιες από τις καινούργιες ενώσεις που περιέχονται στα υφαλοχρώματα, το zineb και το thiram, αν και δεν ανιχνεύθηκαν στην έρευνα, είναι ενδοκρινικοί διαταρράκτες, που σημαίνει ότι επιδρούν στο φύλο των ειδών (τα αρσενικά γίνονται θηλυκά και τα θηλυκά πιο θηλυκά).

6.6. Μελέτη για τις συνθήκες εργασίας στον κλάδο των ψηγματοβολιστών, καθαριστών και βαφών της Ν/Ε ζώνης Περάματος

Η εργασία αυτή παρουσιάστηκε από τον κ. Σπύρο Δρίβα στο 8 Διεθνές Συνέδριο της Επιτροπής Έρευνας ISSA (International Social Security Association) που πραγματοποιήθηκε στις 19-21 Μαΐου 2003 στην Αθήνα. Δημοσιεύτηκε στο τεύχος 14 του έτους 2003, περιοδικό "Υγιεινή και Ασφάλεια της εργασίας", το οποίο εκδίδεται κάθε τρίμηνο από το ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας).

Σκοπός της μελέτης αυτής (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2003) ήταν ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των βλαπτικών παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος και η εκτίμηση της επίδρασης τους στην υγεία των εργαζομένων με στόχο την πρόληψη του επαγγελματικού κινδύνου στον κλάδο.

Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη έλαβαν μέρος 152 ψηγματοβολιστές σε σύνολο 1600 εγγεγραμμένων στην Πανελλήνια Ένωση Αμμοβολιστών-Καθαριστών-Βαφών και υποβλήθηκαν σε ιατρικό και εργαστηριακό έλεγχο.

Η ηλικία των εργαζομένων κυμάνθηκε μεταξύ 24 και 63 ετών (μέση ηλικία 46,9 έτη \pm 8,26), με εργασιακή ηλικία ως ψηγματοβολιστές μεταξύ 4-38 (μέση εργασιακή ηλικία 16,4 έτη \pm 7,68).

Η μελέτη αναπτύχθηκε με βάση τη μεθοδολογία εκτίμησης και πρόληψης των βλαπτικών παραγόντων περιβάλλοντος που βασίζεται στην εργατική υποκειμενικότητα και περιλαμβάνει τις εξής φάσεις :

1. Η φάση της πληροφόρησης, συνίσταται στο θεωρητικό προσδιορισμό των επαγγελματικών κινδύνων, δια μέσου :

- των βιογραφικών αναφορών, των στοιχείων για τα εργατικά ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες στον κλάδο κ.λπ.
 - της καταγραφής της παραγωγικής διαδικασίας, των χώρων, των υλικών, των μηχανών, κ.λπ.
 - της κατάθεσης της εργατικής άποψης και γνώσης δια μέσου της εργατικής “εργατικής υποκειμενικότητας”.
2. Η φάση της επαλήθευσης καθορίζει τόσο το περιεχόμενο όσο και το είδος του ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού των βλαπτικών παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος με βάση την επεξεργασία του υλικού της πρώτης φάσης. Σε αυτή τη φάση της μελέτης πραγματοποιήθηκαν περιβαλλοντικές μετρήσεις κατά τη διάρκεια των εργασιών της ψηγματοβολής στις δεξαμενές στερεών (φορητών πλοίων), που αφορούσαν :
- τα επίπεδα θορύβου
 - τη ρύπανση του εργασιακού περιβάλλοντος από στερεά αιωρούμενα σωματίδια.
 - τη ρύπανση του εργασιακού περιβάλλοντος από βαρέα μέταλλα συστατικά των χρωμάτων, όπως μόλυβδο (Pb) και κάδμιο (Cd). Δε διερευνήθηκαν σε αυτή τη φάση τα συστατικά των υφαλοχρωμάτων (προστατευτικά συστήματα επίχρισης κατά των οργανισμών που προσκολλούνται στους υφάλους των πλοίων, όπως καρκινοειδή, άλγη και μαλάκια).
3. Η φάση της κλινικής διερεύνησης περιλαμβάνει τη διεκπεραίωση κλινικών και εργαστηριακών εξετάσεων όπως :
- Γενική κλινική εξέταση και επαγγελματικό ιστορικό
 - Πνευμονολογική εξέταση με σπιρομετρικό έλεγχο και ραδιογραφία θώρακα
 - ΩΡΛ εξέταση με ακοομετρικό έλεγχο
 - Προσδιορισμό των αιματικών συγκεντρώσεων του μολύβδου και του καδμίου
 - Προσδιορισμό της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης (HbCO)
 - Προσδιορισμό σωματιδίων αμιάντου στα πτύελα

Ο ακοομετρικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε με ακοόμετρο που εκπληρούσε τις προδιαγραφές ANSI (1969) και ISO (1964) εκτιμώντας την ακουστική ικανότητα της αγωγής μέσω του αέρα (ΑΟ) στις συχνότητες 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K και 8KHz και της αγωγής μέσω των οστών (ΟΟ), στις συχνότητες 250, 500, 1K, 2K, και 4KHz.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον ποσοτικό προσδιορισμό της αιωρούμενης σωματιδιακής ρύπανσης ήταν αυτή του σταθμικού προσδιορισμού (διαφοράς βάρους φίλτρου). Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες “εισπνεύσιμου” και “αναπνεύσιμου” κλάσματος αιωρούμενων σωματιδίων με φορητές αντλίες σταθερής ροής στην ακτίνα μετακίνησης των εργαζομένων κατά την διάρκεια των εργασιών της ψηγματοβολής, ακολουθώντας τις παρακάτω δειγματολογικές συνθήκες (Πίνακας 6.6):

	Διάμετρος φίλτρου	πόροι	ροή	Ταχύτητα αέρα στην είσοδο της θήκης του φίλτρου
Εισπνεύσιμο κλάσμα	25mm	0.8μm	1.9L/min	1.2 m/ sec
Αναπνεύσιμο κλάσμα	35mm	0.8μm	1.7L/min	-

Πίνακας 6.6

Για την δειγματοληψία και ανάλυση των συγκεντρώσεων των μετάλλων στον εργασιακό αέρα χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι 7105 και 7048 της NIOSH για τον προσδιορισμό του μολύβδου (Pb) και του καδμίου (Cd) αντίστοιχα. Δεδομένου ότι οι χρόνοι δειγματοληψίας ήταν περιορισμένοι λόγω των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων σκόνης, προτιμήθηκε η τεχνική της Ατομικής Απορρόφησης Φούρνου Γραφίτη (GF - AAS) διότι μπορεί να ανιχνεύει χαμηλές ποσότητες μετάλλων.

Για την εκτίμηση των επιπέδων θορύβου στους υπό εξέταση εργασιακούς χώρους ακολουθήθηκε η μεθοδολογία μετρήσεων που ορίζει το Π.Δ 85/1991.

Για τον προσδιορισμό του μολύβδου (Pb) και του καδμίου (Cd) στο ολικό αίμα χρησιμοποιήθηκε η αναλυτική μέθοδος της Ατομικής Απορρόφησης με την τεχνική του φούρνου Γραφίτη (GF - AAS).

Αποτελέσματα ελέγχου του εργασιακού περιβάλλοντος.

Οι ευρεθείσες τιμές συγκέντρωσης στερεών αιωρούμενων σωματιδίων, στους υπό εξέταση χώρους όπου διενεργούνται εργασίες ψηγματοβολής, κυμαίνονται για μεν το “εισπνεύσιμο κλάσμα” από ένα ελάχιστο 62,6 mg/m³ σε ένα μέγιστο 186,0 mg/m³, για δε το “αναπνεύσιμο κλάσμα” από 9,7 mg/m³ μέχρι και 16,4 mg/m³.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τις TLV – TWA που προτείνονται από τους Αμερικάνικους Υγειονολόγους (AGGIH 2002) για αδρανή ή απλά ενοχλητική σκόνη με περιεκτικότητα σε κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου ≤ 1% και αναφέρονται στον Πίνακα 6.7:

	Εισπνεύσιμο κλάσμα	Αναπνεύσιμο κλάσμα
Οριακή τιμή έκθεσης για αδρανή ή απλώς ενοχλητική σκόνη	10 mg/m ³	3 mg/m ³

Πίνακας 6.7

Από τον πίνακα φαίνεται ότι οι ευρεθείσες τιμές της αιωρούμενης σωματιδιακής ρύπανσης στους υπό εξέταση εργασιακούς χώρους είναι κατά πολύ ανώτερες των προτεινόμενων Οριακών Τιμών Έκθεσης (OTE).

Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στους εργασιακούς χώρους που εξετάστηκαν κυμαίνονται από ένα ελάχιστο 2,62 μg/ m³ σε ένα μέγιστο 28,68 μg/ m³ για το μόλυβδο (Pb) και από 0,01 μg/ m³ μέχρι και 0,12 μg/ m³ για το κάδμιο (Cd). Αυτές οι τιμές ήταν κατώτερες των προτεινόμενων (OTE) από τους Αμερικάνικους Υγειονολόγους (AGGIH) για το 2003 και που ήταν 50 μg/ m³ και 10 μg/ m³ για τον μόλυβδο και το κάδμιο αντίστοιχα ενώ οι τιμές αυτές να αναφέρουμε ότι ισχύουν και σήμερα.

Στην εκτίμηση των επιπέδων θορύβου εντοπίστηκαν τιμές ισοδύναμης Α-ηχοστάθμης (Leq) που κυμαίνονται μεταξύ 94,0 και 102,4 dB (A) για 8ωρη

επαγγελματική έκθεση. Αυτές οι τιμές είναι ανώτερες κατά πολύ των προτεινόμενων τιμών έκθεσης που ορίζει το Π.Δ 85/91.

Οι συγκεντρώσεις μολύβδου στο αίμα κυμάνθηκαν μεταξύ 3,9 και 27,2 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, του δε καδμίου από 0,2 έως 5,9 $\mu\text{g}/100\text{ml}$. Αυτές οι τιμές ήταν κατώτερες των Δεικτών Βιολογικής Έκθεσης που προτεινόταν από τους Αμερικάνικους Υγιειονολόγους για το 2003 (30 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ για το μολύβδο και 5 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ για το κάδμιο). Οι τιμές της ανθρακυλαιμοσφαιρίνης κυμάνθηκαν για την ομάδα των μη καπνιστών εργαζομένων από ένα ελάχιστο 0,5% σε ένα μέγιστο 3,6% (Μ.Τ. $2,36\% \pm 1,1$) και την ομάδα των καπνιστών από 2,7% μέχρι 14, % (Μ.Τ. $6,50 \pm 2,32$).

Από την εξέταση των αποτελεσμάτων του ακοομετρικού ελέγχου προέκυψαν τα εξής :

- στο 84,2% (118 εργαζόμενοι) επί του συνόλου των εξετασθέντων παρουσιάζεται μια μείωση της ακουστικής ικανότητας από επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο.
- στο 42,1% των εξετασθέντων (59 εργαζόμενοι) η μείωση αυτή εντάσσεται στη λεγόμενη περίοδο εμφάνισης με πτώση στο τονικό ακοογράφημα της τάξης των 35-40dB στο φάσμα των 4000 Hz.
- στο 30,7% των εξετασθέντων (43 εργαζόμενοι) η μείωση της ακουστικής ικανότητας από επαγγελματική έκθεση σε θόρυβο εντάσσεται στη λεγόμενη περίοδο του μόνιμου ακουστικού τραύματος.
- το 5% των εξετασθέντων παρουσιάζουν μειωμένη ακουστική ικανότητα η οποία όμως δεν εμφανίζει τα κύρια χαρακτηριστικά της επαγγελματικής βαρηκοΐας .
- η πτώση της ακουστικής ικανότητας των εργαζομένων αυξάνεται αναλογικά με την εργασιακή ηλικία.

Τα αποτελέσματα του ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού των βλαπτικών παραγόντων του εργασιακού περιβάλλοντος καθώς και αυτά της κλινικής και εργαστηριακής διερεύνησης αναδεικνύουν το θόρυβο και τα στερεά αιωρούμενα σωματίδια ως τους βασικούς επιβλαβείς παράγοντες για την υγεία των εργαζομένων στην ψηγματοβολή.

6.7. Έρευνα για την αέρια ρύπανση από ψηγματοβολές στα ναυπηγεία της Σύρου

Η έρευνα αυτή ασχολήθηκε με την πρόβλεψη της αέριας ρύπανσης από ψηγματοβολή και επικεντρώθηκε στο ναυπηγείο “Νεώριων Νέα Α.Ε” στην Ερμούπολη της Σύρου (Σαγιάνος, 1999). Σκοπός της ήταν η εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης στις κατοικήσιμες περιοχές, αφού εκεί θα υπάρχουν επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων και η πρόταση τρόπων αντιμετώπισης. Για τη μελέτη έγινε χρήση του Γκαουσιανού μοντέλου διασποράς (Pasquill - Gifford) και ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ARCVIEW G.I.S.).

Η έρευνα αυτή παρουσιάστηκε από τους Σαγιάνο Χρίστο και Μπατίστα Νικόλαο, φοιτητές του τμήματος μηχανικών μεταλλείων – μεταλλουργών του Ε.Μ.Π στα πλαίσια της διπλωματικής τους εργασίας το 1999.

Πριν αναφερθούμε στα αποτελέσματα της έρευνας που διεξάχθηκε, θα γίνει μια σύντομη αναφορά για την καλύτερη κατανόηση του Γκαουσιανού μοντέλου διασποράς και του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Λέγοντας μοντέλο εννοούμε το σύστημα εκείνο με το οποίο μπορεί να γίνει μια πρόβλεψη ή και εκτίμηση της τιμής μιας υπό εξέταση παραμέτρου που μας ενδιαφέρει σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο και κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Ατμοσφαιρικά μοντέλα, λέγονται εκείνα τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες με σκοπό να προβλέψουν την διασπορά και την συγκέντρωση ενός ατμοσφαιρικού ρύπου, έχοντας για βάση κάποια απαραίτητα δεδομένα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικές πηγές ρύπου, μετεωρολογικές συνθήκες, αποστάσεις κατά την διεύθυνση του ανέμου και άλλους παράγοντες. Γενικά, τέτοιου είδους μοντέλα απαιτούν δύο είδους στοιχεία :

- πληροφορίες για την πηγή συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού εκπομπής του ρύπου και
- πληροφορίες για τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Τα μοντέλα χρησιμοποιούν αυτές της πληροφορίες ώστε να προσομοιώσουν μαθηματικώς ή στατιστικώς της διασπορά του ρύπου κατά την διεύθυνση του ανέμου και να δώσουν εκτιμήσεις της συγκέντρωσης σε κάποια συγκεκριμένα σημεία.

Υπάρχουν διάφορα είδη μοντέλων πρόβλεψης όπως τα μοντέλα ανατροφοδότησης, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τη μέγιστη τιμή συγκέντρωσης στην διάρκεια χρονικού διαστήματος και υπολογίζουν την ποιότητα σε κάποια χρονική στιγμή με την λογική ότι αυτή θα μειώνεται σε σχέση με τη μέγιστη τιμή γραμμικά, κλιμακώνοντας τον ρυθμό εκπομπής του ρύπου, τα στατιστικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούν μετρήσεις κάποιων μετεωρολογικών παραμέτρων, τις οποίες επεξεργάζονται στατιστικά ώστε να υπολογίσουν την ποιότητα αέρα στις ζητούμενες, κάθε φορά καταστάσεις. Επίσης υπάρχουν και τα μαθηματικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιώντας μαθηματικές εξισώσεις επίλυσης της ατμοσφαιρικής διάχυσης των ρύπων, μπορεί κανείς να υπολογίσει την ποιότητα αέρα σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμεί, εισάγοντας κάθε φορά στην εξίσωση τις κατάλληλες τιμές των παραμέτρων της εξίσωσης.

Ένα μαθηματικό μοντέλο είναι και το Γκαουσιανό μοντέλο Pasquill – Gifford. Η μαθηματική έκφραση του Γκαουσιανού μοντέλου με βάση κάποιες παραδοχές από τους Pasquill και Gifford, οι οποίες γίνονται απαραίτητα για την απλούστευση της διαδικασίας, που περιγράφει την διασπορά ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα συναρτήσει της απόστασης x κατά την διεύθυνση του κύριου ανέμου είναι η παρακάτω :

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-0.5\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left[\exp\left[-0.5\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-0.5\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right]$$

όπου C : η συγκέντρωση σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ αέρα στο επίπεδο του εδάφους

Q : είναι ο ρυθμός του ρύπου σε $\mu\text{g}/\text{sec}$

u : είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/sec

σ_y και σ_z : είναι οι τυπικές αποκλίσεις (standard deviations) κατά τον άξονα y και z αντίστοιχα, σε m και ισχύουν για $10^2 < x < 10^5$

y : είναι η απόσταση από τον άξονα x της διεύθυνσης του κύριου ανέμου, σε m

z : είναι το υψόμετρο στην επιφάνεια του εδάφους, σε m

H : είναι το μέγιστο ύψος συν το ισοδύναμο ύψος λόγω της ταχύτητας εξόδου, σε m .

Τα συστήματα πληροφοριών είναι μια αλυσίδα από εφαρμογές που οδηγεί από τον προγραμματισμό της παρακολούθησης και τη συγκέντρωση των δεδομένων, στην αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων, στη χρησιμοποίηση των παραγόμενων πληροφοριών σε μια διαδικασία που πρέπει να παρθεί μια απόφαση. Έτσι λοιπόν μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά στην βελτίωση της δυνατότητας του ανθρώπου στο να παίρνει αποφάσεις.

Ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) είναι ένα σύστημα πληροφοριών που είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί με δεδομένα, τα οποία παραπέμπουν σε χωρικές ή γεωγραφικές συντεταγμένες. Με άλλα λόγια ένα Γ.Σ.Π είναι ένα σύστημα βάσης δεδομένων με συγκεκριμένες δυνατότητες για δεδομένα σε σχέση με το χώρο, καθώς και μια ομάδα από λειτουργίες ώστε να δουλεύει και με άλλες πληροφορίες ταυτόχρονα. Κατά μία έννοια, το Γ.Σ.Π μπορεί να θεωρηθεί ως ένας άλλος χάρτης ανώτερου βαθμού.

Τα βασικά στοιχεία που πρέπει να περιέχει ένα Γ.Σ.Π είναι πέντε : η συλλογή δεδομένων, η προεπεξεργασία, η διαχείριση των δεδομένων, η επεξεργασία και ανάλυση και τέλος η παραγωγή του αποτελέσματος. Για οποιαδήποτε εφαρμογή γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών, είναι σημαντικό να εξετάζονται τα στοιχεία αυτά σαν μια συνεχόμενη και αλληλένδετη διαδικασία.

Σύμφωνα με την έρευνα, λοιπόν, η χρονική περίοδος στην οποία επικεντρώθηκε είναι η περίοδος από τον μήνα Μάιο έως τον Σεπτέμβριο, λόγω της αυξημένης τουριστικής κίνησης που παρατηρείται στο νησί. Πριν γίνει οποιοσδήποτε υπολογισμός από το μοντέλο Pasquill - Gifford για την παραγόμενη σκόνη από τις ψηγματοβολές στο ναυπηγείο, έγινε ένας προκαταρκτικός υπολογισμός της παροχής σκόνης (Q) για μια ημέρα με βάση κάποια στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από το ναυπηγείο. Για τον υπολογισμό της παροχής της σκόνης αυτής χρησιμοποιήθηκαν τα εξής στοιχεία παραγωγής τα οποία αναφέρονται ακολούθως :

- η μέση κατανάλωση αποξεστικού υλικού είναι περίπου 35 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας και πιστόλι.
- η μέση παραγωγή είναι 8-10m² ανά ώρα και πιστόλι
- οι εργατοώρες ψηγματοβολής ανηγμένες σε ένα πιστόλι είναι κατά μέσο όρο 60 – 80 την ημέρα
- οι καθαρές ώρες ψηγματοβολής ανά βάρδια (8ωρο) είναι 4
- το ποσοστό αεροματαφερόμενης σκόνης, κοκκομετρίας -10μm , που παράγεται από τις εργασίες ψηγματοβολής, ανέρχεται στο 1% περίπου του χρησιμοποιούμενου αποξεστικού υλικού.

Έτσι από τα παραπάνω στοιχεία εκτιμάται ότι η μέση ημερήσια παροχή σκόνης κοκκομετρίας -10μm, για τις μέσες συνθήκες εργασίας είναι 1,2 – 1,7gr/sec.

Στη συνέχεια έγινε μια αξιολόγηση για την επιβεβαίωση των ακριβών αποτελεσμάτων που παρέχει το μοντέλο Pasquill – Gifford και αφού έγινε με επιτυχία αυτό, προχώρησε η έρευνα για την πρόβλεψη της διασποράς της σκόνης.

Κάνοντας χρήση της εξίσωσης του μοντέλου υπολογίστηκε ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή σωματιδίων, ώστε να μην υπάρξει υπέρβαση του ετήσιου ορίου των 50μgr/m³ στο πλησιέστερο σημείο της πόλης (το οποίο απέχει 250m από το σημείο ψηγματοβολής) είναι 2,15gr/sec. Η αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή για το ημερήσιο όριο των 150 μgr/m³ είναι 6,46 gr/sec. Για την συγκεκριμένη μελέτη θεωρήθηκε παροχή σε σωματίδια PM-10, Q = 2 gr/sec. Αυτή είναι μια σχετικά αυξημένη παροχή και αντιστοιχεί σε 100 εργατοώρες ψηγματοβολής για μια ημέρα. Αυτή η κατάσταση είναι αυξημένη σε σχέση με τις μέσες τιμές παραγωγής του ναυπηγείου όμως δεν είναι κάτι που συμβαίνει σπάνια.

Η Ερμούπολη παρατηρώντας το χάρτη, βλέπουμε ότι αναπτύσσεται βόρειο - ανατολικά του χώρου του ναυπηγείου. Έτσι μελετήθηκαν τα αποτελέσματα σε περίπτωση νότιων, νότιων-νοτιοδυτικών και νοτιοδυτικών ανέμων, αφού σε αυτές τις περιπτώσεις ο άνεμος θα κατεύθυνε τους ρύπους προς την πόλη και τα κτίρια (σχολείο, σπίτια κ.λπ.). Δεν μελετήθηκε η περίπτωση των βόρειων ανέμων όπως και των ανατολικών, αφού τέτοιοι άνεμοι θα κατεύθυναν τους ρύπους προς τη θάλασσα και μη κατοικημένες περιοχές, αντίστοιχα. Μελετήθηκε, επίσης, και μια περίπτωση ψηματοβολής σε νυχτερινές συνθήκες, η οποία είναι και σχετικά συχνή όταν υπάρχει χρονική πίεση.

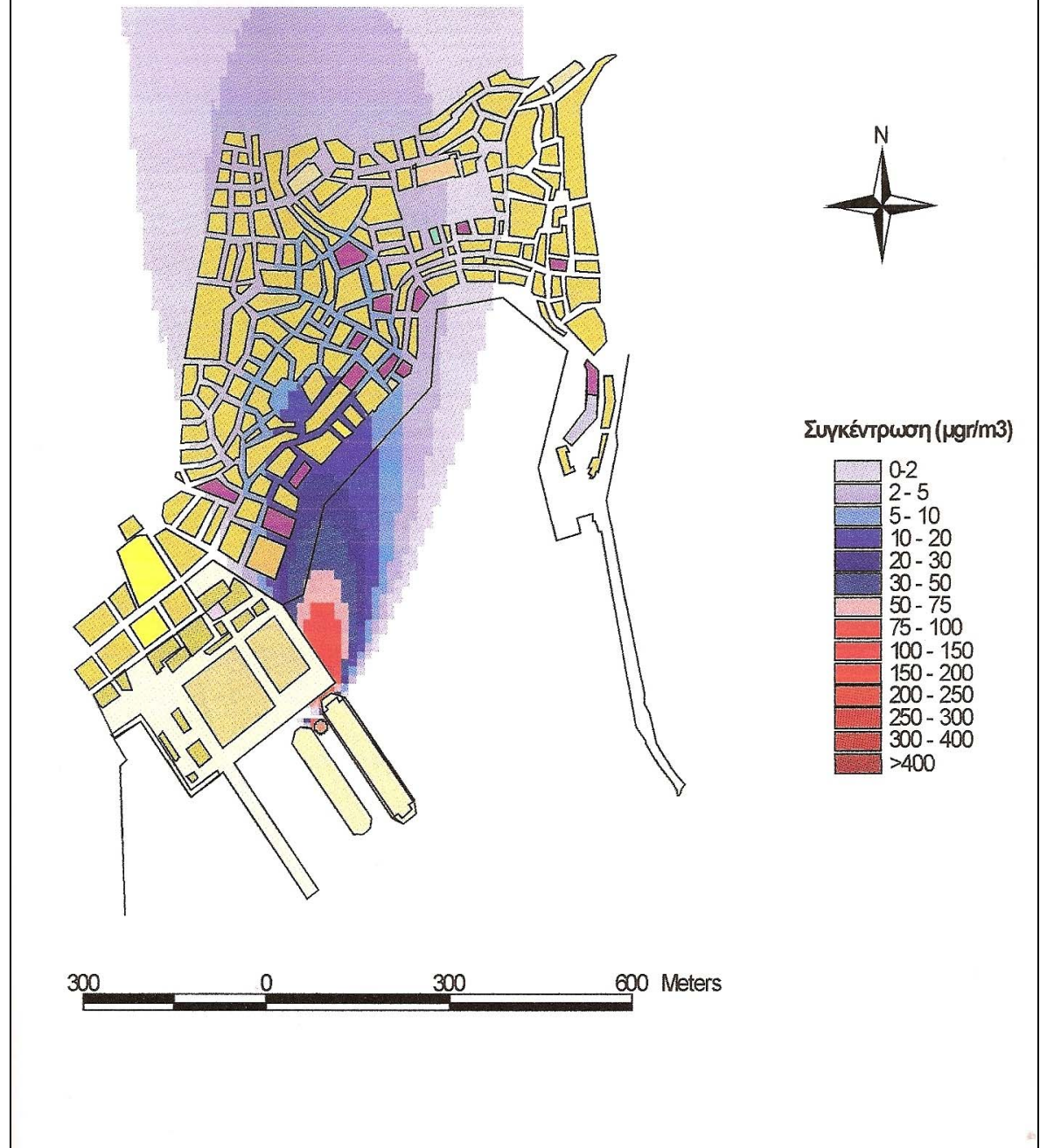
Στις παραπάνω περιπτώσεις που μελετήθηκαν, οι επιλεγόμενες κάθε φορά ταχύτητες του ανέμου είναι αυτές που παρατηρούνται συχνότερα, με βάση τα στατιστικά στοιχεία που υπάρχουν από μετεωρολογικές παρατηρήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή. Έτσι μελετήθηκε η περίπτωση των μεταβλητών ανέμων έντασης 3 Beaufort, ως πιο συχνά παρατηρούμενη περίπτωση. Για τον ίδιο λόγο μελετήθηκαν οι νότιοι άνεμοι για ταχύτητες 4-5 και 5-6 Beaufort, αφού αυτές είναι οι ταχύτητες που παρατηρούνται αρκετά συχνά. Σημειώνεται, ότι για τους ανέμους μεταβλητής διεύθυνσης, θεωρήθηκε ότι η διεύθυνση τους κυμαίνεται από νότια-νοτιοανατολική ως νότια-νοτιοδυτική, που είναι και η δυσμενέστερη περίπτωση μεταβλητών ανέμων. Μελετήθηκαν, ακόμη, περιπτώσεις όπως οι νότιο-νοτιοανατολικοί και οι νότιο-νοτιοδυτικοί.

Συνοψίζοντας, ο υπολογισμός της συγκέντρωσης έγινε για κάθε μία από τις πιο κάτω περιπτώσεις :

1. Άνεμοι νότιας διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort (Εικόνα 6.2)
2. Άνεμοι νότιας διεύθυνσης και έντασης 5-6 Beaufort (Εικόνα 6.3)
3. Άνεμοι νότιας-νοτιοανατολικής διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort (Εικόνα 6.4)
4. Άνεμοι νότιας-νοτιοδυτικής διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort (Εικόνα 6.5)
5. Άνεμοι μεταβλητής διεύθυνσης και έντασης 3 Beaufort (Εικόνα 6.6)
6. Άνεμοι νότιας διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort, για νυχτερινές συνθήκες (Εικόνα 6.7)

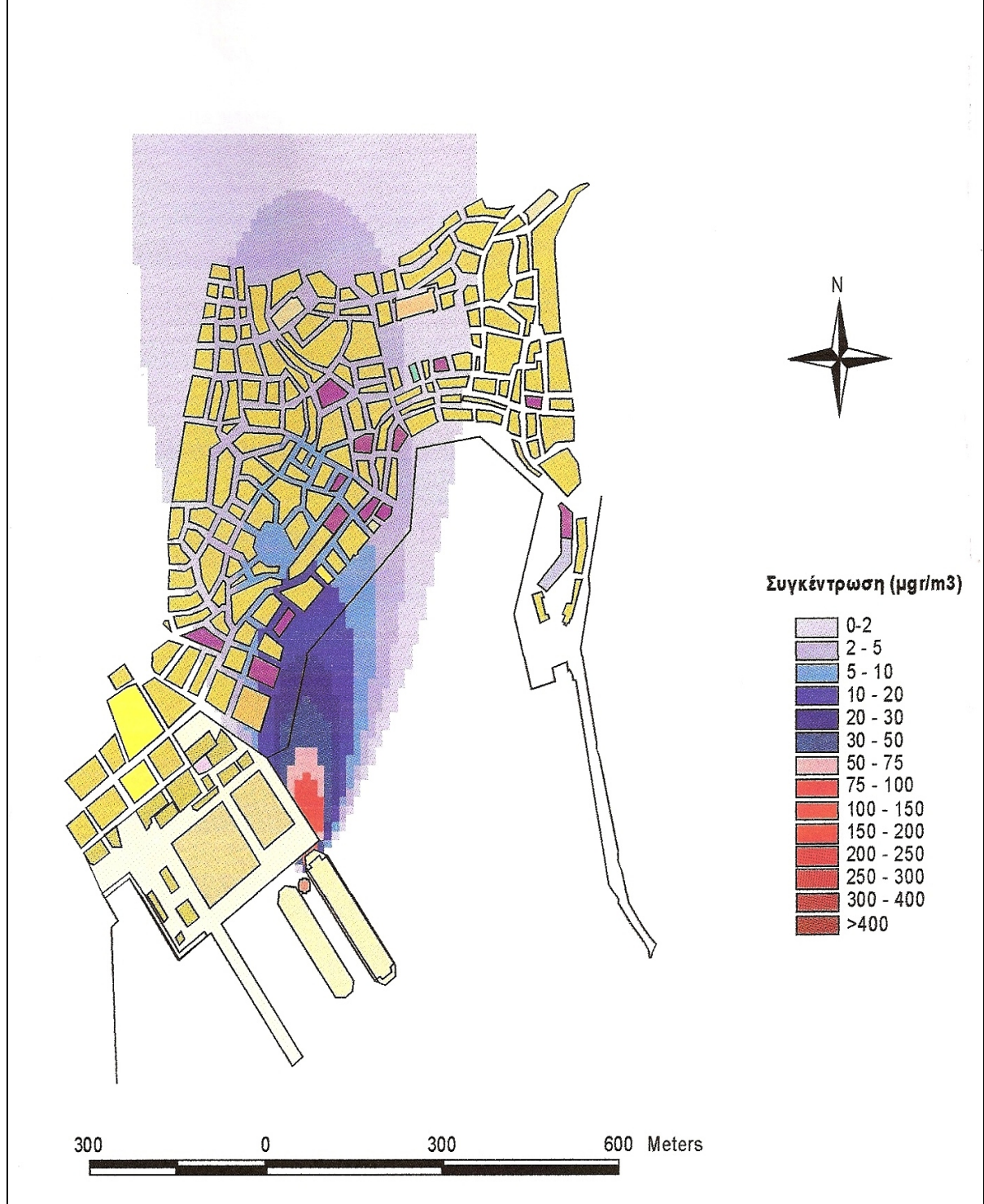
Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στις παρακάτω εικόνες:

ΝΟΤΙΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 4 - 5 BEAUFORT



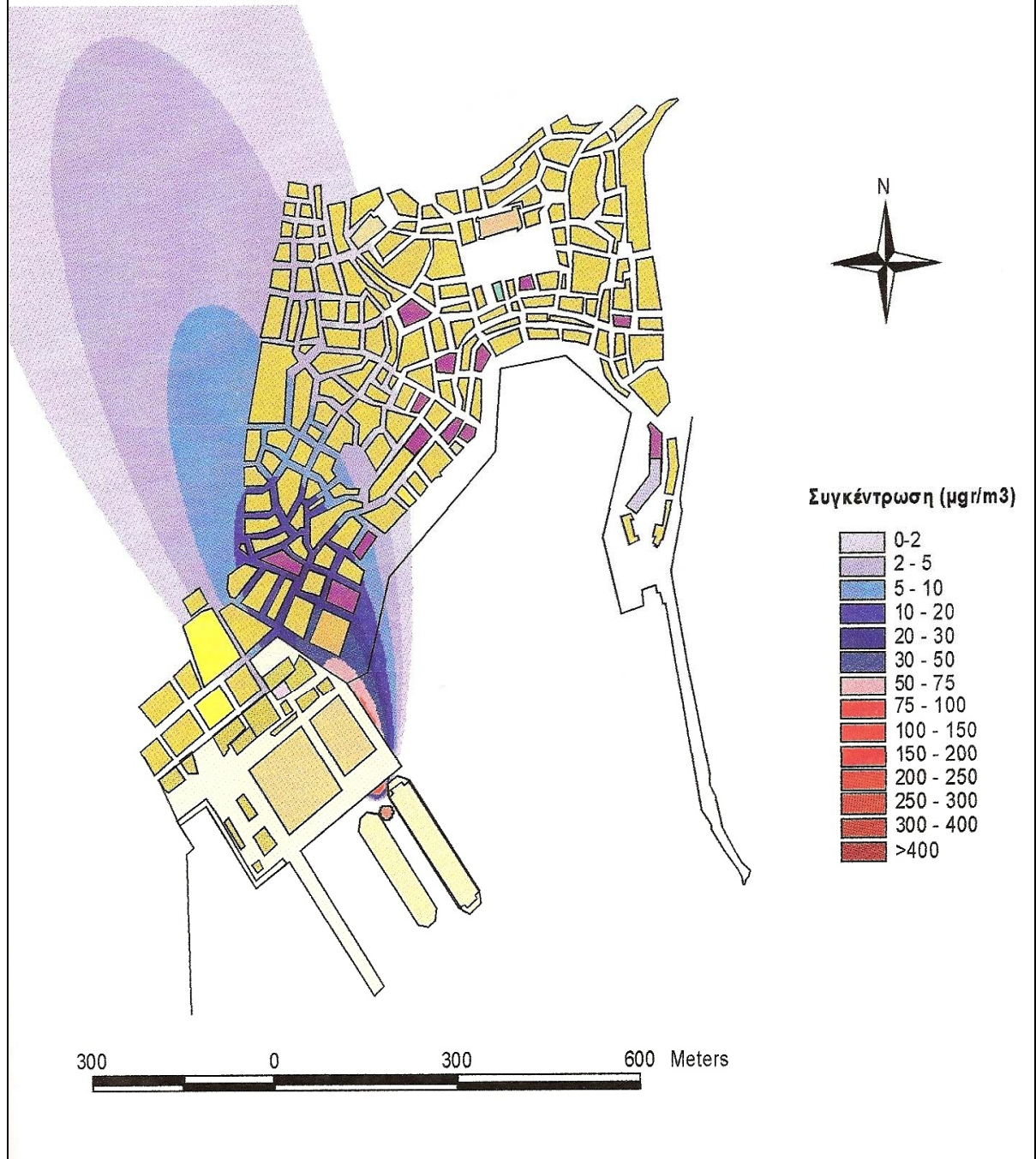
Εικόνα 6.2: Κατανομή ρύπων για άνεμους νότιας διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort

ΝΟΤΙΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 5-6 BEAUFORT



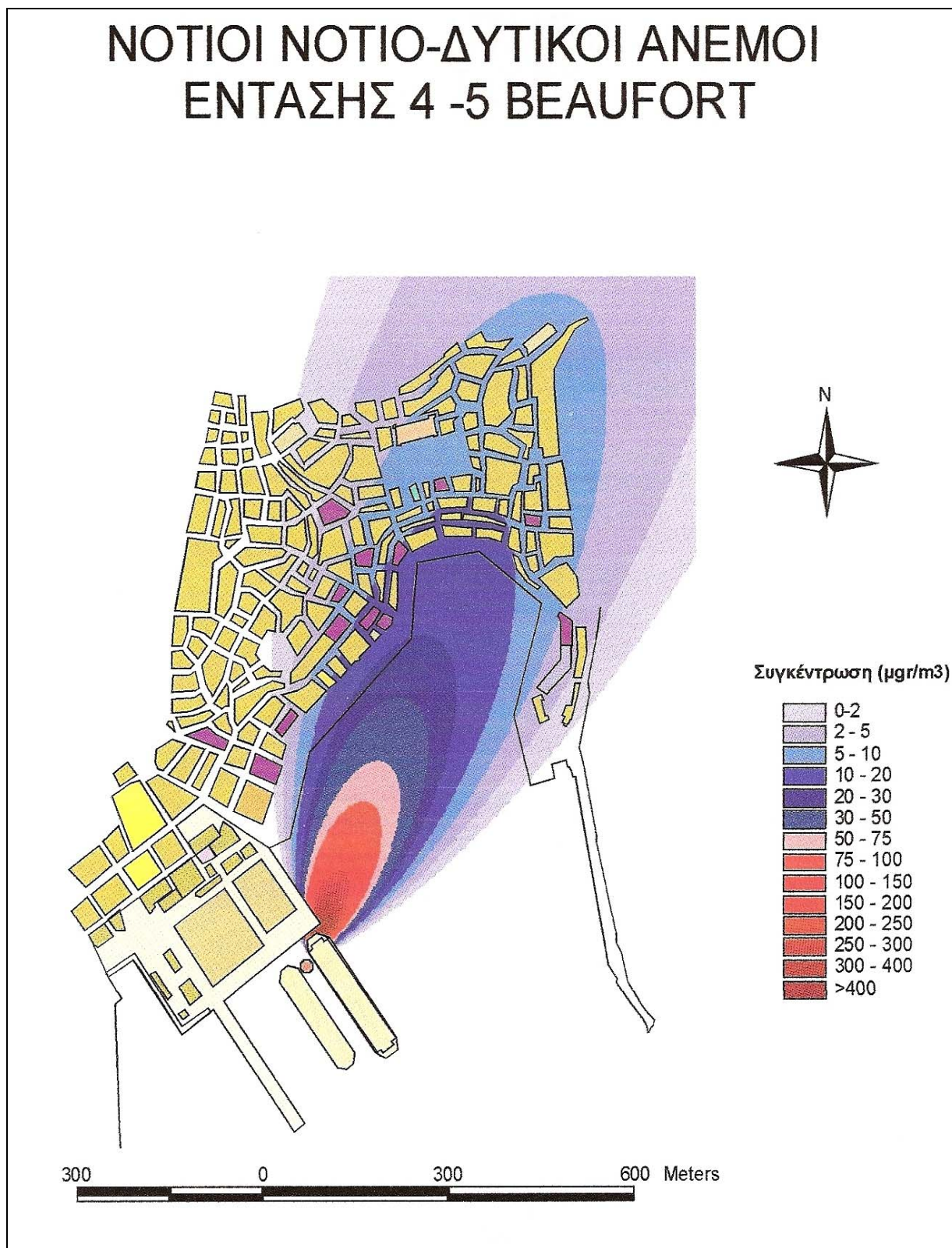
Εικόνα 6.3: Κατανομή ρύπων για άνεμους νότιας διεύθυνσης και έντασης 5-6 Beaufort

ΝΟΤΙΟΙ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 4-5 BEAUFORT



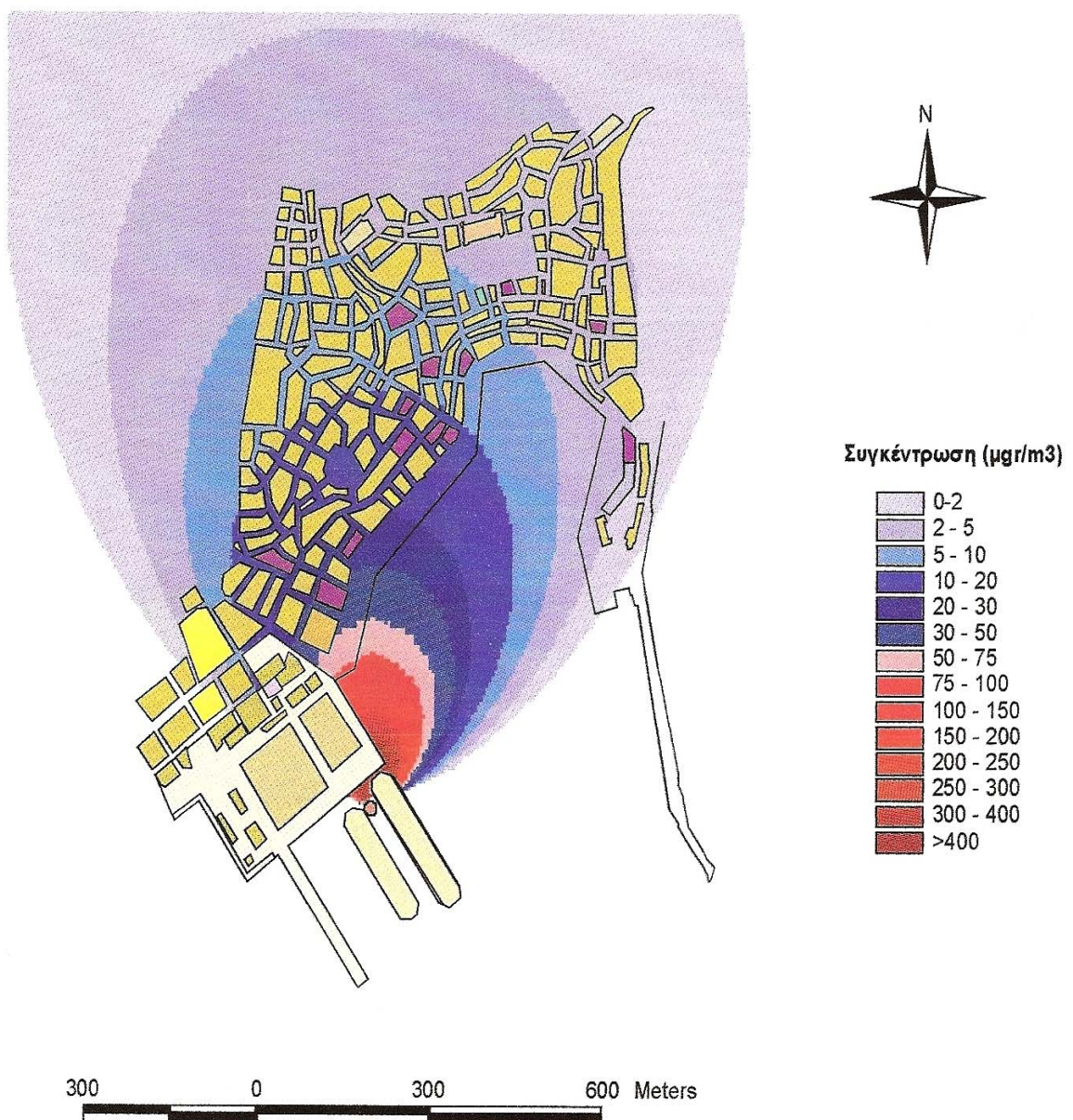
Εικόνα 6.4: Κατανομή ρύπων για άνεμους νότιας νοτιο-ανατολικής διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort

ΝΟΤΙΟΙ ΝΟΤΙΟ-ΔΥΤΙΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 4 -5 BEAUFORT



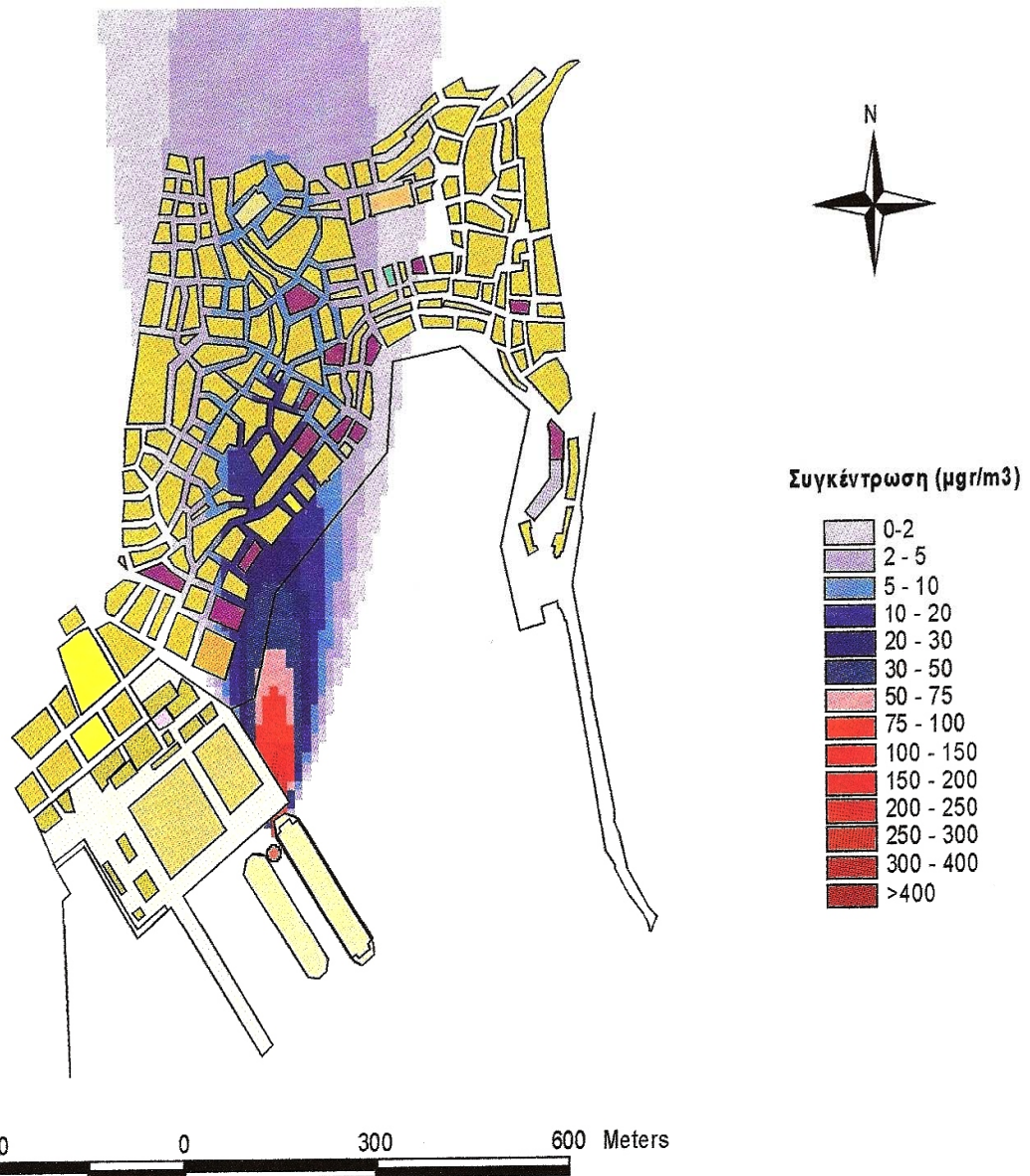
Εικόνα 6.5: Κατανομή ρύπων για άνεμους νότις νοτιο-δυτικής διεύθυνσης και έντασης 4-5 Beaufort

ΑΝΕΜΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 3 ΒΕΑΥΦΟΡΤ



Εικόνα 6.6: Κατανομή ρύπων για άνεμους μεταβλητής διεύθυνσης και έντασης 3 Beaufort

ΝΟΤΙΟΙ ΑΝΕΜΟΙ ΕΝΤΑΣΗΣ 4-5 BEAUFORT ΝΥΧΤΕΡΙΝΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ



Εικόνα 6.7: Κατανομή ρύπων για άνεμους νότιας διεύθυνσης, έντασης 4-5 Beaufort σε νυχτερινές συνθήκες

6.7.1. Σχολιασμός και συμπεράσματα αποτελεσμάτων

1. Οι Εικόνες 6.2 και 6.3 δείχνουν τις κατανομές για νότιους ανέμους με ένταση 4-5 και 5-6 Beaufort αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε ότι η διασπορά για την μεγαλύτερη ένταση είναι μικρότερη κατά τους άξονες κάθετα και οριζόντια στην διεύθυνση του ανέμου, ενώ για ένταση 4-5 Beaufort παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σωματιδίων.
2. Οι κατανομές που απεικονίζονται στις Εικόνες 6.2 και 6.7 προκύπτουν για τις ίδιες συνθήκες διεύθυνσης και έντασης ανέμου, αλλά η 6.7 προκύπτει από εκπομπή κατά την διάρκεια της νύχτας. Παρατηρήθηκε ότι τη νύχτα η διασπορά του νέφους είναι μικρότερη κατά τον κάθετο άξονα στη διεύθυνση του ανέμου. Πάνω στη διεύθυνση του ανέμου όμως, παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε σχέση με αυτές που σημειώνονται κατά την διάρκεια της μέρας.
3. Στην Εικόνα 6.6 παρατηρήθηκε ότι το νέφος του ρύπου καλύπτει, σχεδόν, ολόκληρη την πόλη. Επίσης, σημειώνονται αυξημένες συγκεντρώσεις, λόγω της μικρής σχετικά ταχύτητας του ανέμου.
4. Οι βόρειοι άνεμοι θεωρούνται ευνοϊκοί αφού απομακρύνουν τη σκόνη της ψηγματοβολής από την πόλη προς τη θάλασσα. Από τη στιγμή που αυτοί παρατηρούνται πιο συχνά στην περιοχή είναι σχετικά απίθανο να σημειωθεί μέση ετήσια συγκέντρωση PM-10 μεγαλύτερη από $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, το οποίο είναι το όριο που έχει θεσπίσει η US EPA για κατοικημένες περιοχές.
5. Παρατηρήθηκε ότι για μέσες ή και σχετικά επιβαρημένες τιμές παροχής και με επικράτηση δυσμενών καιρικών συνθηκών, δεν σημειώνεται υπέρβαση των ετήσιων ή και ημερήσιων προτεινόμενων ορίων.
6. Κατά την επικράτηση ανέμων μεταβλητής διεύθυνσης και έντασης 3 Beaufort δεν υπάρχει υπέρβαση των ορίων στις κατοικημένες περιοχές. Όπως σημειώθηκε, θεωρήθηκαν οι δυσμενέστερες διευθύνσεις για τον άνεμο. Αν όμως κάποια στιγμή ο άνεμος έχει διεύθυνση βόρεια ή και ανατολική οι συγκεντρώσεις στα διάφορα σημεία της πόλης θα είναι σημαντικά μικρότερες.
7. Με επικράτηση ανέμων μεγαλύτερης έντασης, παρατηρήθηκαν μειωμένες συγκεντρώσεις σωματιδίων σε όλη την περιοχή πάνω από την οποία εκτείνεται το νέφος, καθώς και μικρότερη διασπορά.
8. Τη νύχτα η διασπορά του νέφους είναι μικρότερη κατά τον κάθετο άξονα στη διεύθυνση του ανέμου. Πάνω στην διεύθυνση του ανέμου όμως, παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε σχέση με αυτές που σημειώνονται κατά την διάρκεια της ημέρας. Προτείνεται ότι θα πρέπει να αποφεύγονται εργασίες ψηγματοβολής κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν επικρατούν άνεμοι νότιας διεύθυνσης.
9. Οι κατανομές των ρύπων που απεικονίζονται στα σχήματα αφορούν μόνο τα αιωρούμενα σωματίδια PM-10 και όχι όλη τη σκόνη που εκπέμπεται από τον χώρο της ψηγματοβολής. Είναι φανερό, λοιπόν, ότι στην πραγματικότητα υπάρχει μια επιπλέον επιβάρυνση της ατμόσφαιρας.
10. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις που απεικονίζονται προέρχονται μόνο από εργασίες ψηγματοβολής. Ακόμα και τις ημέρες που δεν γίνονται εργασίες, από μετρήσεις που έγιναν, βρέθηκε ότι υπάρχει στην ατμόσφαιρα μια συγκέντρωση σωματιδίων περίπου $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι συνολικές συγκεντρώσεις, λοιπόν, για κάθε περίπτωση θα είναι μεγαλύτερες από αυτές που απεικονίζονται.

6.8. Επιπτώσεις από την υδροβολή

Εκτός από την ψηγματοβολή, στα ναυπηγεία εκτελούνται και εργασίες υδροβολής, με την οποία αποφεύγεται η ρύπανση από τη σκόνη ή από την εκτόξευση του αποξεστικού υλικού αλλά και από την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων λόγω της απουσίας του αποξεστικού. Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα τα οποία την καθιστούν φιλική προς το περιβάλλον που έχουν αναφερθεί και κατά την παρουσίαση της υδροβολής σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι τα εξής :

- Η απουσία αποξεστικού υλικού που σημαίνει μηδενισμό της όχλησης του περιβάλλοντος, των εργαζομένων, αλλά και των κατοίκων των περιοχών κοντά σε ένα ναυπηγείο, από τη σκόνη.
- Για τον ίδιο λόγο, το περιβάλλον δεν επιβαρύνεται με την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων χρησιμοποιούμενων ψηγμάτων όπως στην περίπτωση της ψηγματοβολής.
- Το νερό είναι ένα καθαρό φυσικό μέσο και οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται στην υδροβολή, μπορούν να φιλτραριστούν και να καθαριστούν πριν ανακυκλωθούν ή απορριφθούν, έτσι ώστε το περιβάλλον να μην επιβαρύνεται καθόλου με ρύπανση από υγρά απόβλητα.
- Οφέλη για την ανθρώπινη υγεία : Η υγεία των χειριστών αλλά και των υπολοίπων εργαζομένων που έρχονται σε επαφή με την υδροβολή, δεν κινδυνεύει από προβλήματα υγείας που μπορεί να εμφανιστούν στην ψηγματοβολή. Για τον ίδιο λόγο, δεν επιβάλλεται η χρήση αεροτροφοδοτούμενου αναπνευστικού κράνους.

Ωστόσο η υδροβολή έχει υψηλό κόστος για την εφαρμογή της και έχει κάποια μειονεκτήματα τα οποία αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μερικά από τα πιο σημαντικά προβλήματα που δημιουργούνται κατά την διάρκεια της υδροβολής είναι τα εξής:

- 1. Εξαιτίας της χρήσης του νερού αυτό έχει σα συνέπεια την ακαριαία οξείδωση του μετάλλου.
- 2. Υπάρχει πρόβλημα ασφάλειας για τους χειριστές λόγω της πολύ υψηλής πίεσης
- 3. Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να πετύχει καλύτερη ποιότητα καθαρισμού από ότι είχε γίνει την προηγούμενη φορά.
- 4. Οι υδροβολές δεν επιτυγχάνουν μεγάλη-επιθυμητή μικροτραχύτητα η οποία είναι απαραίτητη για να πιάσει το χρώμα και προκαλούν εκ νέου άμεση οξείδωση στην επιφάνεια. Η τεχνολογία μπογιών ωστόσο έχει βελτιωθεί ώστε να μπορούν οι μπογιές να πιάνουν σε επιφάνειες με μικρή τραχύτητα και μικρό ποσοστό οξείδωσης.

6.9. Ψηγματοβολή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες

Αν η μέθοδος της ανοικτής ξηρής ψηγματοβολής εφαρμοζόταν σε κλειστούς χώρους, όπως για παράδειγμα συμβαίνει κατά την ψηγματοβολή στα αμπάρια των πλοίων, σίγουρα θα αποφευγόταν η δημιουργία του νέφους από τη σκόνη.

Συμπέρασματα – Πρόταση:

Η εφαρμογή της μεθόδου της ψηγματοβολής αποτελεί σίγουρα έναν από τους καλύτερους τρόπους για την αποσκωρίαση των μεταλλικών επιφανειών. Ωστόσο όμως, αποτελεί και μία βασική πηγή από την οποία προκύπτουν προβλήματα σοβαρά, τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο.

Η μη εφαρμογή της μεθόδου δεν αποτελεί λύση του προβλήματος. Αντιθέτως μία βέλτιστη πρόταση θα ήταν η εφαρμογή της ξηρής ψηγματοβολής σε συνδυασμό με κάποιες εναλλακτικές μεθόδους και τεχνολογίες για την κατακράτηση της σκόνης (αναφορά θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο) κάτω όμως από τις εξής προϋποθέσεις:

1. Κατάλληλες καιρικές συνθήκες: Οι άνεμοι να πνέουν σε χαμηλά μποφόρ και η θερμοκρασία να μην είναι υψηλή (π.χ. καλοκαιρινή περίοδο). Αντίθετα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται η μεταφορά του νέφους της σκόνης πιο εύκολη και η ατμόσφαιρα στη γύρω περιοχή γίνεται πιο αποπνικτική.
2. Κατάλληλες περιόδους (μη τουριστικές): Η εφαρμογή δηλαδή της μεθόδου να μη γίνεται σε περιόδους τουριστικής αιχμής, όπου προκαλεί πρόβλημα στον τουρισμό και κατ' επέκταση σ' αυτούς που επιβιώνουν απ' αυτόν όπως για παράδειγμα το ναυπηγείο της Σύρου και της Χαλκίδας.
3. Κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ): Οι επιχειρήσεις να παρέχουν τα κατάλληλα ΜΑΠ στους ψηγματοβολιστές για να αποφεύγονται οι διάφορες επιπλοκές από την εφαρμογή της μεθόδου. Βέβαια, σ' αυτά πρέπει να συμμορφώνονται και οι ίδιοι οι εργαζόμενοι.
4. Συνδυασμός μεθόδων αποσκωρίασης: Η ψηγματοβολή να εφαρμόζεται σε κλειστούς χώρους ενώ για τις εξωτερικές μεταλλικές επιφάνειες να εφαρμόζεται η υδροβολή ή άλλη εναλλακτική μέθοδος. Για παράδειγμα, στο Πέραμα για εξωτερικό καθαρισμό εφαρμόζεται μόνο υδροβολή λόγω κατοικημένης περιοχής, γιατί όχι και στα άλλα ναυπηγεία;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

7.1. Εισαγωγή

Η ανοικτή ξηρή ψηγατοβολή είναι σήμερα η αποδοτικότερη και οικονομικότερη μέθοδος καθαρισμού και προετοιμασίας μεγάλων μεταλλικών επιφανειών και κατασκευών. Τα πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας αυτής, αλλά και τα μειονεκτήματα της σε σχέση με τις δυνατές επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία, έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Δημιουργείται επομένως η ανάγκη αντικατάστασης της από παρεμφερείς μεθόδους, με στόχους την εξάλειψη ή τουλάχιστον την άμβλυνση των συνεπαγόμενων περιβαλλοντικών προβλημάτων που επιφέρει, χωρίς όμως να χαθούν τα σοβαρά της πλεονεκτήματα, όπως και η οικονομικότητα και η αποτελεσματικότητα.

Πιο κάτω αναφέρονται κάποιες εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού και προστασίας των μεταλλικών επιφανειών που συναντώνται στις Ν/Ε εργασίες αλλά και γενικότερα για άλλες χρήσεις, που ίσως με κατάλληλη έρευνα να γίνονταν αποδεκτές και για τον δικό μας σκοπό.

7.2. Υδροαμβολή

Αποτελεί την πρώτη εναλλακτική μέθοδο και άρχισε να εφαρμόζεται βιομηχανικά εδώ και περίπου 40 χρόνια. Αναπτύχθηκε με κύριο στόχο τη μείωση της σκόνης που παράγεται από τη ξηρή ψηγατοβολή.

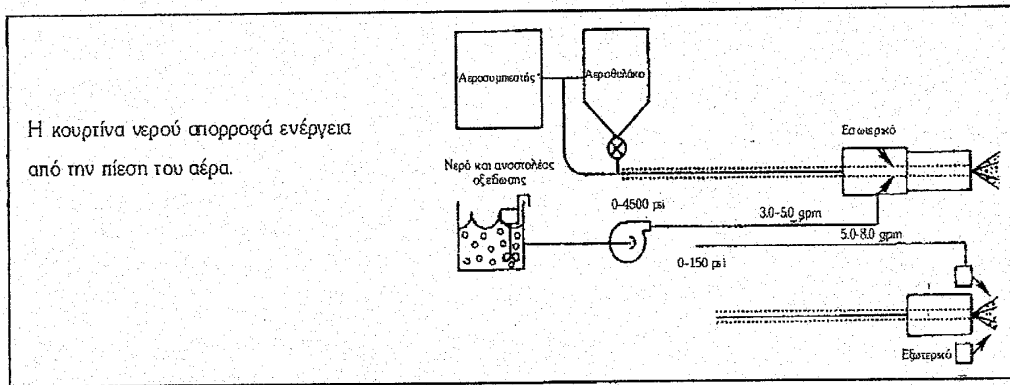
Όλες οι τεχνικές υδροαμβολής, που έχουν αναπτυχθεί, δεν εξαλείφουν το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης, απλώς το μειώνουν κατά ένα ποσοστό ανάλογα με την τεχνική που εφαρμόζεται. Αποτέλεσμα είναι πάλι η παρουσία σκόνης στο χώρο εργασίας η οποία μεταφέρεται και στον περιβάλλοντα χώρο με τις επιπτώσεις που αναφέραμε προηγουμένως.

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα της, παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα με συνέπεια να μην μπορεί να εδραιωθεί ως μια αξιόπιστη λύση στον καθαρισμό μεταλλικών επιφανειών. Τα κυριότερα της είναι το υψηλό κόστος, οι μεγάλες απαιτήσεις σε φρέσκο νερό, οι χαμηλοί βαθμοί παραγωγικότητας στις περισσότερες περιπτώσεις, η εμφάνιση ακαριαίας οξειδωσης πάνω στην καθαρή επιφάνεια μετά από πολύ μικρό χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα να επιβάλλεται η χρησιμοποίηση αντισκωριακών διαλυμάτων (inhibitors) και η παραγωγή επιβαρημένων υγρών αποβλήτων αφού αυτά αποτελούνται από μίγμα νερού και αποξεστικού με αποτέλεσμα η διαχείριση των αποβλήτων να είναι δύσκολη.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές υδροαμβολής, με σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, οι σημαντικότερες από τις οποίες δίνονται συνοπτικά ακολούθως.

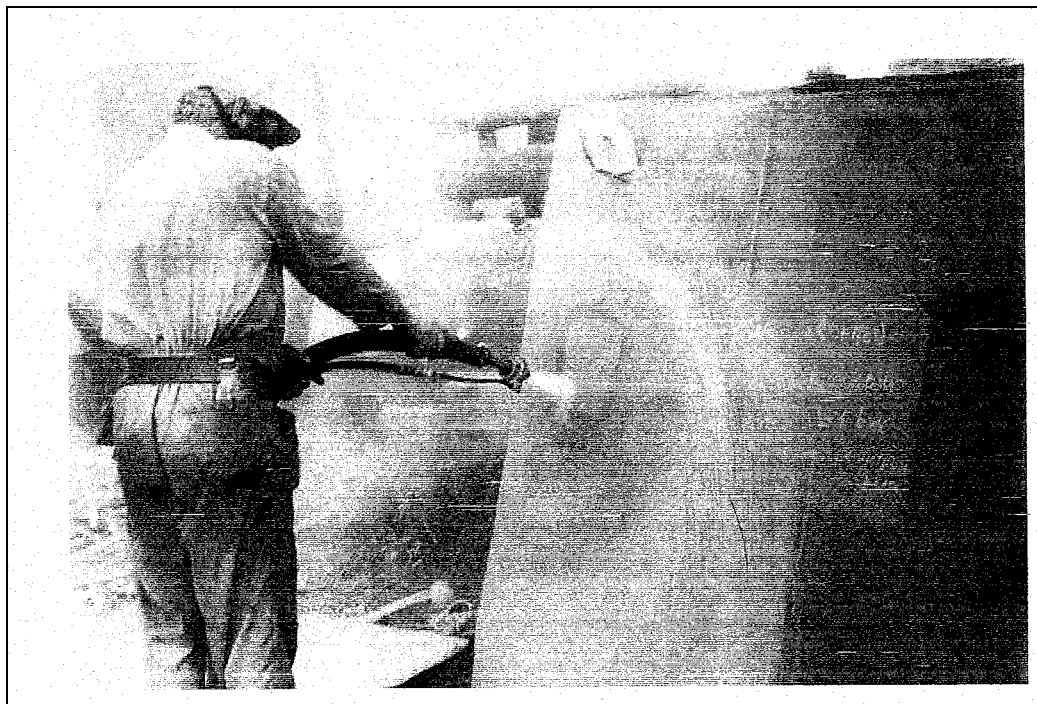
7.2.1. Υδροαμβολή με “κουρτίνα” νερού

Κατά την τεχνική αυτή, ένας απλός κυλινδρικός προσαρμογέας τοποθετείται γύρω από το ακροφύσιο, δημιουργώντας έναν κώνο νερού γύρω από το ρεύμα αέρα και του αποξεστικού, όταν αυτό αφήνει το ακροφύσιο (Σχήμα 7.1). Η μείωση της ταχύτητας του αποξεστικού τη στιγμή που αυτό φεύγει από το ακροφύσιο είναι μικρή, καθώς το νερό δεν αναμειγνύεται μέχρι εκείνη στιγμή με το αποξεστικό.



Σχήμα 7.1: Υδροαμμοβολή με κουρτίνα νερού

Η τεχνική αυτή μειώνει το ποσοστό της αερομεταφερόμενης σκόνης κατά 50-75%. Εμφανίζει όμως το μειονέκτημα της εμφάνισης άμεσης οξείδωσης στην επιφάνεια και της μικρής μείωσης της ταχύτητας καθαρισμού, σε σχέση με την ψηγματοβολή, λόγω του ότι η κουρτίνα νερού απορροφά ενέργεια από την πίεση του αέρα (Εικόνα 7.1)

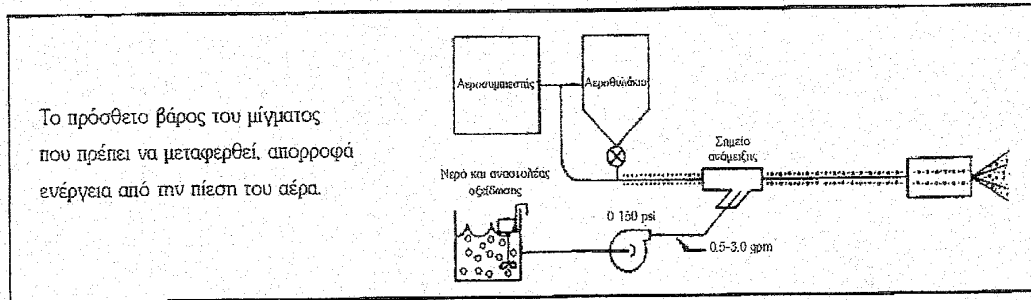


Εικόνα 7.1: Υδροαμμοβολή με “κουρτίνα” νερού

7.2.2. Υδροαμμοβολή τύπου πολφού

Σύμφωνα με αυτή την τεχνική (Σχήμα 7.2), το νερό προστίθεται στο αποξεστικό μέσα στον σωλήνα, σε σημείο ανάμεσα στην κεντρική μονάδα και το ακροφύσιο. Έτσι το μίγμα αέρα, νερού και αποξεστικού προωθείται στον σωλήνα και φθάνει στο ακροφύσιο. Χαρακτηριστικό της τεχνικής αυτής είναι ότι ο αέρας, το νερό και αποξεστικό μπορούν να χειρίζονται ανεξάρτητα, είτε από τον ίδιο τον αμμοβολιστή με τη βοήθεια μικροδιακοπών, είτε από άλλο χειριστή ο οποίος μπορεί να βρίσκεται σε ακουστική επαφή με τον αμμοβολιστή (Woodson, 1988).

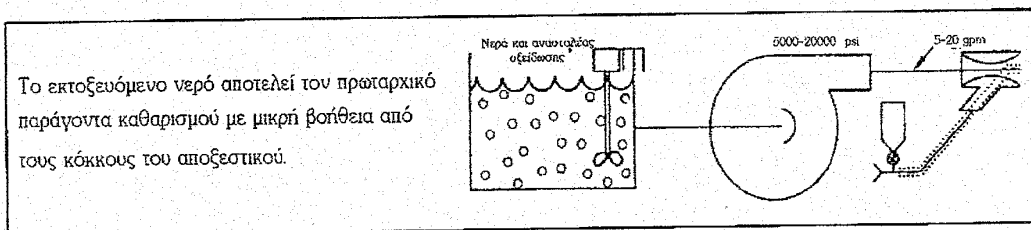
Πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι η δραστική μείωση της παραγόμενης σκόνης, λόγω της πλήρους ανάμειξης του αποξεστικού με το νερό. Το πολύ σημαντικό όμως μειονέκτημα της απορρόφησης μεγάλου ποσοστού ενέργειας από την πίεση του αέρα, λόγω του πρόσθετου βάρους του μίγματος που πρέπει να μεταφερθεί, μαζί με το υψηλό κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού, καθιστούν δύσκολη την εφαρμοσιμότητά της.



Σχήμα 7.2: Υδροαμβολή τύπου πολυφού

7.2.3. Υδροαμβολή με έγχυση αποξεστικού

Τέλος, έχει αναπτυχθεί μια τεχνική υδροαμβολής κατά την οποία το νερό και το αποξεστικό φθάνουν στην επιφάνεια με πίεση 340-1300 bar (5000-20000 psi) (Woodson, 1988). Ποσότητα νερού παρασύρει το απξεστικό στην ροή του και καταλήγουν στο ακροφύσιο, το οποίο είναι συνήθως τύπου venturi, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα για ανεξάρτητο χειρισμό του νερού και του αποξεστικού (Σχήμα 7.3).



Σχήμα 7.3: Υδροαμβολή με έγχυση αποξεστικού

Παρόλο που η τεχνική αυτή έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο στην απόδοση καθαρισμού όσο και στον ίδιο τον καθαρισμό της επιφάνειας, το υψηλό κόστος χρήσης καθώς και οι υψηλές ενεργειακές της απαιτήσεις συνιστούν ανασταλτικό παράγοντα για την ευρεία χρησιμοποίησή της.

7.3. Υδροβολή

Η υδροβολή, παρουσιάστηκε εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο, παρουσιάζει συγγενή χαρακτηριστικά με την υδροαμβολή, με κύριες διαφορές τις υψηλές πιέσεις νερού και την απουσία αποξεστικού μέσου. Αποτελεί την τελευταία εξέλιξη στον χώρο των εναλλακτικών τεχνικών καθαρισμού. Το πεδίο εφαρμογών της καλύπτει από υποθαλάσσιους καθαρισμούς μέχρι την κοπή πετρωμάτων.

Παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως πλήρης απουσία σκόνης, ελαχιστοποίηση των παραγόμενων αποβλήτων, αποτελεσματική απομάκρυνση

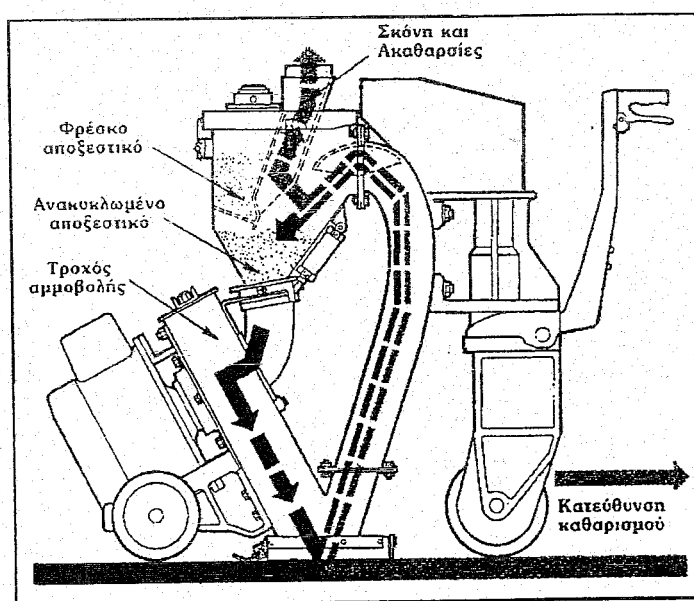
αλάτων, λαδιών, γράσων και άλλων υλικών από την επιφάνεια και απομάκρυνση χημικών υπολειμμάτων και κελιών διάβρωσης.

Όμως παρουσιάζει και σημαντικά μειονεκτήματα, όπως αδυναμία δημιουργίας μικροτραχύτητας για σωστή προετοιμασία της επιφάνειας, υψηλό κόστος, μικρό εύρος εφαρμογών λόγω του βαρέως και δυσκίνητου εξοπλισμού, απαίτηση για πολύ μεγάλες ποσότητες φρέσκου νερού, μεγάλη δύναμη ώθησης στον αμμοβολιστή, επιτάχυνση της ακαριαίας οξείδωσης λίγα λεπτά μετά τον καθαρισμό της επιφάνειας και επομένως απαίτηση για χρήση αναστολέων οξείδωσης και χαμηλή αποδοτικότητα. Για τους λόγους αυτούς, παρόλο που είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη μέθοδος, δεν έχει υιοθετηθεί σαν αξιόπιστη μέθοδος καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών επιφανειών.

7.4. Ψηγματοβολή υπό κενό (Vacuum Blasting)

Η τεχνική ψηγματοβολής υπό κενό, με ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του αποξεστικού, αναπτύχθηκε κυρίως τα τελευταία 20 χρόνια και αποτελεί διεθνώς μια κοινή πρακτική για πολλές εφαρμογές ψηγματοβολής, όπως εργασίες συντήρησης σε κλειστούς χώρους (αμπάρια, εσωτερικά φορτηγών αυτοκινήτων, σιδηροδρομικών αμαξών, δεξαμενών, κ.λπ.).

Τα βασικά στοιχεία (Mallory, 1983) από τα οποία αποτελείται ένα Vacuum Blasting (Σχήμα 7.4) είναι η χοάνη φόρτωσης αποξεστικού, το εργαλείο συλλογής του αποξεστικού με κεφαλή και βούρτσα, η χοάνη αποθήκευσης, ο διαχωριστής αποξεστικού, τα τύμπανα σκόνης και ο αναρροφητής.



Σχήμα 7.4: Σύστημα ψηγματοβολής υπό κενό

Η βασική διαφορά ανάμεσα σε ένα Vacuum Blasting και σε ένα σύστημα ανοικτής ψηγματοβολής είναι ότι στο πρώτο, μετά την ψηγματοβολή το ανακυκλώσιμο αποξεστικό υλικό επανακτάται μέσω ειδικού μηχανισμού συλλογής

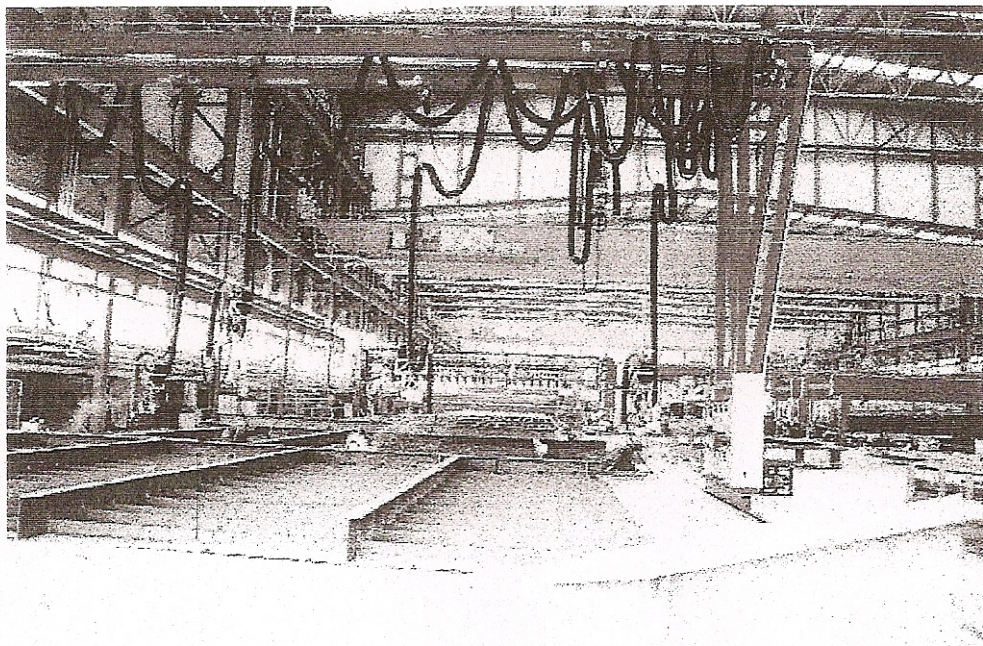
στην ειδική μηχανή, όπου το χρήσιμο υλικό διαχωρίζεται από τις ακαθαρσίες και προωθείται για επαναχρησιμοποίηση (Cavallo J., 2001).

Αυτό ακριβώς το χαρακτηριστικό είναι που καθιστά το Vacuum Blasting ενδιαφέρον, αφού επιτρέπει τη σχεδόν παράλληλη εκτέλεση συναφών εργασιών, όπως η βαφή. Εκτός αυτού, παρουσιάζει και άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η ελαχιστοποίηση των αναπνευστικών κινδύνων με αποτέλεσμα να μην υφίσταται πλέον επιτακτική η ανάγκη για προστατευτικά αναπνευστικά συστήματα, αεροτροφοδοτούμενα κράνη κ.λπ. και ή μη δημιουργία αποβλήτων, τα οποία θα έπρεπε στη συνέχεια να συλλεχθούν ή να καθαριστούν, διαδικασίες που συνεπάγονται επιπλέον κόστος και σημαντική χρονική καθυστέρηση (Goldie B., 1999).

Όμως και η τεχνική αυτή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα, όπως σαφώς κατώτερη ταχύτητα καθαρισμού και επιτυγχανόμενη ποιότητα καθαρισμού σε σύγκριση με την κλασική ψηγματοβολή, πολύ μεγάλη δαπάνη αρχικού κεφαλαίου για την αγορά εξοπλισμού τέτοιου τύπου, δυσκολία μετακίνησης του εξοπλισμού σε πολλούς χώρους εργασίας.

7.5. Ψηγματοβολή κλειστού τύπου

Η ψηγματοβολή κλειστού τύπου (Εικόνα 7.3) έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με την ανοικτή ξηρή ψηγματοβολή και εκτελείται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους (blast cabinets ή blast rooms). Οι χώροι αυτοί κατασκευάζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας που πρόκειται να εκτελεστεί, έχουν μεγάλο εύρος μεγεθών, σχημάτων και τύπων καθαρισμού, μπορεί δε να είναι χειροκίνητη έως πλήρως αυτοματοποιημένη. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλα εργοστάσια κυρίως για καθαρισμό εξαρτημάτων, την κατάλληλη διαμόρφωση της επιφάνειας για την αποτελεσματική πρόσφυση του επιστρώματος, αλλά και για τον έλεγχο της αντοχής σε κόπωση διαφόρων επιφανειών.



Εικόνα 7.3: Χώρος διενέργειας κλειστών ψηγματοβολών

Η ψηγματοβολή κλειστού τύπου εφαρμόστηκε με σκοπό τη μείωση των δύο κύριων περιβαλλοντικών προβλημάτων που δημιουργούνται με τις ανοικτές ψηγματοβολές.

Οι χώροι όπου εκτελούνται ψηγματοβολές κλειστού τύπου διαθέτουν σύστημα ανάκτησης του αποξεστικού μέσου, μέσω του οποίου απομακρύνονται όλες οι ακαθαρσίες από το χρησιμοποιημένο αποξεστικό, ώστε να μπορέσει να επαναχρησιμοποιηθεί. Έτσι, με την ανακύκλωση του υλικού ελαχιστοποιούνται τα στερεά απόβλητα. Ταυτόχρονα οι χώροι είναι εφοδιασμένοι με συστήματα αερισμού, με τη βοήθεια των οποίων η παραγόμενη σκόνη διοχετεύεται σε απαγωγούς και συγκρατείται από φίλτρα ειδικών τύπων με αποτέλεσμα την απουσία αναπνευστικών κινδύνων.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις ψηγματοβολές κλειστού τύπου είναι ανακυκλώσιμα μεταλλικά αποξεστικά (steel shot ή steel grit), γυάλινες χάντρες (glass beads), οξείδιο του αλουμινίου ή άλλα τυποποιημένα αποξεστικά. Η ψηγματοβολή κλειστού τύπου έχει πολύ περιορισμένο φάσμα εφαρμογών και δεν παρουσιάζει κάποια σημεία ιδιαίτερου προβληματισμού. Ταυτόχρονα, σε σχέση με τις ψηγματοβολές ανοικτού τύπου, εμφανίζει το μειονέκτημα της μεγάλης δαπάνης αρχικού κεφαλαίου.

7.6. Ψηγματοβολή με σφαιρίδια ψευδαργύρου

Η τεχνική αυτή αποτελεί τροποποίηση της συνήθους διαδικασίας ψηγματοβολής με μεταλλικά αποξεστικά και σε αυτήν το ρόλο αποξεστικού τον έχουν μεταλλικά σφαιρίδια ψευδαργύρου (Naylor J.P, 1983). Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία μιας λεπτής διακεκομμένης στρώσης ψευδαργύρου που παραμένει πάνω στην καθαρισμένη χαλύβδινη επιφάνεια μετά την ψηγματοβολή. Αυτή η στρώση έχει πάχος μόλις 1,3μm, αλλά είναι αρκετή για να αποτρέψει την δημιουργία οξειδωσης για την χρονική διάρκεια που απαιτείται για το πέρας της εργασίας.

Η τεχνική αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία γιατί αντιμετωπίζει το μείζον πρόβλημα της ακαριαίας οξειδωσης του χάλυβα. Αποτελεί επομένως λύση προς την κατεύθυνση της συνεχούς και απρόσκοπτης διαδικασίας της βαφής. Το SSPC στις ΗΠΑ, έχει αποδείξει πως η στρώση του ψευδαργύρου όχι μόνο είναι συμβατή με τα συνηθισμένα χρώματα, αλλά επιμηκύνει και την διάρκεια ζωής τους.

Πάντως, η βιομηχανική εφαρμογή της μεθόδου είναι περιορισμένη, καθώς παρουσιάζει το σοβαρό μειονέκτημα της απαίτησης ανακλωσώσιμων αποξεστικών και επομένως δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλες ανοικτές εργασίες όπου απαιτείται αναλώσιμο αποξεστικό.

7.7. Ψηγματοβολή με σπογγίδια (Sponge Blasting)

Η τεχνική της ψηγματοβολής με σπογγίδια (Εικόνα 7.2) αναπτύχθηκε με στόχο τον περιορισμό της ρύπανσης στην πηγή της. Τα σπογγίδια είναι ανακυκλώσιμα και ελαχιστοποιούν τα απόβλητα που παράγονται κατά τον καθαρισμό των μεταλλικών επιφανειών. Σε αντίθεση με τα συνηθισμένα αποξεστικά, τα οποία εξοστρακίζονται σε μεγάλες αποστάσεις με σημαντική παραμένουσα ενέργεια, τα σπογγίδια μεταφέρουν την ενέργεια τους πάνω στην επιφάνεια με την επαφή τους αφού γίνονται επίπεδα. Αυτό δημιουργεί βασικά χαρακτηριστικά της χρήσης σπογγιδίων στην ψηγματοβολή που είναι: η καταστολή της σκόνης, ο περιορισμός των αποβλήτων στο σημείο εργασίας και οι περιορισμένες απαιτήσεις σε εργαζομένους και δευτερεύουσες εγκαταστάσεις.



Εικόνα 7.2: Δείγμα εμφάνισης σπογγιδίων

Για την τεχνική αυτή χρησιμοποιούνται συνθετικά πολυμερή σπογγίδια, παρόμοια με τους συνθετικούς σπόγγους για καθαρισμό των αυτοκινήτων. Αυτά τα σπογγίδια, με την υδρόφιλη συμπεριφορά, έχουν κατασκευαστεί για να απορροφούν και να δεσμεύουν τα απόβλητα κατά την ψηγματοβολή της επιφάνειας μεταφέροντας τα μακριά από την καθαρή επιφάνεια για εύκολη ανακύκλωση και απόθεση. Τα αποξεστικά που χρησιμοποιούνται μέσα στα σπογγίδια είναι ορυκτά ή “φρέσκα” αποξεστικά χημικώς δεσμευμένα μέσα στο σπογγίδιο.

Η δέσμευση διαφορετικών αποξεστικών σε κάθε ένα από τα είδη των σπογγιδίων παρέχει πέντε τύπους με διαφορετικές δυνατότητες καθαρισμού :

Πράσινα σπογγίδια: χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία για καθαρισμό επιφανειών από λάδια και γράσα ηλεκτρικών μηχανών, υδραυλικών μηχανημάτων, τυπογραφικών πιεστηρίων, μεταλλικών και πέτρινων μνημείων και μαρμάρινων επιφανειών. Στη Ν/Ε βιομηχανία χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό βαρούλκων, ανυψωτικών μηχανημάτων, ηλεκτρικών μηχανών, καταστροφμάτων και μη σιδηρούχων μεταλλικών επιφανειών.

Καφέ σπογγίδια: είναι δεσμευμένα με σταυρόλιθο. Αυτός ο τύπος είναι αποτελεσματικός πάνω σε επιφάνειες με ελαφρά έως μέτρια οξείδωση, σε εντόνως διαβρωμένες επιφάνειες και βαφές. Τα καφέ σπογγίδια είναι κατάλληλα για την δημιουργία μικροτραχύτητας στο παλαιό χρώμα πριν την επαναβαφή, αυξάνοντας την πρόσφυση. Η τραχύτητα που επιτυγχάνουν είναι της τάξης των 25 μm. Στη Ν/Ε βιομηχανία χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό μεγάλων κατασκευών και καταστροφμάτων.

Κίτρινα σπογγίδια: είναι δεσμευμένα με γρανάτη. Επιτυγχάνουν μικροτραχύτητα της τάξης των 50-75 μm. Χρησιμοποιούνται συνήθως στην αφαίρεση χρωμάτων από τις μεταλλικές επιφάνειες.

Αργυρά σπογγίδια: είναι δεσμευμένα με οξείδιο του αλουμινίου και εξασφαλίζουν υψηλή παραγωγικότητα. Επιτυγχάνουν μικροτραχύτητα της τάξης των 50-75μm. Χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση χρωμάτων από τις μεταλλικές επιφάνειες και τον καθαρισμό δεξαμενών.

Κόκκινα σπογγίδια: είναι δεσμευμένα με grit ψήγματα σιδήρου. Επιτυγχάνουν μικροτραχύτητα της τάξης των 75-100μm. Μπορούν να αφαιρέσουν την καλαμίνα, την βαρέα οξείδωση και καλά προσφυόμενες προστατευτικές επιστρώσεις.

Τα πλεονεκτήματα της παραπάνω τεχνικής είναι : η μηδαμινή παραγωγή σκόνης, ο αποτελεσματικός καθαρισμός της επιφάνειας με επαρκή μικροτραχύτητα, η περισσότερη αποτελεσματικότητα από τον καθαρισμό με μηχανικά εργαλεία, η φιλικότητα προς το περιβάλλον, η αυξημένη ορατότητα κατά την εργασία λόγω της

χαμηλής παραγωγής σκόνης και η δυνατότητα χρησιμοποίησης του ίδιου εξοπλισμού ανεξαρτήτως αποξεστικού.

Όπως όλες οι άλλες τεχνικές καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών, έτσι και αυτή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα, όπως : η χαμηλή αποτελεσματικότητα σε σχέση με την ξηρή ψηγματοβολή, το υψηλότερο κόστος από όλες τις συνηθισμένες μεθόδους ψηγματοβολής και οι ειδικές προσαρμογές που απαιτούνται για τον έλεγχο του αποξεστικού και της ποσότητας ώστε να επιτευχθεί υψηλή παραγωγικότητα.

7.8. Ξηρός πάγος (παγοβολή)

Ο ξηρός πάγος (Εικόνα 7.4) είναι στερεό CO₂, δηλαδή αέριο που έχει ψυχθεί περίπου στους -78°C όπου γίνεται συμπαγές. Οι σβόλοι του ξηρού πάγου σε μέγεθος σπόρων ρυζιού εισέρχονται σε ρεύμα πεπιεσμένου αέρα ή αδρανούς αερίου και επιταχύνονται. Η ταχύτητα του αέρα φτάνει κοντά στην ταχύτητα του ήχου επιταχύνοντας έτσι τους σβόλους του ξηρού πάγου σε ταχύτητες της τάξεως των 180-330 m/s.



Εικόνα 7.4: Εμφάνιση ξηρού πάγου

Η πρόσκρουση των σβόλων πάνω στις εναποθέσεις της επιφανείας δρα με τρεις τρόπους:

- Ψύχει τοπικά τις εναποθέσεις οι οποίες λόγω του θερμικού σοκ που υφίστανται σχηματίζονται ρωγμές.
- Με την πρόσκρουση αναπτύσσεται μεγάλη πίεση και μέρος του στερεού CO₂ υγροποιείται. Αυτό αποτελεί και καλό διαλύτη για διάφορες ουσίες, βοηθώντας στη διαμέριση των εναποθέσεων και αποκολλά το στρώμα των εναποθέσεων από το κύριο υλικό. Στη συνέχεια ο ξηρός πάγος εισέρχεται στις ρωγμές όπου πάλι λόγω υψηλών πιέσεων ατμοποιείται ακαριαία(εξαχνώνεται), αυξάνοντας τον όγκο του και αποκολλά σχεδόν πλήρως τις επικαθίσεις.
- Το αποδοτικότερο μέρος της μεθόδου βέβαια είναι η εκμετάλλευση της κινητικής ενέργειας των σωματιδίων που μηχανικά απομακρύνει το επιζήμιο οξειδωμένο στρώμα από την επιφάνεια.

Σύγκριση με άλλες μεθόδους – Πλεονεκτήματα

- Η τραχύτητα που επιτυγχάνεται δεν είναι η επιθυμητή, αλλά ενδιάμεση αυτών της αμμοβολής και της υδροβολής.
- Σχετικά μεγάλη ταχύτητα καθαρισμού.
- Δεν παράγει απόβλητα
- Πολύ φιλική προς το περιβάλλον, αφού το CO₂ ελευθερώνεται μετά στην ατμόσφαιρα χωρίς κάποια άλλη διεργασία!

7.9. Σπασμένο γυαλί (crushed glass)

Ψήγματα σπασμένου γυαλιού (Εικόνα 7.6.) παράγονται από 100% ανακυκλώσιμο γυαλί από μπουκάλια. Αυτά τα ψήγματα γυαλιού αποδίδουν υψηλή απόδοση όμοια με αυτής των μεταλλικών αποξεστικών. Δεν περιέχουν ελεύθερο πυρίτιο δεν είναι τοξικά, είναι αδρανή και δεν περιέχουν βαρέα μέταλλα.



Εικόνα 7.6: Κόκκοι σπασμένου γυαλιού

Τα γωνιώδη κομμάτια στα σπασμένα γυαλιά επιτρέπουν στην δημιουργία ενός τραχούς προφίλ στην επιφάνεια και αφαιρούν επιστρώματα εποξικά, μογιές, αλκύδια, βινύλιο, πισσάνθρακα και ελαστομερή. Τα ψήγματα γυαλιού είναι ελαφρύτερα από άλλες σκωρίες επιτρέποντας έτσι τη δυνατότητα μεγαλύτερης κατανάλωσης και μεγαλύτερου χρόνου παραγωγής, έως 30- 50% λιγότερα χρησιμοποιούμενα ψήγματα γυαλιού. Παράγεται μια λευκή και καθαρή επιφάνεια. Όμοια με πολλές σκωρίες, τα ψήγματα σπασμένου γυαλιού έχουν σκληρότητα 5-6 στην κλίμακα Moh's.

Ένα από τα περιβαλλοντικά του πλεονεκτήματα όπως αναφέραμε είναι η έλλειψη ελεύθερου πυριτίου. Επίσης το γεγονός ότι τα ψήγματα γυαλιού προέρχονται από ήδη χρησιμοποιημένα μπουκάλια παρέχουν το πλεονέκτημα προς το περιβάλλον ότι μειώνουν τα απόβλητα από τις χωματερές. Είναι ελεύθερα από βαρέα μέταλλα όπως αρσενικό, ασβέστιο, βυρίλλιο, τιτάνιο κ.λπ. τα οποία βρίσκονται στις σκωρίες των μετάλλων και του άνθρακα.

Size	Mesh
Coarse Grit	15-35
Medium Grit	40-70
Fine Grit	60-100
Extra Fine Grit	60-200

The smaller the mesh number, the coarser the grit.

7.10. Νέες τεχνολογίες και καλύτερος εξοπλισμός για την κατακράτηση της σκόνης

Κατά τη διαδικασία της ψηγατοβολής έχουμε τη δημιουργία σύννεφου σκόνης. Αυτή η σκόνη θα μπορούσε να απορροφάται με καλύτερα μηχανήματα. Βέβαια αυτό έχει πάντα μεγαλύτερο κόστος, για παράδειγμα, σύστημα με δημιουργία κενού (vacuum), το οποίο αναφέραμε πιο πάνω. Τέτοιο σύστημα έχει δοκιμαστεί και στη Σύρο και στο Ρίο-Αντίρριο για καθαρισμό κάποιων πλωτών εξέδρων. Αυτό το σύστημα με κάποιο τρόπο βεντουζάριζε πάνω στο τοίχωμα του πλοίου και κινείτο οριζόντια ή κατακόρυφα. Πραγματοποιείτο έτσι ψηγατοβολή και απορρόφηση αμέσως του κονιορτού. Υπήρχε ωστόσο πρόβλημα γιατί κάθε λίγο ξε-βεντουζάριζε και έπρεπε να ξαναγίνει η διαδικασία βεντουζαρίσματος. Επίσης, ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

7.10.1. Θάλαμοι κατακράτησης με βαρύτητα

Οι θάλαμοι αυτοί είναι απλοί στην κατασκευή τους, οικονομικοί και η αρχή λειτουργίας τους στηρίζεται στην επικράτηση των βαρυτικών δυνάμεων έναντι αυτών της κίνησης του αερίου μέσου. Συνήθως σχεδιάζονται ως επεκτάσεις διαφόρων σωλήνων, όπου η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας των σωματιδίων μειώνεται έτσι ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος για τα σωματίδια να κατακαθίσουν λόγω βαρύτητας. Σύμφωνα με αυτό, κίνηση που ακολουθεί το σωματίδιο προσδιορίζεται από τη συνισταμένη των δυνάμεων βαρύτητας και της οριζόντιας συνιστώσας που οφείλεται στην ταχύτητα του αερίου. Παρακάτω (σχήμα 7.5) παριστάνεται ένας τυπικός θάλαμος κατακράτησης με βαρύτητα. Η μαθηματική έκφραση που περιγράφει την απόδοση αυτού του συλλέκτη είναι :

$$n_g = 1 - \exp(-u_t * L / u * H)$$

$$n_g = 1 - \exp(-g * d_p^2 * \rho_p * L / 18 * \mu * u * H) \quad \text{ή}$$

Όπου, n_g : απόδοση κατακράτηση (κλάσμα)

L : μήκος συλλέκτη (m)

H : ύψος συλλέκτη (m)

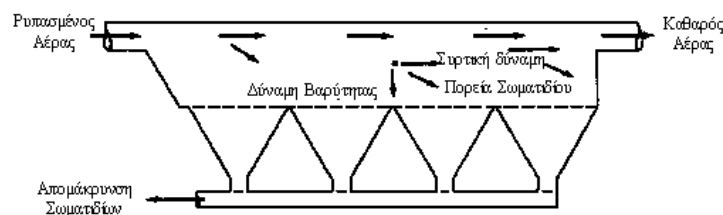
u : οριζόντια ταχύτητα των σωματιδίων (m/s)

u_t : τελική ταχύτητα των σωματιδίων (m/s)

d_p : διάμετρος των σωματιδίων (m)

ρ_p : πυκνότητα σωματιδίων (Kg/m^3)

μ : ιξώδες (Kg/m*s)



Σχήμα 7.5: Θάλαμος κατακράτησης με βαρύτητα

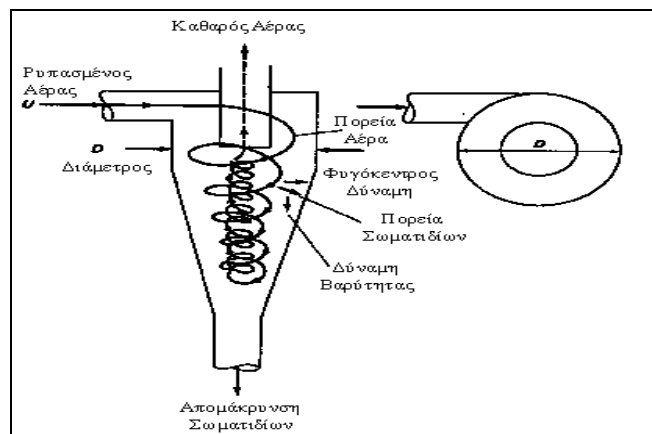
7.10.2. Αδρανειακοί συλλέκτες

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι κυκλώνες (Σχήμα 7.6). Οι κυκλώνες βασίζονται στις φυγόκεντρες δυνάμεις για το διαχωρισμό των βαρύτερων σωματιδίων από τα ελαφρύτερα μόρια του αερίου. Το αρχικό ρεύμα διοχετεύεται στην κορυφή τους και θεωρητικά ακολουθεί μια ελικοειδή κίνηση κατά μήκος των τοιχωμάτων. Τα σωματίδια ωθούνται εκτός της ελικοειδούς τροχιάς, όπου οδηγούνται στον πυθμένα του κυκλώνα. Η μόνη έξοδος των αερίων από τον κυκλώνα είναι ένας κατακόρυφος σωλήνας στο επάνω τμήμα του, στον οποίο οδηγείται το αέριο ρεύμα έχοντας μειώσει τη διάμετρο της ελικοειδούς του κίνησης. Η ελάττωση της ακτίνας κίνησης των σωματιδίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φυγόκεντρου δύναμης και συνεπώς την απομάκρυνση του προς τα τοιχώματα του συλλέκτη. Το μέγεθος της φυγόκεντρου δύναμης F_c δίνεται από τους τύπους :

$$F_c = m_p (u_T^2 / r)$$

$$F_c = (n * d_p^3 / 6) * \rho_p * (u_T^2 / r) \quad \text{ή}$$

Όπου u_T συνισταμένη ταχύτητα των σωματιδίων και r η ακτίνα της τροχιάς τους.



Σχήμα 7.6: Τυπικός κυκλώνας

Η εξάρτηση της ικανότητας συλλογής του κυκλώνα από την ακτίνα r έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ειδικής εμπορικής ορολογίας, σύμφωνα με την οποία οι μονάδες μεγάλης διαμέτρου χαρακτηρίζονται ως συμβατικοί κυκλώνες, ενώ οι μονάδες με $D < 15$ cm είναι οι κυκλώνες υψηλής απόδοσης. Μια τυπική απόδοση συγκράτησης σωματιδίων για ένα κυκλώνα διαμέτρου 1m μπορεί να είναι 50% για σωματίδια 20 μ m, ενώ ένας κυκλώνας υψηλής απόδοσης μπορεί να έχει απόδοση συγκράτησης 80% για σωματίδια με $d_p < 10\mu$ m. Τυπικές τιμές πτώσεις πίεσης σε ένα συμβατικό κυκλώνα είναι 5-15cm νερού.

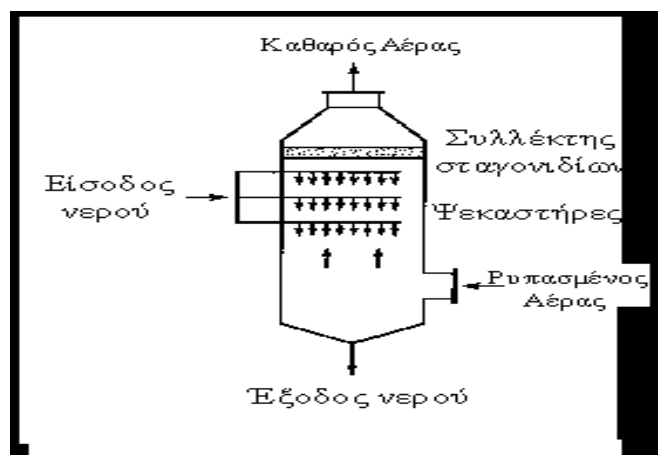
Οι θάλαμοι κατακράτησης με βαρύτητα και οι απλοί αδρανειακοί συλλέκτες δεν έχουν κινούμενα μέρη. Κατασκευάζονται από μέταλλο ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες και στην απόβρωση (φθορά λόγω τριβής) που μπορεί να προκληθεί από τα σωματίδια ή τα αέρια.

7.10.3. Υγροί συλλέκτες

Οι υγροί συλλέκτες ή πύργου απορρόφησης (scrubbers) σχεδιάζονται με σκοπό την αύξηση του μεγέθους των σωματιδίων χρησιμοποιώντας σταγόνες νερού ή πολτού, διότι τα μεγαλύτερα σωματίδια συλλέγονται ευκολότερα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι υγρών συλλεκτών, αλλά στη συνέχεια θα εξετάσουμε μόνο τους συμβατικούς και τους τύπους venturi. Στο σχήμα (Σχήμα 7.7) εικονίζεται ένας υγρός συλλέκτης με τις διάφορες φάσεις συλλογής σωματιδίων. Στο ανώτερο τμήμα του πύργου ψεκάζονται σταγόνες νερού, οι οποίες έρχονται σε επαφή με τα σωματίδια του αέρα που ανέρχεται και τα συγκρατούν. Στο τμήμα συμπύκνωσης, το οποίο περιλαμβάνει πληρωτικό υλικό ειδικού σχήματος, αυξάνεται η επιφάνεια επαφής μεταξύ του υγρού και αερίου ρεύματος. Το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται σε αυτό το τμήμα είναι η έμφραξη. Ακολουθεί ένας διάτρητος δίσκος που μπορεί να συγκρατεί αρκετά εκατοστά νερού, επιτρέποντας έτσι την επαφή μεταξύ φυσαλίδων που περιέχουν σωματίδια και του υγρού. Στη συνέχεια το υγρό διαφεύγει μέσω των οπών του δίσκου και η διαδικασία που περιγράφηκε επαναλαμβάνεται.

Κάθε σύγκρουση σωματιδίου και σταγόνας δεν οδηγεί σε συγκράτηση εξαιτίας της επιφανειακής τάσης της σταγόνας και της ικανότητας διαβροχής του σωματιδίου. Για το λόγο αυτό μερικές φορές χρησιμοποιούνται χημικά, τα οποία μειώνουν την επιφανειακή τάση των σταγόνων και βελτιώνουν την εκλεκτική τους ικανότητα απορρόφησης των αερίων.

Το υγρό που περιέχει τα σωματίδια συλλέγεται στον πυθμένα του πύργου απορρόφησης και αντλείται σε μια δεξαμενή καθίζησης ή σε κάποιο φίλτρο, όπου έχοντας υποστεί χημική επεξεργασία (αν και δεν είναι απαραίτητο πάντα) με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός συστήματος με μειωμένες απαιτήσεις αναπλήρωσης νερού.



Σχήμα 7.7: Υγρός συμβατικός συλλέκτης.

Ο αφυγραντήρας που υπάρχει στην έξοδο του πύργου απορρόφησης είναι ουσιαστικά συλλέκτης σωματιδίων, ο οποίος σχεδιάζεται για την απομάκρυνση των σταγονιδίων του υγρού που μεταφέρονται από το αέριο ρεύμα που φεύγει από τον πύργο.

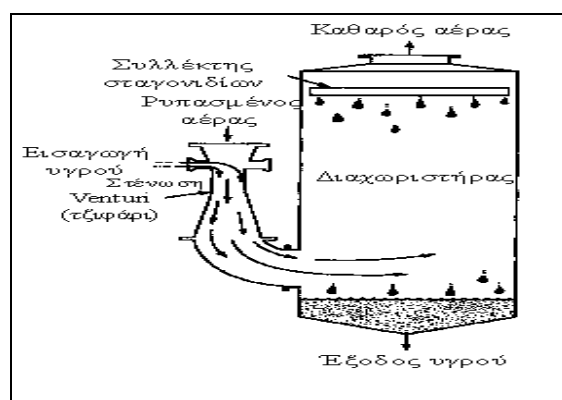
Καθοριστικός παράγοντας στην απόδοση ενός πύργου απορρόφησης είναι το μέγεθος των σταγόνων του νερού. Αν οι σταγόνες του νερού είναι πολύ μεγάλες σε σχέση με τα σωματίδια, τότε αυτά απομακρύνονται από την τροχιά των σταγόνων και ο αριθμός των συγκρούσεων μειώνεται αισθητά. Το ίδιο συμβαίνει και όταν τα σωματίδια είναι ίδιου μεγέθους με αυτό των σταγόνων, μόνο που τότε η μείωση των

συγκρούσεων οφείλεται στο ότι οι σταγόνες παρασύρονται από το ρεύμα του αερίου μαζί με τα σωματίδια. Η βελτιστοποίηση της απόδοσης ενός πύργου επιτυγχάνεται όταν οι σταγόνες νερού είναι λίγο μεγαλύτερες ή μικρότερες από το μέγεθος των σωματιδίων. Επίσης, η απόδοση εξαρτάται από τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων, το υγρό μέσο και τον τελικό αφυγραντήρα.

Ένας τυπικός συλλέκτης venturi εικονίζεται στο σχήμα (Σχήμα 7.8). Τα σωματίδια και τα αέρια επιτυγχάνονται στη στένωση και στη συνέχεια επιβραδύνονται απότομα κατά την εκτόνωση του αερίου. Το χρησιμοποιούμενο υγρό ψεκάζεται στο λαιμό του venturi κάθετα στη ροή του αερίου ρεύματος. Η υψηλή σχετική ταχύτητα ανάμεσα στο υγρό και το αέριο ρεύμα έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό σταγονιδίων. Τα σωματίδια που μεταφέρονται με το αέριο ρεύμα συγκρούονται με τα σταγονίδια και απορροφούνται από αυτά. Τα σταγονίδια, που είναι μεγαλύτερα από τα σωματίδια επιβραδύνονται πιο αργά από ότι τα σωματίδια και έτσι επιτυγχάνεται πρόσθετη συλλογή σωματιδίων στο τμήμα εκτόνωσης του venturi.

Η απόδοση του συλλέκτη εξαρτάται από την ταχύτητα του αερίου ρεύματος και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υγρού και των σωματιδίων. Για τον λόγο αυτό ένας συλλέκτης τύπου venturi θα πρέπει να λειτουργεί σε μια σταθερή ταχύτητα αερίου για ένα δεδομένο μέγεθος και δεδομένη συγκέντρωση σωματιδίων, έτσι ώστε η απόδοση του να είναι σταθερή. Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός έχουν αναπτυχθεί συσκευές με μεταβαλλόμενη επιφάνεια λαιμού κατά την λειτουργία τους.

Η πτώση πίεσης στους συμβατικούς πύργους απορρόφησης είναι 15-40 cm νερού. Η ικανότητα συλλογής αυξάνεται με την πτώση πίεσης και μπορεί να φτάσει το 95% για διάμετρο σωματιδίων >5 μm. Η αντίστοιχη πτώση πίεσης στους συλλέκτες venturi ποικίλει από 50 έως 200 cm νερού. Σε υψηλές πτώσεις πίεσης οι συλλέκτες venturi μπορούν να συλλέξουν σωματίδια μεγέθους έως και 1 μm σε αποδόσεις που πλησιάζουν το 99%, παρόλο που οι αποδόσεις αυτές είναι υπερβολικά δύσκολο να διατηρηθούν σταθερές.



Σχήμα 7.8: Τυπικός συλλέκτης Venturi

Οι υγροί συλλέκτες σχεδιάζονται, έτσι ώστε να είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση και τις υψηλές θερμοκρασίες αρκεί το υγρό να μην βρίσκεται σε κατάσταση βρασμού. Οι συλλέκτες venturi χρησιμοποιούνται συχνά για την συγκράτηση των μικρών σωματιδίων που παράγονται κατά την παραγωγή του χάλυβα ή κατά τις διεργασίες χύτευσης. Το λειτουργικό κόστος είναι σχετικά υψηλό για συλλέκτες υψηλής πτώσης πίεσης, αλλά η αρχική επένδυση σε αυτούς είναι χαμηλότερη συγκρινόμενη με άλλους συλλέκτες ισοδύναμης απόδοσης.

7.10.4. Σακόφιλτρα

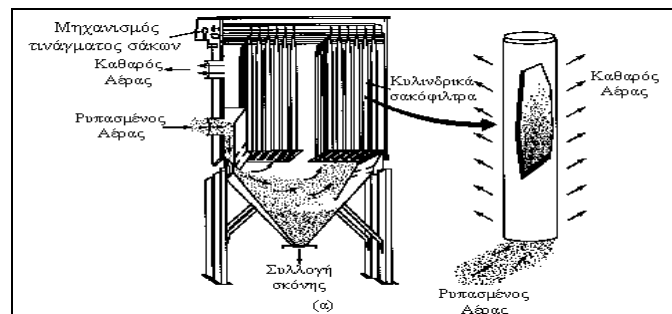
Η λειτουργία ενός σακόφιλτρου μπορεί να παρομοιαστεί με τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής σκούπας σε μεγαλύτερη κλίμακα. Χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση ξηρών σωματιδίων από ξηρά ρεύματα αέρα χαμηλής θερμοκρασίας. Αποτελούνται από σάκους διαμέτρου 15-30 cm και μήκους πάνω από 10 m, οποίοι προσαρμίζονται σε θαλάμους. Το αέριο ρεύμα διοχετεύεται μέσα στους σάκους και εξέρχεται απαλλαγμένο από σωματίδια. Το ύφασμα των σάκων μπορεί να είναι από τσόχα, βαμβάκι, συνθετική ύλη, υαλοβάμβακα, ανάλογα με το είδος του αερίου ρεύματος και των σωματιδίων υπο επεξεργάζονται.

Δύο τύπου βιομηχανικών σακόφιλτρων εικονίζονται στο σχήμα (Σχήματα 7.9 και 7.10).

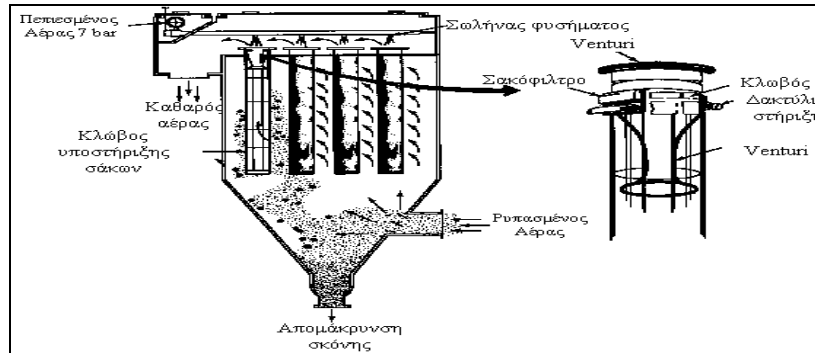
Η χρήση αρκετών ανεξάρτητων θαλάμων επιτρέπει τη συνεχή λειτουργία των σακόφιλτρων ακόμα και όταν υπάρχει ανάγκη συντήρησης ορισμένων από αυτούς. Το ύφασμα των σάκων μπορεί να έχει τρύπες διαμέτρου μεγαλύτερες από 100μm, όταν όμως το σακόφιλτρο λειτουργεί σωστά, η απόδοση πλησιάζει το 99% για σωματίδια διαμέτρου μεγαλύτερης από 1μm. Τα σωματίδια μικρού μεγέθους συγκρατούνται από το στρώμα σωματιδίων που δημιουργείται πάνω στο ύφασμα του σάκου και το οποίο λειτουργεί ως μέσο διήθησης. Καθώς αυξάνει το πάχος του σχηματιζόμενου στρώματος, αυξάνει η πτώση πίεσης του σακόφιλτρου και κατά συνέπεια το λειτουργικό κόστος. Αν το πάχος αυξηθεί πάρα πολύ, τότε η πίεση θα αυξηθεί υπερβολικά. Το ίδιο θα συμβεί και την περίπτωση που γεμίσουν με υγρό. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι τα σακόφιλτρα περιορίζονται στη συλλογή ξηρών σωματιδίων και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ειδικά μέτρα πρόληψης της συμπύκνωσης συστατικών του αερίου ρεύματος.

Το σχηματιζόμενο στρώμα απομακρύνεται από τις μικρές μονάδες απλά με το τσίναγμα των σάκων. Οι μεγάλοι βιομηχανικοί συλλέκτες καθαρίζονται με τη χρήση ενός ρεύματος αέρα κατά μήκος του σάκου ή με τη στιγμιαία αντιστροφή του αερίου ρεύματος μπέσα στο σάκο. Προκειμένου να αποφευχθεί η αναγκαιότητα πολύ συχνών καθαρισμών, ενώ ταυτόχρονα να διατηρείται ένα ικανοποιητικό πάχος στρώματος για την αποδοτική συλλογή σωματιδίων χωρίς υπερβολική πτώση πίεσης, ο ογκομετρικός ρυθμός παροχής αέρα μέσα από το ύφασμα περιορίζεται από 0,5 έως 2 m³ /s ανά m² επιφάνειας υφάσματος.

Τυπικές τιμές πτώσης ποικίλουν από 5 έως 40 cm νερού για συχνότητες τσίναγματος από 4-5 φορές ανά ώρα, ως μια φορά ανά αρκετές ώρες. Ο χρόνος ζωής ενός σάκου είναι 2-3 χρόνια.



Σχήμα 7.9: Σακόφιλτρα με τσίναγμα



Σχήμα 7.10: Σακόφιλτρα με παλμικά ακροφύσια

7.10.5. Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Το σχήμα (Σχήμα 7.11) εικονίζει δύο τύπους ηλεκτροστατικών φίλτρων. Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και τις πλάκες συλλογής διατηρείται σε πολύ υψηλά επίπεδα, αλλά κάτω από την ισχύ του πεδίου που μπορεί να οδηγήσει σε ηλεκτρικές εκκενώσεις, ηλεκτρόνια απελευθερώνονται από το ηλεκτρόδιο και έρχονται σε επαφή με τα σωματίδια προσδίδοντας τους ηλεκτρικό φορτίο. Τα φορτισμένα σωματίδια που έχουν το ίδιο φορτίο όπως και το ηλεκτρόδιο, μετακινούνται προς τις γειωμένες επιφάνειες λόγω ηλεκτροστατικών δυνάμεων. Τα ηλεκτρόδια μπορεί να είναι είτε αρνητικά είτε θετικά φορτισμένα, τα αρνητικά ηλεκτρόδια όμως παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες όζοντος και είναι ελαφρώς αποδοτικότερα για βιομηχανική χρήση.

Τα μετακινούμενα φορτισμένα σωματίδια συγκρούονται με τα υγρά ή στερεά σωματίδια του αερίου ρεύματος και τους μεταφέρουν φορτία με αποτέλεσμα την κίνηση τους προς τις πλάκες συλλογής. Η δύναμη που ασκείται στα σωματίδια δίνεται από τον τύπο :

$$F_E = q_p * E_C$$

όπου F_E = η ηλεκτροστατική δύναμη

q_p = το φορτίο του σωματιδίου

E_C = ηλεκτρικό πεδίο

Όταν τα σωματίδια έρθουν σε επαφή με τις πλάκες προσκολλώνται πάνω τους. Με το πέρασμα του χρόνου δημιουργείται ένα στρώμα φορτισμένων σωματιδίων, το οποίο απομακρύνεται με ελαφρό χτύπημα των κατακόρυφων πλακών. Τα σωματίδια πέφτουν από τις πλάκες και καταλήγουν σε χοάνες συλλογής για περαιτέρω διάθεση.

Η εξίσωση Deutsch που περιγράφει την απόδοση ενός ηλεκτροστατικού φίλτρου είναι :

$$n_E = 1 - \exp(-2 * u_i * H * L / H * D * u)$$

όπου u_i = τελική ταχύτητα κίνησης των σωματιδίων (m/s, συνήθως 0.03 – 0.3)

H = το ύψος της πλάκας συλλογής (m)

L = το μήκος της πλάκας συλλογής (m)

D = η απόσταση ανάμεσα στις πλάκες (m)

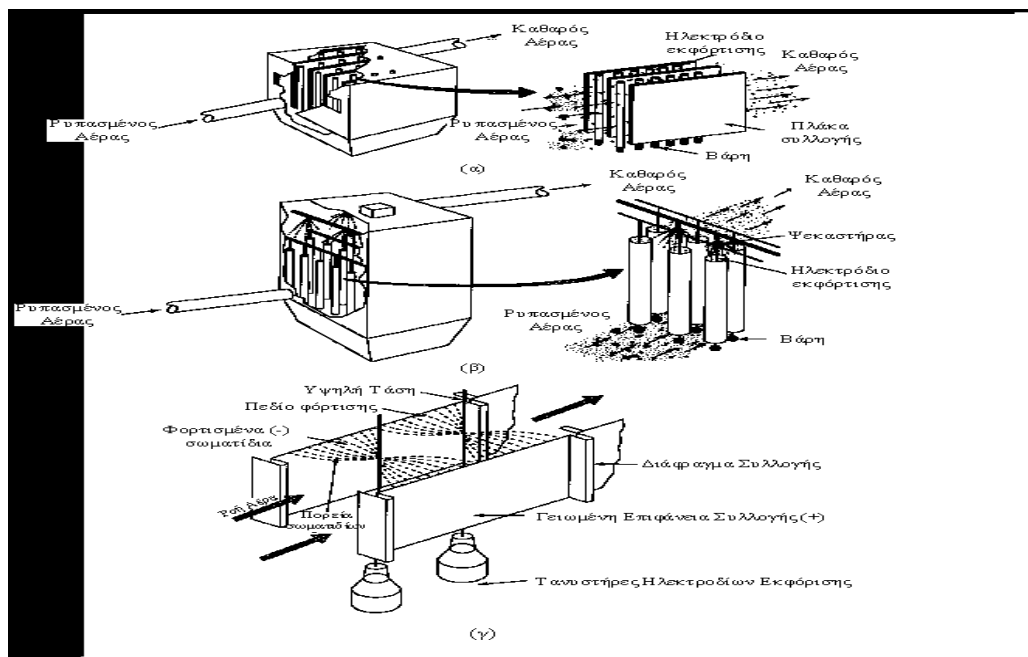
u = η ταχύτητα του αερίου και των σωματιδίων μέσα από το φίλτρο (m/s, συνήθως 0.5 – 2.5 m/s)

Ο συντελεστής 2 της παραπάνω εξίσωσης υποδηλώνει ότι η συλλογή γίνεται και στις δύο πλευρές τις πλάκας, ενώ το γινόμενο $H * D * u$ είναι η ογκομετρική παροχή του αερίου ρεύματος Q .

Οι ειδικές αντιστάσεις του αερίου και των σωματιδίων αποτελούν σημαντικές μεταβλητές σχεδιασμού, επειδή προσδιορίζουν την ταχύτητα φόρτισης των σωματιδίων και το μέγεθος του δυναμικού πεδίου. Οι ειδικές αντιστάσεις μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση, ενώ η αμμωνία και το τριοξείδιο του θείου, που αλλάζουν σημαντικά την ειδική αντίσταση για τη βελτίωση της λειτουργίας του συλλέκτη.

Η απόδοση αυτών των μονάδων πλησιάζει το 99% για σωματίδια μεγαλύτερα από 2μm για πτώσεις πίεσης μικρότερες από 5cm νερού. Κατασκευάζονται από μέταλλα και χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε διεργασίες πολύ μεγάλων όγκων διαβρωτικών αερίων σε υψηλές θερμοκρασίες και με υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων διαμέτρου μεγαλύτερης από 1 μm.

Οι φωτιές και οι εκρήξεις αποτελούν συνήθεις κινδύνους των ηλεκτροστατικών φίλτρων που συλλέγουν εύφλεκτα σωματίδια, λόγω της ευκολίας δημιουργίας σπινθήρων από το δυναμικό πεδίο της εγκατάστασης.



Σχήμα 7.11: Σχηματική απεικόνιση ηλεκτροστατικών φίλτρων: (α) τύπου πλάκας, (β) τύπου σωλήνα, (γ) λεπτομερής όψη ενός φίλτρου τύπου πλάκας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

8.1. Ανακεφαλαίωση.

Η ξηρή ανοικτή ψηγματοβολή αποτελεί, εδώ και αρκετές δεκαετίες, την αποδοτικότερη και πλέον διαδεδομένη μέθοδο προετοιμασίας προς βαφή μεγάλων μεταλλικών επιφανειών, με εφαρμογές σε πολλές βιομηχανικές δραστηριότητες και ειδικότερα σε εκείνες που αφορούν στη Ν/Ε βιομηχανία.

Η προστασία των μετάλλων απο τη διάβρωση αποτελεί σήμερα πολύ σοβαρό τεχνικό και οικονομικό ζήτημα. Στην αντιμετώπιση του ζητήματος αυτού η ξηρή ανοικτή ψηγματοβολή εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα που την εδραίωσαν σε οικονομοτεχνικό επίπεδο, ειδικά στη Ν/Ε βιομηχανία. Η ψηγματοβολή δημιουργεί επιφάνεια υψηλής καθαρότητας, εξασφαλίζει υψηλές αποδόσεις καθαρισμού, είναι ευέλικτη, έχει δυνατότητα προσαρμογής σε ποικίλες εφαρμογές, έχει χαμηλό κόστος επένδυσης και χαμηλό κόστος λειτουργίας.

Ωστόσο, παρουσιάζονται και προβλήματα τόσο στην παραγωγική διαδικασία, όσο και στο περιβάλλον λόγω της δημιουργίας της αερομεταφερόμενης σκόνης αλλά και των στερεών αποβλήτων που παράγονται. Πρωταρχικής σημασίας είναι και οι επιπτώσεις που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος για την προστασία της υγείας του, αφού μερικές φορές οι άσχημες συνθήκες επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, μπορούν να οδηγήσουν σε εργατικά ατυχήματα αλλά και επαγγελματικές ασθένειες, με σοβαρές συνέπειες στη ζωή των εργαζομένων, των οικογενειών τους αλλά και των εργοδοτών.

Σε διεθνές επίπεδο, ένα σημαντικό τμήμα της έρευνας που αφορά στον τομέα καθαρισμού και προστασίας των μεταλλικών επιφανειών κινείται σε αναζήτηση νέων αποξεστικών υλικών ή/και μεθόδων καθαρισμού, με στόχους αφενός τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και αφετέρου την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων (δημιουργία αερομεταφερόμενης σκόνης και στερεών αποβλήτων, κ.λπ.), που προκύπτουν από την εφαρμογή της κλασικής ξηρής ψηγματοβολής. Οι προσπάθειες αυτές έχουν οδηγήσει σήμερα στη βιομηχανική χρήση ενός μεγάλου εύρους εναλλακτικών αποξεστικών (π.χ. ολιβίνης, γρανάτης, κ.λπ.) και μεθόδων (π.χ. υδροβολή υπερυψηλής πίεσης, υδροαμβολή, αμμοβολή υπό κενό, κ.λπ.).

8.2. Συμπεράσματα

- ❖ Η κλασική ανοικτή ξηρή ψηγματοβολή παρουσιάζει ικανοποιητική τεχνική απόδοση, και υπερέχει έναντι των άλλων εναλλακτικών μεθόδων καθαρισμού, όσον αφορά στις παραγωγικές παραμέτρους και έχει υψηλή εφαρμοσιμότητα. Δημιουργεί, όμως, περιβαλλοντικά προβλήματα όχλησης λόγω του αερομεταφερόμενου κονιορτού και παράγει μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων.
- ❖ Η ψηγματοβολή είναι υπεύθυνη για εμφάνιση προβλημάτων στην υγεία των εργαζομένων στο εργασιακό περιβάλλον, αναδεικνύοντας ως βασικούς επιβλαβείς παράγοντες την ύπαρξη του θορύβου και των στερεών αιωρούμενων σωματιδίων.

- ❖ Η χρήση υδροβολής επιφέρει εξάλειψη του αερομεταφερόμενου κονιορτού και την ελαχιστοποίηση των παραγόμενων στερεών αποβλήτων, με την προϋπόθεση όμως της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων.
- ❖ Η πλήρης απουσία σκόνης κατά την υδροβολή η οποία δυσκολεύει την ορατότητα του χειριστή στην περίπτωση της ψηγματοβολής, βελτιώνει τις συνθήκες εργασίας και επομένως αυξάνει την παραγωγικότητα του υδροβολιστή. Επίσης η απουσία σκόνης δίνει την δυνατότητα για παράλληλη εκτέλεση πολλών εργασιών και άρα μειώνει τους νεκρούς χρόνους ανάμεσα στις διάφορες εργασίες, με προφανή θετικά αποτελέσματα για το συνολικό κόστος παραγωγής. Ωστόσο, υπάρχουν συχνές δυσκολίες ορατότητας του υδροβολιστή λόγω της ανάπτυξης νέφους υδρατμών.
- ❖ Η υδροβολή, όσον αφορά στην απόδοση καθαρισμού, είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με την ψηγματοβολή στην απομάκρυνση των κρυσταλλικών αλάτων, των λαδιών, των γράσων, χημικών υπολειμμάτων, κελιών διάβρωσης και άλλων υλικών από την επιφάνεια, πετυχαίνοντας έτσι τον μέγιστο βαθμό καθαρότητας.
- ❖ Η αδυναμία συστηματικής εκπαίδευσης των υδροβολιστών οδηγεί σε άγνοια για τα πλεονεκτήματα και τις πρακτικές τεχνικές εργασίας, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις παραδοσιακές τεχνικές της ψηγματοβολής. Το γεγονός αυτό συχνά ως αποτέλεσμα την επιφυλακτικότητα και την καχυποψία των χειριστών απέναντι στη νέα τεχνολογία της υδροβολής.
- ❖ Στην υδροβολή η υγεία των χειριστών αλλά και των υπολοίπων εργαζομένων που έρχονται σε επαφή με την υδροβολή, δεν κινδυνεύει από προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν στην ψηγματοβολή, λόγω της απουσίας αποξεστικού, ενώ το κόστος συχνά αποδεικνύεται κατώτερο από το κόστος της ψηγματοβολής, εάν κανείς λάβει υπόψη το κόστος αγοράς, μεταφοράς, αποθήκευσης και στη συνέχεια συλλογής, μεταφοράς και απόρριψης του αποξεστικού, καθώς και το περιβαλλοντικό κόστος, παρά το αυξημένο κόστος αρχικής επένδυσης.
- ❖ Όσον αφορά τον χρωματισμό, στην Ελλάδα, η μη ύπαρξη αυστηρών προδιαγραφών πλήρως εναρμονισμένων με μελέτες και προτάσεις περιβαλλοντολόγων, δεν βοηθούν στη μείωση των επιπτώσεων από τέτοιου είδους απόβλητα. Να σημειωθεί πως η δεδομένη κατάσταση δεν επικρατεί μόνο στην Ελλάδα και προφανώς έχει σχέση με οικονομικά συμφέροντα. Αρκεί απλά να αναφέρουμε το υψηλό ποσοστό του κόστους χρωματισμού στο συνολικό κόστος επισκευών.
- ❖ Οι άσχημες συνθήκες επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας, μειώνουν την παραγωγικότητα, αφού τα εργατικά ατυχήματα και οι επαγγελματικές ασθένειες κοστίζουν αρκετά και μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες στη ζωή των εργαζομένων, των οικογενειών τους και των εργοδοτών. Αντίθετα, ένα καλό σύστημα επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας συμβάλλει θετικά στην παραγωγικότητα, τόσο σε επιχειρησιακό όσο και σε εθνικό επίπεδο.
- ❖ Η επαγγελματική ενάσχοληση του ανθρώπου είναι στενά συνδεδεμένη με καταστάσεις επικίνδυνες για την υγεία. Έτσι, το ενδιαφέρον όσων ασχολούνται με την μελέτη των συνθηκών εργασίας έχει στραφεί προς την κατεύθυνση της πρόληψης ασθενειών που οφείλονται στο εργασιακό περιβάλλον.
- ❖ Η διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων σε ένα εργασιακό περιβάλλον αποτελεί μεγάλη ευθύνη, τόσο της πολιτείας για την θέσπιση του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου και τη σωστή λειτουργία των

αρμοδίων οργάνων ελέγχου, όσο και των εργοδοτών στην ουσιαστική τήρηση των υποχρεώσεων τους και των ίδιων των εργαζομένων στο να αντληφθούν τις πραγματικές διαστάσεις του προβλήματος και να το αντιμετωπίσουν με σοβαρότητα και ευαισθησία προς δικό τους όφελος.

8.3. Προτάσεις

Η εφαρμογή της μεθόδου της ψηγματοβολής αποτελεί σίγουρα έναν από τους καλύτερους τρόπους για την αποσκωρίαση των μεταλλικών επιφανειών. Ωστόσο όμως, αποτελεί και μία βασική πηγή από την οποία προκύπτουν προβλήματα σοβαρά, τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο.

Η μη εφαρμογή της μεθόδου δεν αποτελεί λύση του προβλήματος. Αντιθέτως μία βέλτιστη πρόταση θα ήταν η εφαρμογή της ξηρής ψηγματοβολής σε συνδυασμό με κάποιες εναλλακτικές μεθόδους και τεχνολογίες για την κατακράτηση της σκόνης κάτω όμως από τις εξής προϋποθέσεις:

1. *Κατάλληλες καιρικές συνθήκες*: Οι άνεμοι να πνέουν σε χαμηλά μποφόρ και η θερμοκρασία να μην είναι υψηλή (π.χ. καλοκαιρινή περίοδο). Αντίθετα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να γίνεται η μεταφορά του νέφους της σκόνης πιο εύκολη και η ατμόσφαιρα στη γύρω περιοχή γίνεται πιο αποπνικτική.
2. *Κατάλληλες περιόδους (μη τουριστικές)*: Η εφαρμογή δηλαδή της μεθόδου να μη γίνεται σε περιόδους τουριστικής αιχμής, όπου προκαλεί πρόβλημα στον τουρισμό και κατ' επέκταση σ' αυτούς που επιβιώνουν απ' αυτόν όπως για παράδειγμα τα ναυπηγεία της Σύρου και της Χαλκίδας.
3. *Κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ)*: Οι επιχειρήσεις να παρέχουν τα κατάλληλα ΜΑΠ στους ψηγματοβολιστές για να αποφεύγονται οι διάφορες επιπλοκές από την εφαρμογή της μεθόδου. Βέβαια, σ' αυτά πρέπει να συμμορφώνονται και οι ίδιοι οι εργαζόμενοι, οι οποίοι θεωρείται ότι είναι κατάλληλα εκπαιδευμένοι για την αντιμετώπιση των κινδύνων που εμφανίζονται στην εργασία τους. Σημαντικό είναι να εφαρμόζονται και οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας από τους εργοδότες. Αυτό βοηθά τους εργαζομένους να έχουν την μέγιστη απόδοση στην εργασία τους αυξάνοντας την παραγωγικότητα προς όφελος και των εργοδοτών. Χρειάζονται όμως οι κατάλληλες επενδύσεις για την επίτευξη των στόχων αυτών.
4. *Συνδυασμός μεθόδων αποσκωρίασης*: Η ψηγματοβολή να εφαρμόζεται σε κλειστούς χώρους ενώ για τις εξωτερικές μεταλλικές επιφάνειες να εφαρμόζεται η υδροβολή ή άλλη εναλλακτική μέθοδος. Για παράδειγμα, στο Πέραμα για εξωτερικό καθαρισμό εφαρμόζεται μόνο υδροβολή λόγω κατοικημένης περιοχής, γιατί όχι και στα άλλα ναυπηγεία;

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbot E.: Plastic Media Blasting – State of the Technology. Material Performance. Vol. 31, Num. 2, Feb. 1992
- Andronikos G., Lamprakis D., Kaliampakos D.Q Using Silica-Free Industrial Minerals as Expendable Blast-Cleaning Abrasives “The Case of the Crete Dolomite”. SSPC 1997 Seminars. San Doego, California, Nov 1997.
- Appleman B.:Evalyation of Wet Blasting for Ship Application. Journal of Ship production, Vol. 2, Num. 4, Nov. 1986
- Bennet J.: Abrasive Air Blast Cleaning. SSPC, Good Painting Practice, Steel Structures Painting Manual, Vol. 1, 1983.
- Bleile H., Rodgers S., Porter F., Smith A., Griffin J.Q Specification Criteria for Abrasive Blasting Media. Surface PreparationQ The State of the Art, Proceedings of the SSPC Annual Symposium, Netherlands, May 1985.
- Carlos da Maia M.: Alternatives to Conventional Methods of Surface Preparation for Ship Repairs. jOurnal of Protective Coatings and Linings. Vol 17, Npum. 5, May 2000, p.pp 31-39.
- Cacallo J.: Portable Centrifugal Blast Cleaning. Journal of Protective Coatings and Linings. Vol. 18, Num. 7, Jul. 2001, pp. 39-41.
- Deterding J., Singleton D., Wilson R., 1st Intern. Congr. On Marin Corrosion and Fouling, p. 275, Cannes, France, 1964.
- Diener Tom: Plastic Media – As a Precisely Controlled Variable in the Stripping Process. SAE Technical Papers Series, 1986.
- Gadjiyeva R., 3rd Intern. Congr. On Metallic Corrosion, p. 186, Moscow 1996.
- Goldie B.: A Comparative Look at Dry Blast units for Vertical Surfaces. Protective Coatings Europe. Vol. 4, Num. 5, p.p 12-16.
- Gorton T.: Armbruster R., Johnson E.: Effects of Abrasive Characteristics and Coating Type on Blast Production Rates. Material Performance, Vol 31 n. 2, Feb. 1992.
- Greenpeace: “Τοξικά χρώματα σε πλοία, επικίνδυνα επίπεδα τοξικών ουσιών στα λιμάνια Πειραιά και θεσσαλονίκης, Αυγустος 2000”.
- Hansik D.J.: “An Introduction to Abrasives for Protective Coating Removal Operations”, Journal of Protective Coatings & Linings, Vol. 17, n. 4, April 2000, pp. 66-73.
- Harris P.: At the cutting edge: “Abrasives and their Markets”. Intustrial Minerals, Jan. 2000, pp. 19-27.
- Hight P. Richard: Abrasives. Intustrial Minerals and Rocks, Lefond AIME. 4th Edition 1975, pp. 11-31.
- Hitzort William: Non-Metallic Abrasives. SSPC, Good Painting Practice, Steel Structures Painting Manual, Vol. 1,1983.
- Hitzort W.: Surface Preparation of Steel – Research to Production. Eighteenth Annual Marine Coatings Confrence, 22-24 March, 1978.
- ISO 8501-1 1988: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assesment of surface cleanless. Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and steel substrates after overall removal of previous coatings.
- James A. Giese II: Using Recycle Steel Grit for Portable Field Applications. Material Performance Oct. 1988.
- Kendall T.: Garnet: “Nice work you can get it”. Industrial Minerals, Mar. 1997, pp. 31-41.

- Kenneth B. Tator, KTA – Tator Inc. “Coatings”, chapter 7, pp. 354-388.
- Kjaer E.: Progress in Organic Coatings, 1992, p.339.
- Kronborg P.: Fundamentals of Waterjetting and Priming Steel Surfaces on Ships. Protective Coatings Europe. Vol. 4 Num. 3, Mar. 1999.
- Kuljian G., Melhuish D.: Evaluating the Productivity of Waterjetting for Marine Applications. Journal of Protective coatings and Linings. Vol. 16, Num. 8, Aug. 1999, pp. 36-46.
- Laidlow F.: Woodds Hole Oceanografic Inst., Marine Fouling and Prevention, US Naval Inst, Annapolis, Maryland 1952, p.224
- Leliaert. M. R., Weightman N., Woelfel M.M: Abrasive Blast Cleaning. Surface Preparation Handbook. ASM, pp. 83-96.
- Lelyand D., Huntley R.: A Review of Shop Coating Failures. Journal of Protective Coatings and Linings. Vol. 16, Num. 6, Jun. 1999, pp. 34-38.
- Lompardedo M., Regueiro M., Batuille J., Rodrigez M., Criado E.: Synthetic Minerals, Product and Market Review. Industrial Minerals, Aug 1998, pp. 46-55.
- Mallory A.: Mechanical Surface Preparation. SSPC, Good Painting Practice, steel Structures Painting Manual, Vol. 1, 1983.
- Meier T.: Using UHP Waterjetting and UHP Abrasive Blasting in Ballast Tanks of Ultra Large Cargo Carriers. Journal of Protective Coatings and Linings. Vol.19, Num. 5, May. 2002, pp. 22-23.
- Meunier P.: Safety Discharging Waste Water from UHP Waterjetting Work on Rail Bridges in France. Protective Coatings Europe. Vol. 8, Num. 1, Jan. 2001, pp.49-53.
- Mikhailovsky Y., Znbov P., Zarrazhina V., Naumova S., Sokolova E., Serfimovich V., 3rd Intern. Congr. On Metallic Corrosion, p.241, Moscow, 1996.
- Modis K., Kaliampakos D., Lamprakis D.: “Surface Roughness Characterisation after blast-cleaning using Geostatics”. Canadian Metallurgical Quarterly. Vol 41, Num. 2, Apr. 2002.
- Molinski S., Benkevic G., *ibid*
- Naylor .J.P.: “Abrasive Fusion Bonds Zinc and resin to Steel Surfaces”, Anticorrosion Methods Mater., Vol. 30, No 6, June 1983.
- N.I.O.S.H. (National Institute for Occupational Safety and Health) – C.D.C. (Centres for Disease Control and Prevention): Technical report: Evaluation of Substitute Materials for Silica Sand in Abrasive Blasting. Srp. 1998.
- N.I.O.S.H.: case study in Occupational Epidemiology, “Silicosis in Sandblasters”, June 2002.
- O’Driscoll: Silicon Carbide “Supply sector showdown”. Industrial Minerals, Jan. 1997, pp. 19-27.
- Plaster J.H: “The history and Developments of the Impact Treatment Process”, Journal of Mechanical Working Technology, Vol. 8, 1983.
- Schuster J. A.: “recycling Garnet in the Shop and Field”. Protective Coatings Europe. Vol. 7, Num. 7, Jul. 2002, pp.7-9.
- Skillen A.: Abrasive Blast Cleaning “Evolution or Revolution”. Industrial Minerals, Feb. 1994, pp. 25-39.
- Skillen A.: Long Live the evolution. Industrial Minerals, Feb. 1995, pp. 23-31.
- Snyder G., Beuthin L.: Abrasive Selection “Performance and Quality Considerations”. J. Proc. Coat. Linings, Mar 1989, Vol. 6, n. 3.
- SSPC- SP 12/NACE No. 5, Surface Preparation and Cleaning of Metals by Waterjetting Prior to Recoating.

- Stoye D (edit): "Paints, Coatings and Solvents", VCH. 143, pp. 19-23, Weinheim 1993.
- Woodson Jerry: Fundamentals of Wet Abrasive Blasting. Material Performance, Oct. 1998, pp. 31-34.
- "Emission Factor Documentation for AP - 42", Section 13.2.6., Abrasive Blasting, Final Report 1997.
- "Guide to Cleaner Technologies, Organic Coating Removal", EPA/625/R-93/015, Feb. 1994.
- "Surface preparation for coating life", extracted from NACE Protective Coatings and Linings course, Materials performance, pp. 63-66, March 1987.
- Αλεξόπουλος Α.Β.: Δοθένες Θαλάσσιο Περιβάλλοντικό Δίκαιο, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Θαλάσσιων Επιστημών, 2004-2005.
- Ανδρόνικος Γ.: Εγχειρίδιο Κατάρτισης στη Ναυπηγοεπισκευαστική Ειδικότητα του Υδροβολιστή Υψηλής και Υπερυψηλής Πίεσης. Νεώριον Κ.Ε.Κ., Μάρτιος 2000.
- Ανδρόνικος Ι.Γ.: "Αμμοβολή Εφαρμογές και Επιπτώσεις", Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ., Οκτ. 1992.
- Βασιλείου Π., Ανδρεόπουλος Α.: υλικά: ξύλο, κεραμική, πολυμερή, μέταλλα. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ. 2004.
- Βημα (εφημερίδα): Οικολογία. Οι Βαφές που σκοτώνουν τη θάλασσα. Τα επικίνδυνα σημεία στην Ελλάδα και οι κίνδυνοι για την τροφική αλυσίδα., ημερομηνία δημοσίευσης 30-06-2002, σελ.: Α 38.
- Δασκαλάκης Α.: Υπόμνημα για τη Βελτίωση της Ανταγωνιστικότητας της Λειτουργίας και Αποδοτικότητας του Τμήματος Υπεργολαβιών. Εσωτερικά μελέτη των Ναυπηγείων Ελευσίνας, Δεκέμβριος 1990.
- Ε.Κ.Θ.Ε., 1985, Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την απόρριψη μεταλλουργικών σκωριών από το νότιο τμήμα του Β.Ευβοϊκού, Τεχνική Έκθεση ΙΩΚΑΕ.
- Ε.Κ.Θ.Ε., 1989, Έλεγχος πύπανσης βαρέων μετάλλων στην περιοχή όρμου Λάεουνας – Λάρκο. Τεχνική Έκθεση, 79 σελ.
- ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.: Συνθήκες εργασίας στον κλάδο των Αμμοβολιστών, Καθαριστών και Βαφές της Ναυπηγοεπισκευαστικής Ζώνης Περάματος, τεύχος 14, Απρίλιος – Μάιος – Ιούνιος, 2003.
- ΙΝΕ: Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων στην ναυπηγοεπισκευαστική Βιομηχανία, "μοβολή και Αμμοβολιστές", Αθήνα 2000.
- Καθημερινή (εφημερίδα): Μια "χωματερή σκουριάς" απειλή για τη Λάρουνα, ημερομηνία δημοσίευσης 29-4-07.
- Καλιαμπάκος Δ.: Δυνατότητες εφαρμογής ενός νέου μη μεταλλικού παοξεστικού υλικού σε επιφανειακές κατεργασίες της αεροπορικής βιομηχανίας. Ημερίδα Τ.Ε.Ε., Μάρτιος 1995.
- Καλιαμπάκος Δ.: Σημειώσεις Περιβαλλοντικής Μεταλλευτικής. Σημειώσεις μαθήματος Περιβαλλοντική Μεταλλευτική και Λατομική Τεχνολογία. Αθήνα 1996.
- Κοινοτική Οδηγία: απόφαση 2001/118/ΕΚ: για τροποποίηση της απόφασης 2000/532/ΕΚ όσον αφορά τον κατάλογο των αποβλήτων.
- Λαμπράκης Δ. Διπλωματική Εργασία: Διερεύνηση των Δυνατοτήτων Καταλληλότητας Βιομηχανικών Ορυκτών ως Αποξεστικών Μέσων Αμμοβολής. Ε.Μ.Π. 1997.
- Παναγόπουλος Κ., Δ. Καλιαμπάκος, Γ. Ανδρόνικος: Αμμοβολή – παρόν και μέλλον- Μ.Μ.Χ., Απρίλιος 1993.

- Παπαθανασίου Ε., Κατσίκη Β.Α., Μπέη Φ., 1993, Επίπεδα μετάλλων στους ιστούς ψαριών και καρκινοειδών σε περιοχή απόρριψης μεταλλουργικών σκωριών (όρμος Λάρυμνας), 3^ο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Μόλυβδος Λέσβου, Σεπτ. 1993.
- Τσακίρης Θ.: “Επαγγελματικές ασθένειες/πνευμονοκονιώσεις” – “Τι είναι η χαλίκωση” – “Βηριλλίωση” – “Μόλυβδος” – “Χρώμιο”, σειρά άρθρων στην εφημερίδα “μοβολιστής”, φυλ. 3 – φυλ. 7, Ιουλ.-Δεκ. 1990.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, 1994, Διαχείριση τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων σε επίπεδο χώρας, Ενημερωτικό σημείωμα, Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, Δ/ση Περ/κού Σχεδιασμού, Τμήμα Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, Αθήνα, 14.12.94
- Φλώρου Ε., Κρητίδης Μ., 1990, Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε οργανισμούς του όρμου Λάρυμνας – Λάρκο, πανεπιστήμιο του Αιγαίου – Τμήμα Περιβάλλοντος, Συνέδριο: Χημικά (Τοξικά) στο Περιβάλλον, Μόλυβδος Λέσβου, Σεπτ. 1990.
- Π.Δ: 70/1990, Υγιεινή και Ασφάλεια των εργαζομένων σε Ναυπηγικές εργασίες. (ΦΕΚ 31/Α/14-3-90).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

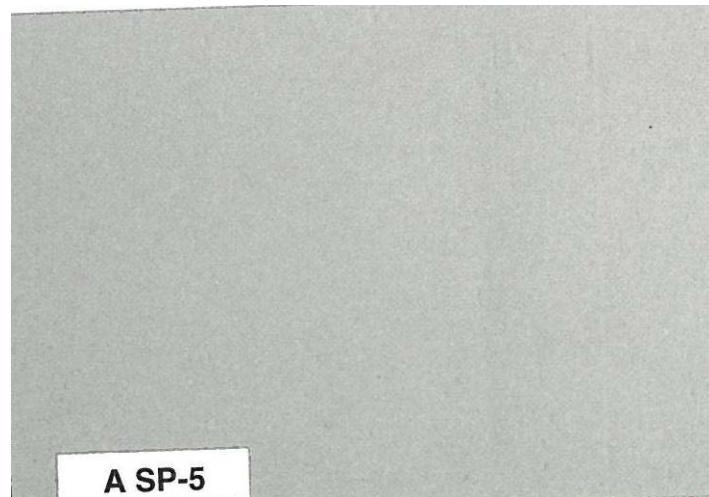
Βαθμοί καθαρότητας των επιφανειών μετά από ψηγματοβολή ανάλογα με τον βαθμό σκουριάς που ήταν καλυμμένη αρχικά η επιφάνεια πριν από την ψηγματοβολή :



Βαθμός οξείδωσης A (Rust Grade A): Χαλύβδινη επιφάνεια, πλήρως καλυμμένη από καλά προσκολλημένη σκωρία ελάστρου (καλαμίνα), χωρίς καθόλου άλλη σκουριά.



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 2 ½ (Σχεδόν λευκή ψηγματοβολή-Near White Metal Blast Cleaning)



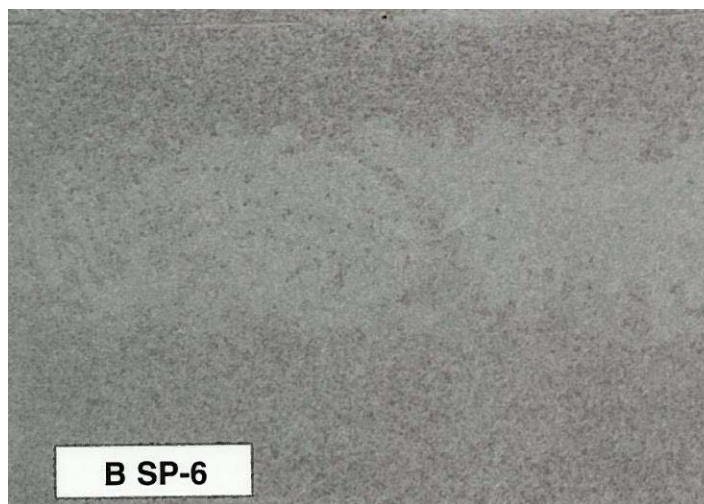
Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 3 (Λευκή ψηγματοβολή-White Metal Blast Cleaning)



Βαθμός οξείδωσης B (Rust Grade B): Χαλύβδινη επιφάνεια, η οποία έχει αρχίσει να οξειδώνεται και της οποίας η καλαμίνα έχει αρχίσει να αποφλοιώνεται.



Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 1 (Απλός καθαρισμός – Brush-off Blast Cleaning)



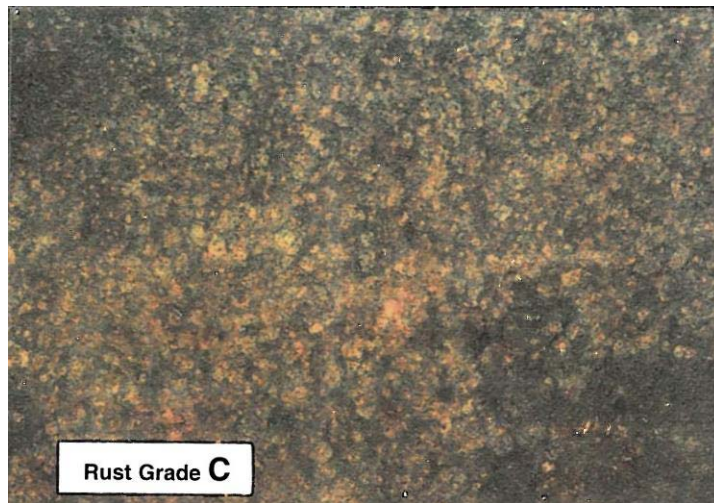
Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 2 (Εμπορική Ψηγματοβολή – Commercial Blast Cleaning)



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 2 ½ (Σχεδόν λευκή ψηγατοβολή-Near White Metal Blast Cleaning)



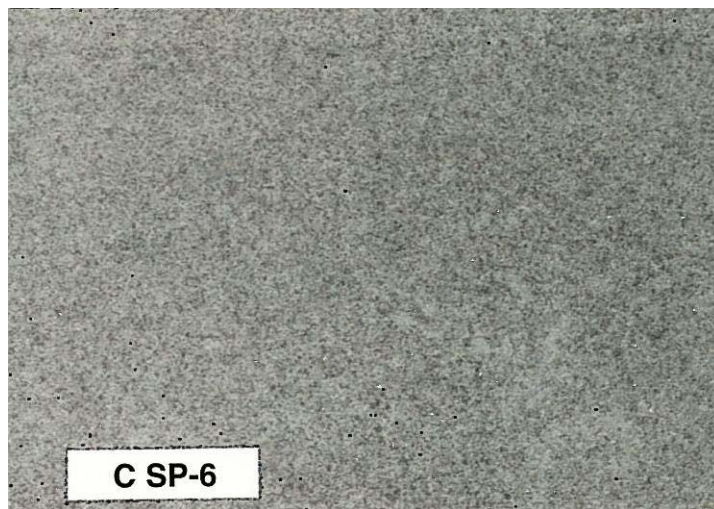
Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 3 (Λευκή ψηγατοβολή-White Metal Blast Cleaning)



Βαθμός οξείδωσης C: Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση ή μπορεί να αποκολληθεί με ξύσιμο και η οποία έχει μόνο λίγους βελονισμούς (pitting=ευλογίαση της επιφάνειας, δηλαδή η ύπαρξη μικρών λάκκων), ορατούς με το γυμνό μάτι.



Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 1 (Απλός καθαρισμός – Brush-off Blast Cleaning)



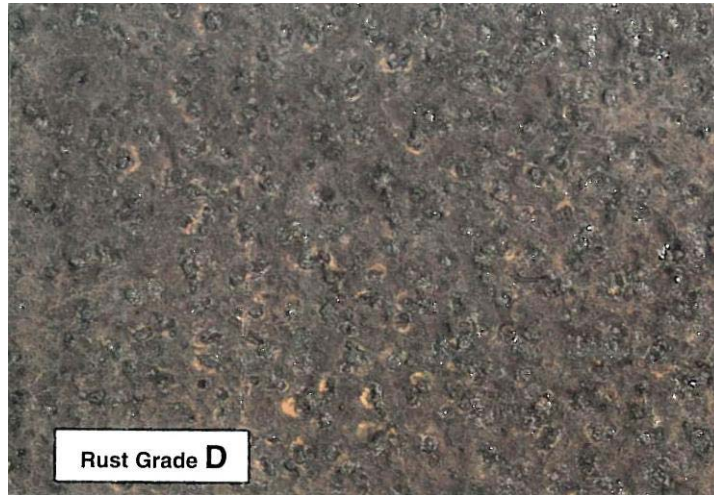
Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 2 (Εμπορική Ψηγματοβολή – Commercial Blast Cleaning)



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 2 ½ (Σχεδόν λευκή ψηγματοβολή-Near White Metal Blast Cleaning)



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 3 (Λευκή ψηγματοβολή-White Metal Blast Cleaning)



Βαθμός οξείδωσης D: Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση και η οποία έχει πολλούς βελονισμούς, που φαίνονται με το μάτι.



Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 1 (Απλός καθαρισμός – Brush-off Blast Cleaning)



Βαθμός καθαρότητας επιφανείας Sa 2 (Εμπορική Ψηγματοβολή – Commercial Blast Cleaning)



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 2 ½ (Σχεδόν λευκή ψηγματοβολή-Near White Metal Blast Cleaning)



Βαθμός προετοιμασίας επιφανείας Sa 3 (Λευκή ψηγματοβολή-White Metal Blast Cleaning)

