

**ΑΜΜΟΒΟΛΗ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΕΩΡΓΑΝΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ 6943  
ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Α.Μ 6972**

**Εισηγητής: Καθηγητής ΜΠΑΤΣΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2021**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου αφορά την παρουσίαση και την μελέτη της κατεργασίας της αμμοβολής και της τεχνολογικής διερεύνησης των επιφανειών.

Η συγκεκριμένη εργασία, έγκειται την κατανόηση του φαινομένου μέσα από μία πλήρη ανάλυση της διαδικασίας όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας, τον εξοπλισμό, τις διάφορες εφαρμογές και το αποτέλεσμα. Πραγματοποιείται με την αξιοποίηση επιστημονικών δεδομένων και την ανάλυση αυτών.

Αρχικά, γίνεται γενική αναφορά στο αντικείμενο με ιστορική αναδρομή, εξήγηση της ονομασίας και παρουσίαση των διάφορων ειδών αμμοβολής. Ακολουθεί δε αξιολόγηση σχετικά με τα θετικά και τα αρνητικά της κατεργασίας και του εξοπλισμού.

Τέλος, μέσω πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκε μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων που προσδίδει η αμμοβολή σε μεταλλικές επιφάνειες με τη χρήση σύγχρονου εργαστηριακού εξοπλισμού και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Συγκεκριμένα, το θέμα αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, αναφέρεται ο ορισμός και τα γενικά στοιχεία της κατεργασίας της αμμοβολής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται τα ιστορικά στοιχεία των μεθόδων αμμοβολής καθώς και στοιχεία της αμμοβολής στην Ελλάδα. Στη συνέχεια, παραθέτουμε την αρχή λειτουργίας της αμμοβολής, τα πεδία εφαρμογής και δράσης της. Επιπλέον, αναφέρονται οι προδιαγραφές καθαρισμού επιφάνειας με τη μέθοδο της αμμοβολής. Εν κατακλείδι αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Στο τρίτο κεφάλαιο, μελετάται η αμμοβολή ως προς τα είδη της και γίνεται αναφορά στις κατηγορίες της ξηρής αμμοβολής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, διαχωρίζονται οι μηχανές αμμοβολής ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους και παραθέτονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά τους. Τέλος, δίνονται τα αποξεστικά μέσα που χρειάζονται για κάθε τύπο μηχανής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύεται η πειραματική διαδικασία και παρουσιάζεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεσή της. Επιπλέον, περιγράφεται η μηχανή η οποία χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις σκληρότητας των δοκιμών και ο τρόπος λειτουργίας της.

Το έκτο κεφάλαιο, αναλύει την τεχνολογική διερεύνηση των επιφανειών που αποτελείται από τη φθορά των υλικών και τα αποτελέσματα μετρήσεων σκληρότητας που έγιναν κατά την πειραματική διαδικασία.

Στο έβδομο κεφάλαιο, καταλήγουμε σε συμπεράσματα που βασίζονται στις αποκλίσεις των μετρήσεων σκληρότητας μεταξύ δύο τρόπων αμμοβολής. Επομένως, βρισκόμαστε σε θέση να διαλέξουμε το βέλτιστο τρόπο αμμοβολής, βασισμένοι στο αποτέλεσμα που θέλουμε να πετύχουμε που προκύπτει από το πεδίο εφαρμογής.

Η πτυχιακή εργασία έγινε στο εργαστήριο Μηχανικής Υλικών Μηχανών (ΜΥΜ) υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Νικολάου Μπατσούλα, τον οποίο ευχαριστούμε πολύ για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για τη πραγματοποίηση της εργασίας. Επίσης, ευχαριστούμε πολύ το μέλος του Ε.ΤΕ.Π κ. Παναγιώτη Μπιζρέμη για την ιδιαίτερη βοήθεια του στο κομμάτι της πειραματικής διαδικασίας της εργασίας μας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	iv
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά στοιχεία.....	2
2.ΑΜΜΟΒΟΛΗ.....	3
2.1 Ιστορικά στοιχεία εξέλιξης.....	3
2.2 Η αμμοβολή στην Ελλάδα.....	5
2.3 Αρχή λειτουργίας.....	7
2.4 Πεδία εφαρμογών.....	8
2.5 Μορφές καθαρισμού επιφανειών.....	11
2.6 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα αμμοβολής.....	14
3.ΕΙΔΗ ΑΜΜΟΒΟΛΗΣ.....	17
3.1 Είδη αμμοβολή.....	17
3.2 Κατηγορίες ξηρής αμμοβολής.....	23
4.ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΜΜΟΒΟΛΗΣ.....	26
4.1 Μηχανές αμμοβολής.....	26
4.2 Αποξεστικά μέσα.....	54
5.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	69
5.1 Περιγραφή μηχανολογικού εξοπλισμού.....	70
5.2 Μηχανή μέτρησης σκληρότητας.....	95
6.ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.....	100
6.1Μείωση της φθοράς λόγω αμμοβολής.....	100
6.2 Σκληρότητα επιφάνειας.....	103
7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
Βιβλιογραφία.....	108

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αμμοβολή ονομάζουμε τη μέθοδο καθαρισμού μιας μεταλλικής επιφάνειας με την εκτόξευση σωματιδίων ενός αποξεστικού μέσου, ανάλογα με το αποτέλεσμα που θέλουμε να προσδώσουμε, τα οποία εκτοξεύονται με ρεύμα αέρα υψηλής πίεσης **(Σχ.1.1)**.

Όταν τα σωματίδια αυτά προσπίπτουν στην επιφάνεια καθαρισμού αυτό έχει σαν αποτέλεσμα της κρούση (κινητική ενέργεια) του αποξεστικού υλικού πάνω στην επιφάνεια, απομακρύνουν τα επιστρώματα βαφής, τα οξειδία που υπάρχουν, τα λάδια, τις βρωμιές, τυχόν άλλες χημικές προσμίξεις κλπ. και προετοιμάζουν την επιφάνεια για βαφή. Το λειαντικό μέσο μπορεί να είναι άμμος, ορυκτά υλικά, αποκαμινεύματα (ψήγματα μετάλλων) όπως θα δούμε στη συνέχεια.



Σχ. 1.1 Χειροκίνητη αμμοβολή

## 1.1 Γενικά στοιχεία

Όπως έχουμε αναφέρει ήδη, η αμμοβολή (sand-blasting) αποτελεί, εδώ και αρκετές δεκαετίες, την αποδοτικότερη και την πλέον διαδεδομένη μέθοδο καθαρισμού και προετοιμασίας προς βαφή μεγάλων μεταλλικών επιφανειών, με ποικίλες εφαρμογές σε αρκετές βιομηχανίες και ειδικότερα στο κατασκευαστικό και στο ναυπηγοεπισκευαστικό τομέα.

Η αρχή λειτουργίας της αμμοβολής στηρίζεται στη βίαια προώθηση ρεύματος λειαντικού υλικού (άμμος, ορυκτά, αποκαμινεύματα, ψήγματα μετάλλων) πάνω στην επιφάνεια καθαρισμού. Τα λειαντικά μέσα με την πρόσπτωση στην επιφάνεια απομακρύνουν τα επιστρώματα βαφής, τα υπολείμματα οξείδωσης και άλλα υπολείμματα και προετοιμάζουν την επιφάνεια για βαφή.

Αν την συγκρίνουμε με τις άλλες μεθόδους καθαρισμού των επιφανειών, η αμμοβολή είναι η πιο γρήγορη, αποδοτική και αποτελεσματική μέθοδος. Μία μέθοδος με περισσότερα πλεονεκτήματα σε αντίθεση με άλλες μεθόδους καθαρισμού επιφανειών. Το βασικότερο εξ' αυτών αποτελεί ο μεγάλος βαθμός καθαρισμού που μπορεί να επιτευχθεί και η δημιουργία ιδανικού προφίλ, που είναι το ζητούμενο για την πρόσφυση της βαφής στην επιφάνεια.

Σε διεθνή κλίμακα η αμμοβολή έχει περάσει 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 αμμοβολής με σκοπό την βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας, των συνθηκών εργασίας κλπ.

Παρά τις προσπάθειες για την δημιουργία άλλων μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας μικρών ή μεγάλων επιφανειών, η αμμοβολή και οι παρόμοιες τεχνικές της παραμένουν μέχρι και σήμερα αναντικατάστατες, με πολύ ισχυρά πλεονεκτήματα όσον αφορά την παραγωγικότητα και την αποτελεσματικότητά τους.

## 2.ΑΜΜΟΒΟΛΗ

### 2.1 Ιστορικά στοιχεία εξέλιξης

Το 1870 ο Benjamin C. Tilgman διέκρινε 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 κλπ. μέσω βολών ατμού, νερού και πεπιεσμένου αέρα στις 18 Οκτωβρίου 1870.

Σταθμοί που θεωρούνται σημαντικοί στην εξέλιξη της:

1870: Ο Tilgman υποβάλλει τις δυο πρώτες ευρεσιτεχνίες για καθαρισμό διαφόρων επιφανειών με τη βοήθεια άμμου που εκτοξεύεται με ροή αέρα.

1907: Ο Wise παρουσιάζει μια μηχανή που διατηρεί τη διεργασία της αμμοβολής σε κλειστό σύστημα με προδιαγραφές 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 διεργασία αυτή θεωρείται πρωτοπόρα των ευρύτατα σήμερα εφαρμοζόμενων τεχνικών, με τις οποίες επιτυγχάνεται η αύξηση της αντοχής του χάλυβα ή των άλλων κραμάτων σε κόπωση.

1930: Ο V.E. Minich παρουσιάζει τον πρώτο λειτουργικό και παραγωγικό τροχό αμμοβολής ξεκινώντας έτσι 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 ιδιαίτερης

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 και το 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 ξεκινάνε την απαγόρευση στην ύπαρξη ελεύθερου πυριτίου στο αποξεστικό μέσο της αμμοβολής. Η αμμοβολή καθιερώνεται ως συστηματική τεχνική καθαρισμού των πλοίων πριν την εφαρμογή των 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 στρογγυλεμένα σωματίδια (steel 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. Ξεκινάνε την διάκριση τους νέες τεχνικές αμμοβολής (υδροβολή, αμμοβολή υπό κενό, κλπ.), 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 βέβαια υπάρχει ανάπτυξη συνεχώς σε μια νέα μέθοδος, την υδροβολή, η οποία χρησιμοποιεί μόνο το νερό ως μέσο καθαρισμού των επιφανειών.

Δεκαετία του 90 : Την περίοδο αυτή συνεχίζεται η έρευνα για την εισαγωγή νέων εναλλακτικών υλικών αμμοβολής. Επίσης, υπάρχει συνεχής ερευνητική ενασχόληση με τη βελτίωση και την ανάπτυξη των τεχνικών υδροβολής. Η ανάπτυξη της υδροβολής υπερευψηλής 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.[1]

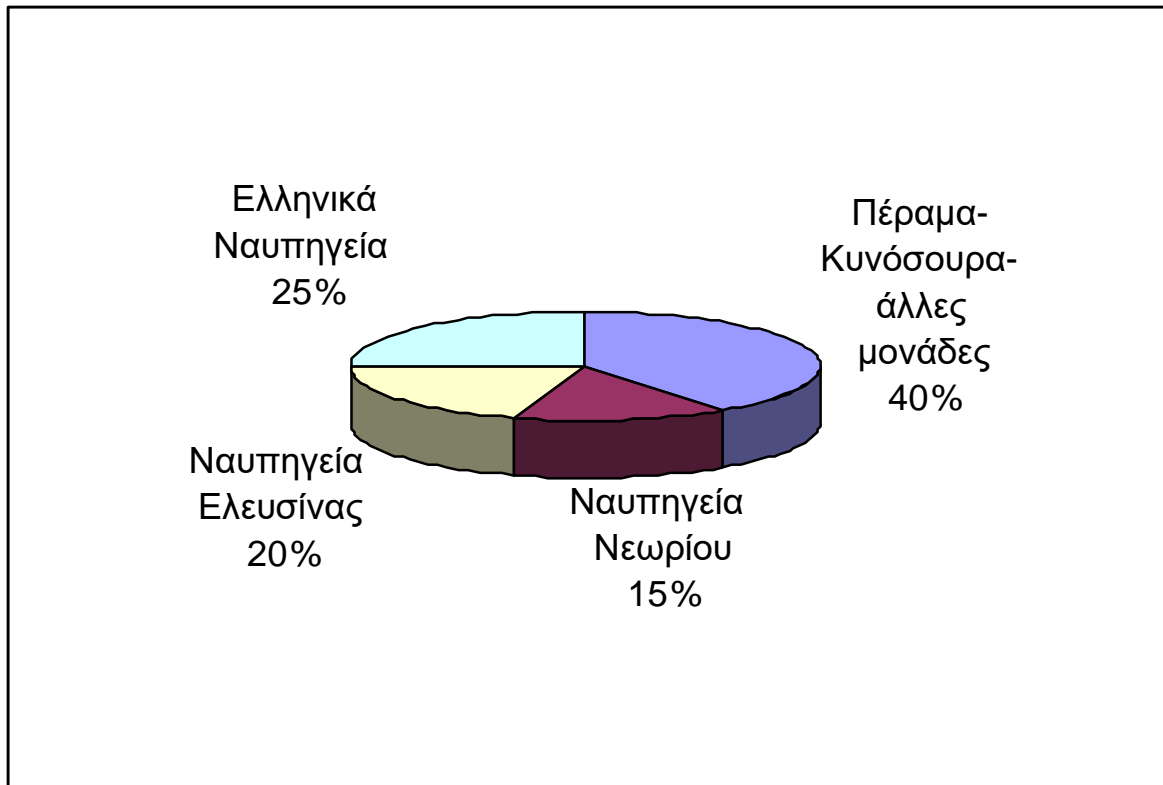
## **2.2 Η αμμοβολή στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα, εργασίες αμμοβολής πραγματοποιούνται σε όλα τα ναυπηγεία και τις ναυπηγοεπισκευαστικές ζώνες και αποτελούν σημαντική δραστηριότητα της ναυπηγοεπισκευαστικής βιομηχανίας. Εκτός των ανωτέρω λαμβάνουν χώρα κατά βάση ανοικτές αμμοβολές σε μικρές μονάδες καθαρισμού και βαφής μηχανημάτων, αυτοκινήτων και μεταλλικών εξαρτημάτων.

Όσον αφορά στην κατανάλωση και χρήση λειαντικών μέσων, το υλικό που χρησιμοποιείται σήμερα στην Ελλάδα σε ποσοστό που ξεπερνά το 95% είναι τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργίας σιδήρου και νικελίου που προέρχονται από τη μεταλλουργία σιδηρονικελίου στην Λάρυμνα Φθιώτιδας.

Το ύψος της κατανάλωσης λειαντικού στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία φτάνει σε ετήσια εκτίμηση τους 80000 τόνους. Η κατανάλωση αυτή είναι κατανομημένη ως εξής: 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 ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη Περάματος και στις υπόλοιπες μικρότερες μονάδες.

Για τις υπόλοιπες βιομηχανικές εφαρμογές της αμμοβολής (διυλιστήρια, βιομηχανίες μεταλλικών κατασκευών, κλπ.), η αντίστοιχη ετήσια κατανάλωση θεωρείται ότι είναι συνολικά της τάξης των 20000 τόνων.



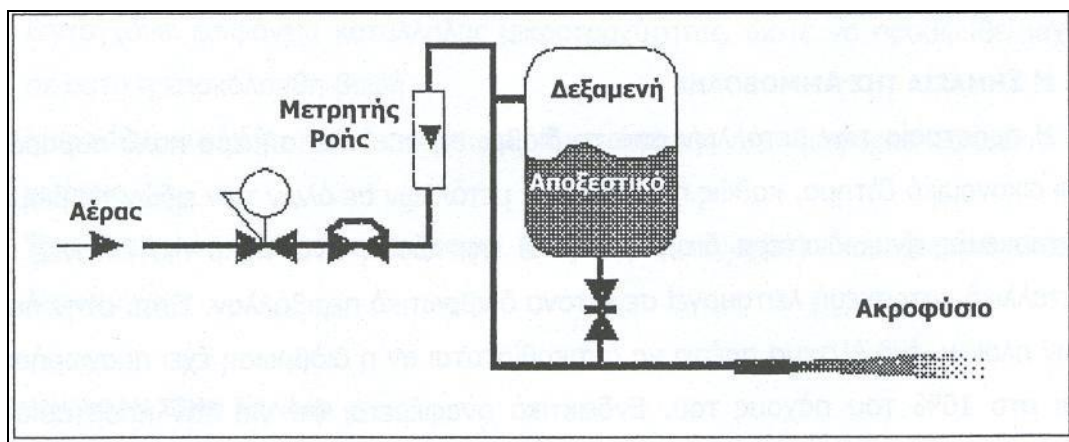
Σχ.2.1 Κατανομή της κατανάλωσης αποξεστικού αμμοβολής στην Ελλάδα.[2]

Ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του όγκου των αποβλήτων από τις εργασίες αμμοβολής παράγεται στην περιοχή του Θριάσιου Πεδίου (περιοχή Περάματος Κυνόσουρας). Επίσημως το υλικό απορρίπτεται στις χωματερές. Ωστόσο, λόγω προβλημάτων στην αποτελεσματική και έγκαιρη συλλογή του, ένα μεγάλο ποσοστό του υλικού απορρίπτεται κατευθείαν στη θάλασσα. Πιο συγκεκριμένα, περίπου το 10% διατίθεται στη τσιμεντοβιομηχανία, το 15% απορρίπτεται στις χωματερές, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (της τάξης του 75%) θεωρείται ότι απορρίπτεται στο ανοικτό θαλάσσιο περιβάλλον.

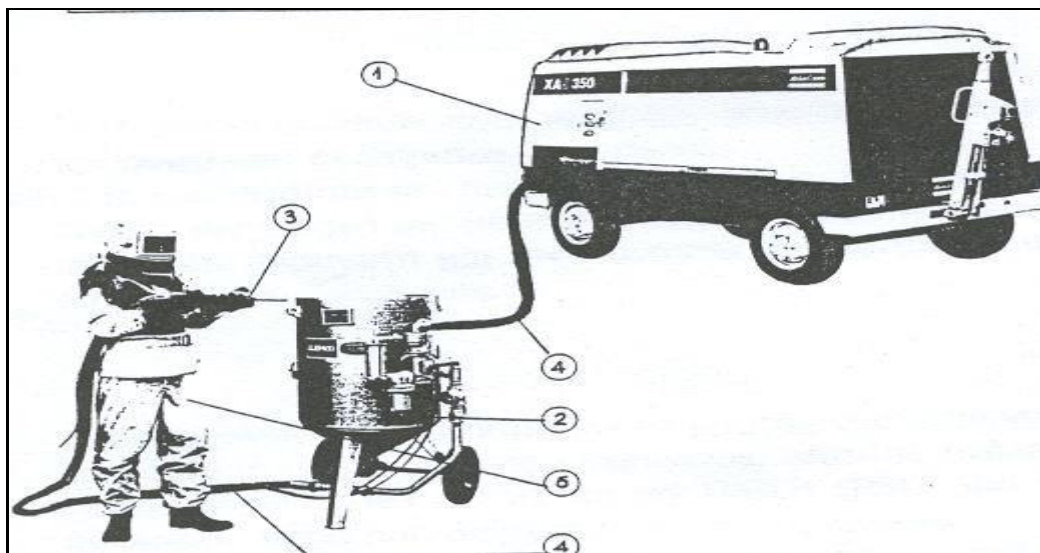
Το πρόβλημα παρουσιάζεται ιδιαίτερα οξύ για την Ελλάδα, καθώς ο κύριος όγκος εργασιών αμμοβολής-βαφής εκτελείται στην ήδη επιβαρημένη περιβαλλοντικά περιοχή του Θριάσιου Πεδίου και του κόλπου της Ελευσίνας, αποτελώντας έναν από τους βασικούς - παράγοντες της περαιτέρω ρύπανσής τους.

## 2.3 Αρχή λειτουργίας

Ο πεπιεσμένος αέρας που παράγεται από τον αεροσυμπιεστή μεταφέρεται μέσω σωλήνα στην αμμουδιέρα που περιέχει το αποξεστικό υλικό, με αποτέλεσμα να ωθεί και να μεταφέρει το υλικό μέσα από ένα άλλο σωλήνα στο ακροφύσιο και από εκεί να το προωθεί με μεγάλη ταχύτητα στην επιφάνεια, που πρόκειται να καθαρισθεί.



Σχ. 2.2 Τυπικό διάγραμμα κυκλώματος αμμοβολής. [1]



Σχ.2.3 Απεικόνιση κυκλώματος αμμοβολής.[1]

## 2.4 Πεδία εφαρμογών

Το πεδίο εφαρμογών της αμμοβολής σήμερα είναι ευρύτατο και περιλαμβάνει τους εξής τομείς:

- Καθαρισμός και συντήρηση μεταλλικών κατασκευών όπως: πλοία, κτίρια κλπ.
- Εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, δεξαμενές πετρελαιοειδών, βυτία μεταφοράς, γέφυρες, κλπ.
- Καθαρισμός μηχανημάτων και εξαρτημάτων όπως: εξοπλισμός κατασκευής έργων οδοποιίας, βαρέα οχήματα, εξαρτήματα χυτηρίων, διάφορα μεταλλικά εξαρτήματα, στα οποία προσκολλούνται ακαθαρσίες, διάφορα καλούπια κλπ.
- 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 κλπ.
- Σφαιροβολή για την αύξηση της αντοχής των μετάλλων σε κόπωση. Η διενέργεια αμμοβολής συμβάλλει στην αύξηση των θλιπτικών παραμέτρων των μεταλλικών κατασκευών, με αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής τους σε κόπωση.

Τα πεδία δράσης ενός αποξεστικού καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του υλικού που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα υλικά υψηλής περιεκτικότητας σε ελεύθερο  $\text{SiO}_2$  και σε βαρέα μέταλλα και με υψηλή παραγωγή σκόνης κάτω από φυσιολογικές συνθήκες αποφεύγεται να χρησιμοποιούνται σε ανοικτές αμμοβολές.

Άλλα χαρακτηριστικά των υλικών που καθορίζουν την χρήση τους είναι το αν έχουν μεγάλη ή μικρή παραγωγή, καθορισμένη ποιότητα, ανθεκτικότητα ώστε να γίνεται συλλογή, ανάκτηση και ανακύκλωσή τους, κατάλληλο κοκκώδες σχήμα και μέγεθος, κλπ.

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι αν και η ακολουθούμενη πρακτική τείνει να περιλάβει τα αποξεστικά αμμοβολής για όλες τις χρήσεις, αυτά

μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε μια ( ξεχωριστά ή συνδυαστικά) από τις εξής έξι βασικές δράσεις γνωστές σαν:

**-Καθαρισμός** είναι η πιο διαδεδομένη από όλες τις εφαρμογές υλικών αμμοβολής 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 οξείδωσης, η καλαμίνα κ.α. Όμως, για υψηλότερη ποιότητα καθαρισμού, συχνά, υπάρχουν επιπλέον αυστηρές προδιαγραφές και οι οποίες αναφέρονται σε "περίπου λευκό μέταλλο" και "λευκό μέταλλο" όπου το 95% και το 100% των υπολειμμάτων πρέπει να αφαιρεθούν αντίστοιχα. Για την ποιότητα καθαρισμού της επιφάνειας, η οποία έχει άμεση σχέση με το βαθμό οξείδωσης της επιφάνειας, θα αναφερθούμε παρακάτω αναλυτικότερα.

**-Ελαφρύς καθαρισμός** είναι η διαδικασία στην οποία γίνεται καθαρισμός σε έτοιμα προς χρήση μέρη μηχανών, εργαλείων, μέρη αυτοκινήτων κλπ. Ένας σημαντικός περιορισμός για τα υλικά που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό οργάνων ακριβείας, είναι ότι η ελαφρά καθαρισμένη επιφάνεια δεν θα πρέπει να υποστεί κανενός είδους αλλοίωση.

**-Κοπή** Στις εφαρμογές της αμμοβολής για κοπή, το αποξεστικό τις περισσότερες φορές αναμειγνύεται με κάποιο υγρό, συνήθως νερό. Με την διαδικασία αυτή το υλικό μπορεί να κόψει ένα μικρό κομμάτι της επιφάνειας ή να την κόψει εγκάρσια (διαμπερής κοπή). Για την κοπή με αμμοβολή χρησιμοποιούνται αποξεστικά μέσου μεγέθους 0.18 mm περίπου, τα οποία εκτοξεύονται στην επιφάνεια με πίεση τουλάχιστον  $5.5 \times 10^8$  Pa.

**-Αύξηση των θλιπτικών τάσεων** Στην περίπτωση αυτή το αποξεστικό μέσο προξενεί θλιπτικές τάσεις κατά την πρόσκρουση στην επιφάνεια με

αποτέλεσμα την βελτίωση της αντοχής σε κόπωση και την αύξηση του χρόνου ζωής της.

**-Φινίρισμα** Το φινίρισμα γίνεται όταν η δράση της αμμοβολής δημιουργεί ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα στην επιφάνεια. Ένας συνδυασμός από προσεκτική επιλογή υλικού και ρυθμίσεις των κατάλληλων συνθηκών εφαρμογής (πίεση στο ακροφύσιο, διάρκεια κλπ.) 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** Στις εφαρμογές χάραξης το αποξεστικό μέσο χρησιμοποιείται για να τροποποιήσει την επιφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την απότομη αφαίρεση μέρους της επιφάνειας από το προσκρούμενο υλικό με αποτέλεσμα αυτή να εμφανίζει σειρές από αυλάκια, χαραγές μεγάλες ή σημειακές. Μετά την διαδικασία, είναι δυνατόν να προστεθεί στην επιφάνεια οποιαδήποτε βαφή και επίστρωμα

## **2.5 Μορφές καθαρισμού επιφανειών**

Η αξιολόγηση της ποιότητας καθαρισμού η οποία επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μεθόδων αμμοβολής 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 (National Association of Corrosion Engineer) και του SSPC (Steel Structures Painting Council) στις ΗΠΑ και το ISO 8501-1/88.

Η.Π.Α. (NACE)	ISO 8501-1
Λευκή αμμοβολή	Sa 3
Σχεδόν Λευκή	Sa 2 <sup>1/2</sup>
Εμπορική	Sa 2
Απλός Καθαρισμός	Sa 1

Σχ.2.4 Αντιστοιχίες προτύπων[1]

Επειδή η επιτυγχανόμενη ποιότητα καθαρισμού εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από το βαθμό οξείδωσης της επιφάνειας, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της κατάστασης της οξείδωσης των επιφανειών πριν την αμμοβολή.

Σύμφωνα με το ISO 8501 (International Standard: ISO 8501-1:1998) έχουν καθοριστεί τέσσερις βαθμοί οξείδωσης (A, B, C και D) για την χαλύβδινη επιφάνεια, και τέσσερις βαθμοί προετοιμασίας της επιφάνειας ( Sa 1, Sa 2<sup>1/2</sup>, Sa 2 και Sa 3) για καθέναν από τους βαθμούς οξείδωσης.

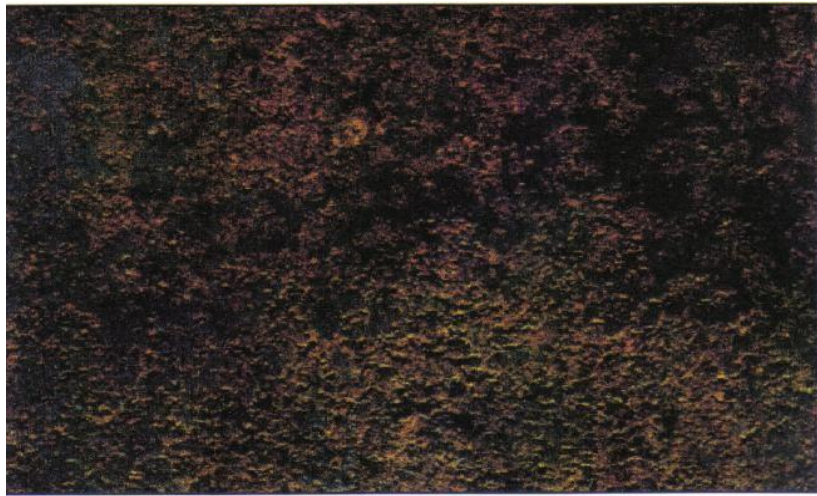
Οι τέσσερις βαθμοί οξείδωσης των επιφανειών είναι :

**Βαθμός A:** Χαλύβδινη επιφάνεια, πλήρως καλυμμένη από καλά προσκολλημένη σκωρία ελάστρου (καλαμίνα), χωρίς καθόλου άλλη σκουριά(Σχ.2.5).



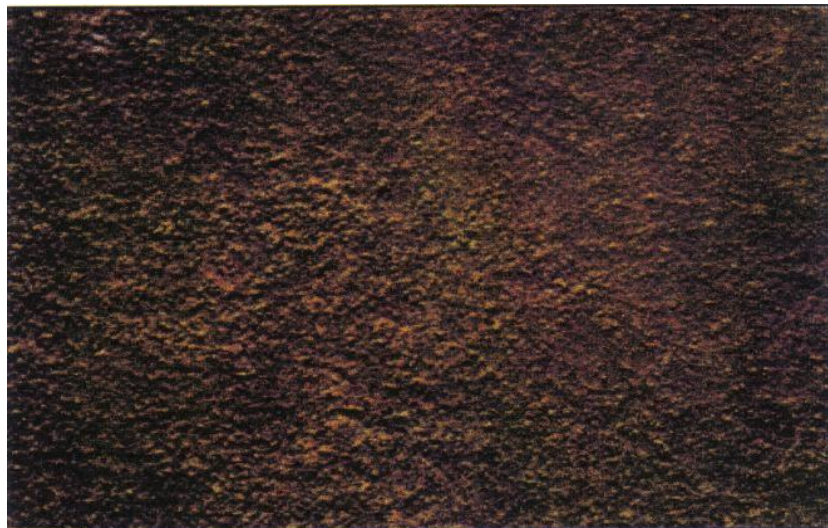
Σχ.2.5 Επιφάνεια βαθμού οξείδωσης A[1]

**Βαθμός Β:** Χαλύβδινη επιφάνεια, η οποία έχει αρχίσει να οξειδώνεται και της οποίας η καλαμίνα έχει αρχίσει να αποφλοιώνεται(Σχ.2.6).



Σχ.2.6 Επιφάνεια βαθμού οξείδωσης Β[1]

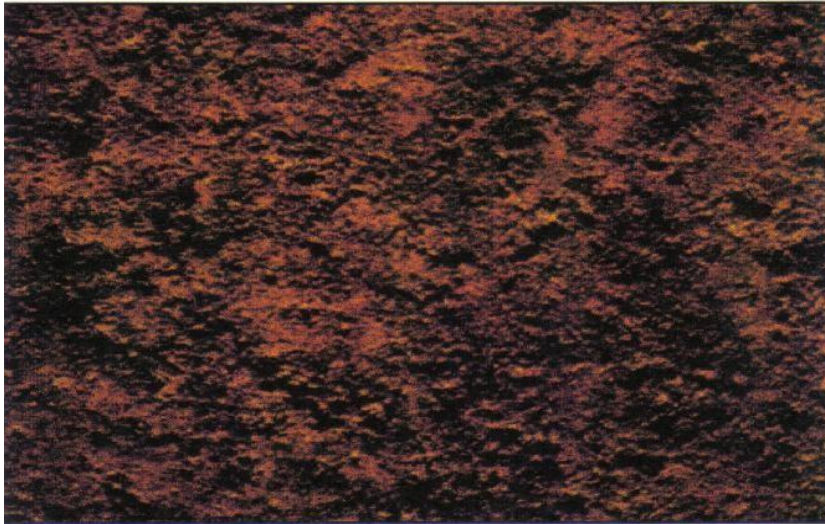
**Βαθμός C:** Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση ή μπορεί να αποκολληθεί με ξύσιμο και η οποία έχει μόνο λίγους βελονισμούς , ορατούς με γυμνό μάτι(Σχ.2.7).



Σχ.2.7 Επιφάνεια βαθμού οξείδωσης C[1]



**Βαθμός D** : Χαλύβδινη επιφάνεια, της οποίας η καλαμίνα έχει φύγει με την οξείδωση και η οποία έχει πολλούς βελονισμούς, που φαίνονται με το μάτι(Σχ.2.8).



Σχ.2.8 Επιφάνεια βαθμού οξείδωσης D[1]

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

**Sa 1:** Ελαφριά αμμοβολή μέχρι να απομακρυνθεί η αποκολλημένη καλαμίνα, οι αποκολλημένες σκουριές και τα αποκολλημένα ξένα σώματα.

**Sa 2:** Επιμελημένη αμμοβολή μέχρις ότου απομακρυνθούν όλη η καλαμίνα, οι σκουριές και τα ξένα σώματα. Η επιφάνεια καθαρίζεται με καθαρό και ξηρό πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.

**Sa 2<sup>1/2</sup>:** Πολύ επιμελημένη αμμοβολή. Η καλαμίνα, οι σκουριές και τα ξένα σώματα απομακρύνονται τόσο καλά, ώστε τα ίχνη που απομένουν να φαίνονται σαν ελαφρές σκιές ή γραμμές. Έπειτα καθαρίζεται η επιφάνεια όπως και αναφέρθηκε παραπάνω στις άλλους μεθόδους.

**Sa 3:** Αμμοβολή μέχρι καθαρό («λευκό») μέταλλο. Έτσι, 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. [1]

## **2.6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα αμμοβολής**

### **Πλεονεκτήματα**

Η κατεργασία της αμμοβολής χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια ως η αποτελεσματικότερη μέθοδος προετοιμασίας των μεταλλικών επιφανειών και όχι μόνο.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της είναι τα ακόλουθα:

- Δημιουργεί επιφάνεια υψηλής καθαρότητας, απαλλαγμένη από χρώματα και προϊόντα οξείδωσης.
- Εξασφαλίζει υψηλές αποδόσεις καθαρισμού.
- Επιτυγχάνει επιφάνεια κατάλληλης μικροτραχύτητας, ώστε να προσφυθεί ισχυρά σε αυτή η επακόλουθη βαφή.
- Εμφανίζει ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής σε διάφορες εφαρμογές ή χώρους.
- Έχει χαμηλό κόστος εξοπλισμού, στις περισσότερες περιπτώσεις και χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.

### **Μειονεκτήματα αμμοβολής**

Ένα από τα σοβαρότερα μειονεκτήματα της αμμοβολής, τουλάχιστον όσον αφορά στην ποιότητα της εργασίας, είναι το πρόβλημα της ακαριαίας οξείδωσης. Πράγματι, 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 αμμοβολή.

Σαν αποτέλεσμα προκύπτει μείωση της παραγωγικότητας, χαμηλότερη ποιότητα και επιπλέον, ανάγκη επανάληψης της αμμοβολής εξαιτίας της ακαριαίας οξείδωσης, που έχει εμφανιστεί ήδη στη μεταλλική επιφάνεια.

Κατά το φαινόμενο αυτό, η αμμοβολισμένη 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.

Η παραγωγικότητα των ανοικτών αμμοβολών μεγάλης κλίμακας εξαρτάται άμεσα από τη δυνατότητα αναστολής της ακαριαίας οξείδωσης, δεδομένου ότι ο χρόνος αμμοβολής είναι αρκετές φορές πολλαπλάσιος του χρόνου βαφής και επομένως η όλη εργασία καθυστερεί αναγκαστικά, για να βαφεί το τμήμα της επιφάνειας που μόλις έχει αμμοβολιστεί. Πολλές ερευνητικές και βιομηχανικές προσπάθειες είχαν βασικό στόχο την αναστολή του παραπάνω αρνητικού φαινομένου, ώστε η παραγωγική διαδικασία να είναι ανεξάρτητη από τη διαδικασία της βαφής. Έτσι θα αυξανόταν σημαντικά το επίπεδο της συνολικής απόδοσης της εργασίας.

Για την αποφυγή του προβλήματος της ακαριαίας οξείδωσης, γίνεται χρήση ειδικών αντισκωριακών διαλυμάτων, των λεγόμενων αναστολέων οξείδωσης. Τα συνηθέστερα είναι τα υδατοδιαλυτά διχρωμικά ή φωσφορικά άλατα (καλίου ή νατρίου). Τα οποία είναι ικανά να επιβραδύνουν την οξείδωση μέχρι την εφαρμογή της βαφής. Έτσι λοιπόν 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, τείνουν να σχηματίζουν κρυσταλλικά άλατα, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα πρόσφυσης στα προστατευτικά επιστρώματα που ακολουθούν. Για τον λόγο αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται η συμβατότητα του χρησιμοποιημένου αναστολέα με το σύστημα βαφής που εφαρμόζεται ακολούθως.

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

Από την άλλη πλευρά πρόκειται για μια βαριά και ανθυγιεινή εργασία με σοβαρές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Υπάρχει επομένως μεγάλη ανάγκη για μείωση των επιπτώσεων αυτών, καθώς και 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.

Η διεθνής βιομηχανική έρευνα κινείται σήμερα προς δύο βασικές κατευθύνσεις:

**A)** Ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας μεταλλικών

**B)** Χρήση εναλλακτικών λειαντικών μέσων, ιδιαίτερα ανακυκλώσιμων, με στόχο τη μείωση των παραγόμενων αποβλήτων, για χρήση τους στις εναλλακτικές μεθόδους καθαρισμού, τα οποία θα είναι λιγότερο επιβλαβή στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

## 3.ΕΙΔΗ ΑΜΜΟΒΟΛΗΣ

### 3.1 Είδη αμμοβολής

**Αμμοβολή:** Τα μηχανήματα αμμοβολής ρίχνουν ξηρά λειαντικά σωματίδια διοξειδίου του πυριτίου στην επιφάνεια ενός μέρους με υψηλή ταχύτητα.

Χρησιμοποιείται διοξείδιο του πυριτίου ή χαλαζία ως λειαντικό υλικό, το οποίο στη συνέχεια προωθείται σε επιφάνειες με υψηλή ταχύτητα. Η οξύτητα του λειαντικού και η συνέπεια στο μέγεθος το καθιστούν ένα εξαιρετικό λειαντικό για χρήση σε ομοιόμορφο φινίρισμα. Αυτά τα σωματίδια, δεδομένης της υψηλής ταχύτητάς τους, θα απομακρύνουν τυχόν ρύπους στην επιφάνεια του εξαρτήματος με ευκολία. Η αμμοβολή είναι μια ιδιαίτερα δημοφιλή επιλογή για την αφαίρεση σκουριάς από μέταλλο. Ο μηχανισμός χρησιμοποιεί πίεση αέρα για να πυροδοτήσει αυτά τα ξηρά λειαντικά σωματίδια. Το λειαντικό υλικό άμμου μαζί με τον αέρα εξάγεται γενικά από ένα ακροφύσιο χειρός. Επειδή η αμμοβολή εκτελείται σε μορφή πιο ανοιχτού χώρου, υπάρχουν περιβαλλοντικοί κανονισμοί που καθορίζουν πού μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Το χρησιμοποιούμενο πυρίτιο είναι επικίνδυνο για την υγεία και μπορεί να οδηγήσει σε πυριτίαση. Ως αποτέλεσμα, αυτή η μέθοδος δεν προτιμάται πλέον όταν πρόκειται για λειαντική έκρηξη καθώς το λειαντικό μπορεί να εισπνευστεί ή να διαρρεύσει στο περιβάλλον.

Καλύτερη χρήση για: Διαφορετικές επιφάνειες που απαιτούν ευελιξία.

## Υδροβολή

Η υγρή ανατίναξη σχεδιάστηκε για να λύσει το μεγάλο πρόβλημα με την εκτόξευση αέρα, η οποία ελέγχει την ποσότητα της αερομεταφερόμενης σκόνης που προκύπτει από την εκτόξευση αέρα.

Αυτό το εργαλείο εγχέει νερό στο ακροφύσιο κοντά στην έξοδο του λειαντικού που προωθείται από υψηλή πίεση αέρα. Σε ορισμένες ποικιλίες, το νερό αναμιγνύεται ακόμη και με το λειαντικό εκ των προτέρων και εκτοξεύεται μέσω του ακροφυσίου.

Σε κάθε περίπτωση, ένα μείγμα αέρα, νερού και λειαντικών σωματιδίων αφήνει το ακροφύσιο και χτυπά την επιφάνεια σε υψηλή πίεση για να τον καθαρίσει. Το υποπροϊόν αυτής της διαδικασίας καθαρισμού πρέπει να περιέχεται και να απορρίπτεται σωστά, σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

Καλύτερη χρήση για: Επιφάνειες με υποπροϊόντα ανατινάξεων που πρέπει να είναι περιορισμένες, όπως η αερομεταφερόμενη σκόνη.

## Αμμοβολή κενού

Η αμμοβολή κενού είναι επίσης γνωστή ως χωρίς σκόνη. Αυτό περιλαμβάνει ένα μηχάνημα ανατινάξεων που έρχεται εξοπλισμένο με αναρρόφηση κενού που απομακρύνει τυχόν προωθητικά λειαντικά και επιφανειακούς ρύπους. Με τη σειρά τους, αυτά τα υλικά αναρροφάται αμέσως στη μονάδα ελέγχου.

Το πλεονέκτημα της ανατίναξης κενού είναι το πιο αποτελεσματικό στην ανακύκλωση χρησιμοποιημένων λειαντικών που μπορεί να αποδειχθούν οικονομικά αποδοτικά. Εκτός από αυτό, ελαχιστοποιούνται επίσης τυχόν συντρίμια από τον καθαρισμό.

Ωστόσο, η λειτουργία ανακύκλωσης καθιστά τη μέθοδο ανατίναξης κενού πιο αργή από άλλες μεθόδους.

Καλύτερη χρήση για: Οποιοσδήποτε λειαντικές ανατινάξεις που απαιτούν ελάχιστη αναρρίχηση σκουπιδιών στο περιβάλλον.

## **Φυγοκεντρική αμμοβολή**

Η φυγοκεντρική αμμοβολή είναι επίσης γνωστή ως ανατινάξεις τροχών. Αυτό συμβαίνει όταν ένας τροχός λεπίδας που λειτουργεί με κινητήρα ρίχνει τα λειαντικά με απίστευτα υψηλές ταχύτητες προς την επιφάνεια που χρειάζεται καθαρισμό.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν χρησιμοποιεί πίεση πεπιεσμένου αέρα καθιστώντας την πολύ περισσότερο. Είναι επίσης γνωστό ότι είναι πιο αποτελεσματικό καθαριστικό και παράγει καθαρότερες και πιο ομοιόμορφες επιφάνειες.

Τα προβλήματα με την φυγοκεντρική ανατινάξεις είναι ότι είναι ένα μεγαλύτερο μηχάνημα και είναι πολύ λιγότερο φορητό. Δεν μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ανώμαλες υπηρεσίες. Τα λειαντικά που χρησιμοποιούνται στην φυγοκεντρική ανατίναξη μπορούν επίσης να ανακυκλωθούν και τα απορρίμματα συλλέγονται από μια μονάδα συλλογής. Και οι δύο το κάνουν μια ελκυστική επιλογή.

Καλύτερα χρησιμοποιείται για: Οποιαδήποτε μακροχρόνια λειαντική λειτουργία ανατινάξεων που χρειάζεται αποτελεσματικότητα και υψηλή απόδοση.

## **Βολή με σόδα**

Η ανατίναξη με σόδα είναι μια νεότερη μορφή ανατίναξης που χρησιμοποιεί όξινο ανθρακικό νάτριο ως λειαντικό που εκτοξεύεται στην επιφάνεια χρησιμοποιώντας πίεση αέρα.

Η χρήση όξινου ανθρακικού νατρίου έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ αποτελεσματική στην απομάκρυνση ορισμένων ρύπων από την επιφάνεια των υλικών. Το λειαντικό σπάει κατά την πρόσκρουση με την επιφάνεια και ασκεί δύναμη που καθαρίζει τους ρύπους στην επιφάνεια. Είναι μια πιο ήπια μορφή λειαντικής έκρηξης και απαιτεί πολύ λιγότερη πίεση. Αυτό τα καθιστά κατάλληλα για μαλακότερες επιφάνειες όπως χρώμιο, πλαστικό ή γυαλί.

Ένα μειονέκτημα, ωστόσο, στην ανατίναξη με σόδα είναι ότι το λειαντικό δεν μπορεί να ανακυκλωθεί.

Καλύτερη χρήση για: Καθαρισμό μαλακών επιφανειών που ενδέχεται να υποστούν βλάβη από σκληρότερα λειαντικά.

### **Αμμοβολή χάλυβα**

Η αμμοβολή χάλυβδινων επιφανειών χρησιμοποιεί σφαιρίδια χάλυβα(Steel shot) ως λειαντικά ή άλλοτε λειαντικό σε αμβλυ σχήμα(steel grit). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως κατά την προσπάθεια καθαρισμού μεταλλικών επιφανειών. Είναι πολύ αποτελεσματικό στην αφαίρεση χρωμάτων ή σκουριάς σε άλλες χαλύβδινες επιφάνειες. Η χρήση χαλύβδινου υλικού έχει επίσης πρόσθετα πλεονεκτήματα, όπως η ομαλότερη επιφάνεια φινιρίσματος και η βοηθητική επίστρωση που ενισχύει το μέταλλο.

Άλλα υλικά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αντί για χάλυβα σε αυτήν τη διαδικασία, όπως αλουμίνιο, καρβίδιο πυριτίου και κελύφη καρυδιάς. Όλα εξαρτώνται από το υλικό επιφάνειας που καθαρίζεται.

Καλύτερη χρήση για: Οποιαδήποτε επιφάνεια απαιτεί απαλό φινίρισμα και γρήγορη αφαίρεση κοπής.

### **Βολή τριχών**

Η βολή με τρίχες είναι η μόνη αμμοβολή που δεν συνεπάγεται το λειαντικό να προβάλλεται σε μια επιφάνεια για να το καθαρίσει. Σε αυτή τη μέθοδο, οι χαλύβδινες τρίχες περιστρέφονται απευθείας πάνω στην επιφάνεια του υλικού για την απομάκρυνση των ρύπων.

Αυτό αφήνει την επιφάνεια λεία και ομοιόμορφη. Είναι μια δημοφιλής μέθοδος για τον καθαρισμό μεταλλικών επιφανειών με μεγάλη διάβρωση.

Καλύτερη χρήση για: Ομοιόμορφο φινίρισμα και μεγαλύτερη ακρίβεια λόγω της άμεσης εφαρμογής των τριχών.



## **Βολή ξηρού πάγου**

Η βολή ξηρού πάγου είναι μια νεότερη και καινοτόμος μορφή λειαντικής αμμοβολής.

Χρησιμοποιεί υψηλή πίεση αέρα μαζί με σφαιρίδια διοξειδίου του άνθρακα που προβάλλονται στην επιφάνεια για να τον καθαρίσουν. Είναι μια μοναδική μορφή λειαντικής ανατινάξεως, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα είναι μη τοξικό και δεν αντιδρά με το ρύπο στην επιφάνεια καθιστώντας το ιδανικό για ουσίες όπως ο καθαρισμός του εξοπλισμού επεξεργασίας τροφίμων.

Αυτά τα σφαιρίδια διοξειδίου του άνθρακα παράγονται λαμβάνοντας υγρό διοξείδιο του άνθρακα και παγώνοντας σε ακραίες θερμοκρασίες για να σχηματίσουν σφαιρίδια ξηρού πάγου. Αυτά τα σφαιρίδια θα εμφανίζονται σαν χιόνι και όταν επηρεάζουν την επιφάνεια με υψηλή ταχύτητα, η κρύα θερμοκρασία του σφαιριδίου και η ταχύτητα κρούσης δημιουργούν θερμικό σοκ. Αυτό το σοκ συμβάλλει στη διάσπαση τυχόν δεσμών μεταξύ της επιφάνειας και του μολυσματικού παράγοντα βοηθώντας στην απόσπασή του.

Στη συνέχεια, τα σφαιρίδια εξατμίζονται καθώς η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ μεγαλύτερη. Το όφελος μιας τέτοιας μεθόδου είναι πόσο γρήγορα και καθαρά είναι. Δεν υπάρχει λειαντικό που πρέπει να ανακυκλωθεί ή να καθαριστεί. Τα σφαιρίδια διοξειδίου του άνθρακα είναι μη αντιδραστικά και φιλικά προς το περιβάλλον. Στην πραγματικότητα, δεν πραγματοποιεί γδάρισμα. Τα σφαιρίδια απομακρύνουν τους ρύπους χωρίς να προκαλέσουν πραγματική ζημιά στην επιφάνεια που καθαρίζει. Αυτό το καθιστά ιδανικό και για τον καθαρισμό ευαίσθητων ηλεκτρικών εξαρτημάτων.

Καλύτερη χρήση για: Οποιαδήποτε επιφάνεια είναι λεπτή και δεν μπορεί να μολυνθεί με το λειαντικό.

## **Βολή μολυβιού**

Η βολή με μολύβι, που μερικές φορές αναφέρεται ως μικρο-ανατινάξεις είναι όταν ο αέρας υψηλής πίεσης και η λεπτή σκόνη αναμιγνύονται μαζί πριν εξαχθούν ως λειαντικά.

Αυτό το λειαντικό εξέρχεται μέσω ενός μικρού ακροφυσίου και δημιουργεί μια λεπτή ροή που είναι πολύ ακριβής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό συγκεκριμένων περιοχών μιας επιφάνειας.

Λόγω του μικρού μεγέθους ακροφυσίου, η πίεση μπορεί επίσης να ρυθμιστεί με αυτά τα μηχανήματα για να κάνουν πολύ περισσότερα από τον καθαρισμό της επιφάνειας. Μπορεί να προγραμματιστεί για ομοιόμορφη κοπή, διάτρηση ή απογύμνωση επιφανειών.

Μερικά χρησιμοποιούνται ακόμη και έναντι διαμαντιών για να αλλάξουν τις επιφάνειές τους και σε εφαρμογές όπως η χάραξη γυαλιού. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα και χρήση για την ανατίναξη μολυβιού είναι όταν απαιτείται ακρίβεια.

Καλύτερη χρήση για: Οποιοσδήποτε λειαντικές ανατινάξεις που απαιτούν εξαιρετική ακρίβεια.

### 3.2 Κατηγορίες ξηρής αμμοβολής

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει διακρίνουμε δύο γενικές κατηγορίες ξηρής αμμοβολής, ανάλογα με τον τρόπο που το αποξεστικό μέσο εκτοξεύεται πάνω στην υπό καθαρισμό επιφάνεια:

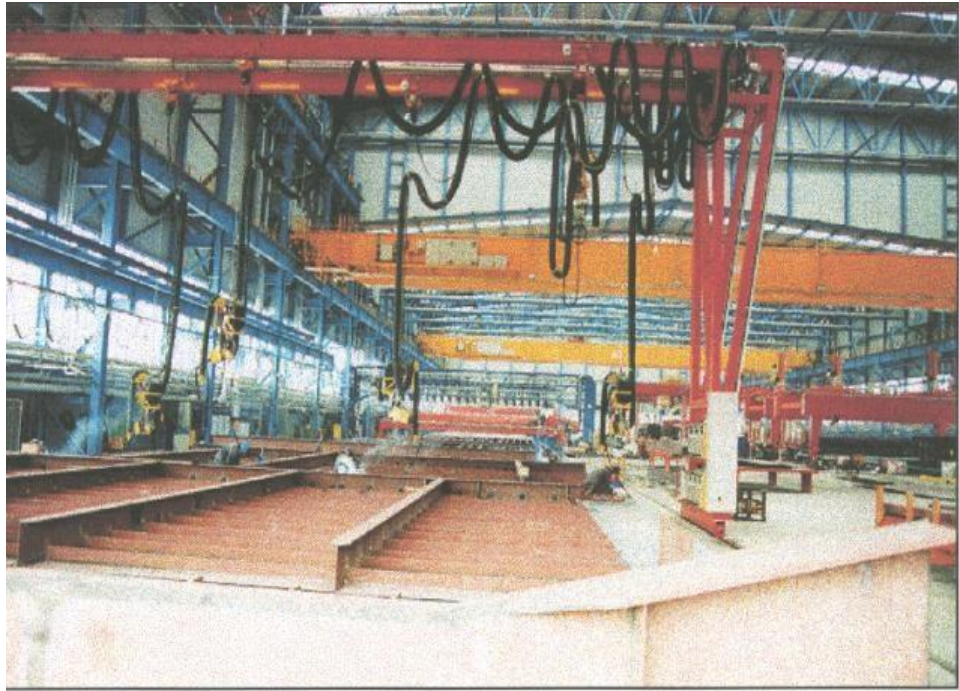
Αμμοβολή με αέρα υψηλής πίεσης και εκτόξευση του αποξεστικού από ακροφύσιο.

Αμμοβολή με φυγόκεντρο δύναμη μέσω τροχού αμμοβολής.

Στην πρώτη, τα σωματίδια του αποξεστικού μέσου 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(Σχ.3.1).

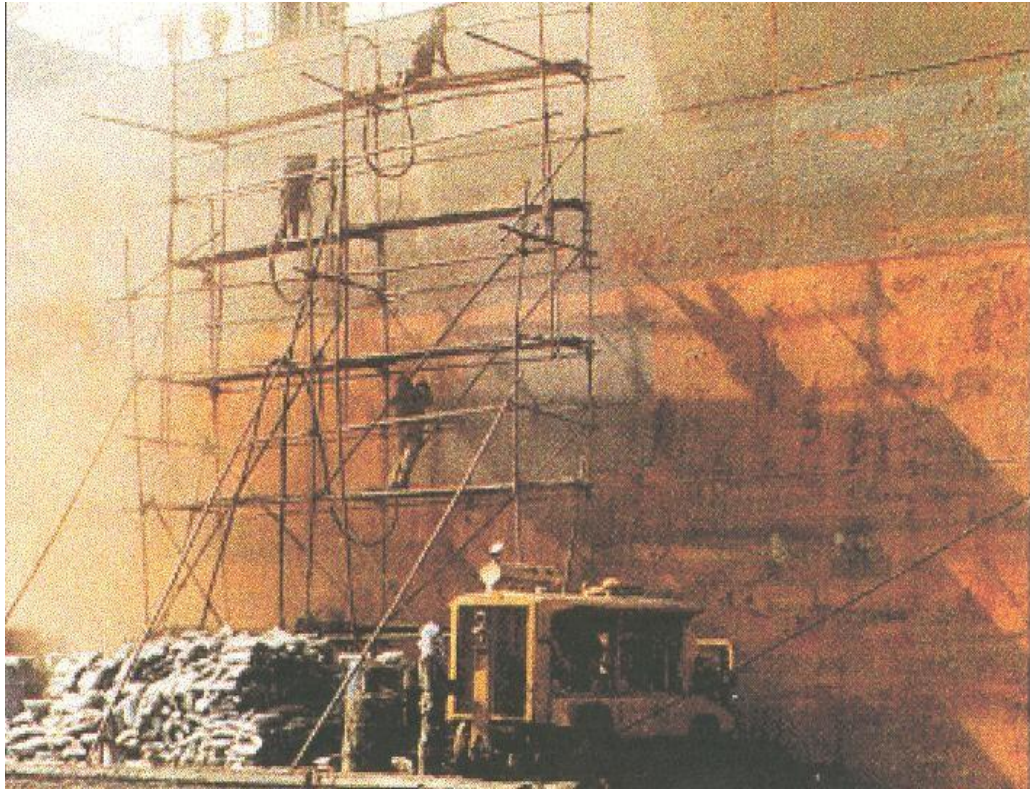
Πρέπει να σημειωθεί ότι η πρώτη κατηγορία αμμοβολής είναι αυτή που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα και είναι αυτή που παρουσιάζει ενδιαφέρον. Σε αντίθεση με τη πρώτη η χρήση της δεύτερης γίνεται σε μικρότερο ποσοστό και είναι αποκλειστικά κλειστού τύπου.

Εκτός της παραπάνω ταξινόμησης οι εργασίες αμμοβολών διακρίνονται επίσης σε κλειστού και ανοικτού τύπου. Οι πρώτες εκτελούνται σε ειδικά διαμορφωμένους περιορισμένους χώρους έχουν από τη φύση τους περιορισμένο φάσμα εφαρμογών και δεν παρουσιάζουν κάποια σημεία ιδιαίτερου προβληματισμού.



**Σχ.3.1 Χώρος διενέργειας κλειστών αμμοβολών[1]**

Αντίθετα, οι ανοικτές αμμοβολές, παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον αλλά και αρκετά προβλήματα. Όσον αφορά το έντονο επιστημονικό και οικονομικό ενδιαφέρον της βιομηχανικής δραστηριότητας της αμμοβολής-βαφής, είναι χαρακτηριστικό ότι την τελευταία δεκαπενταετία έχει διενεργηθεί πλήθος μελετών και ερευνών και τεράστια ποσά ξοδεύονται διεθνώς για την ανάπτυξη της, χωρίς παρ' όλα αυτά κρίσιμα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας (όπως π.χ. το λεγόμενο flash rusting ή ακαριαία οξείδωση, η περιβαλλοντική ρύπανση κλπ.) να έχουν ακόμη αντιμετωπισθεί με τρόπο αξιόπιστο και αποτελεσματικό(Σχ.3.2).



**Σχ.3.2 Ανοιχτή αμμοβολή στη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία[1]**

## 4.ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΜΜΟΒΟΛΗΣ

### 4.1 Μηχανές αμμοβολής

#### Μηχανή αμμοβολής ανοικτού τύπου



Σχ.4.1 Χειροκίνητη αμμοβολή ανοικτού τύπου

#### Βασικά μέρη αμμοβολής ανοικτού τύπου

Τα βασικά μέρη που απαρτίζουν το κύκλωμα της ξηρής αμμοβολής, είναι:

- Ο αεροσυμπιεστής
- Η συσκευή αμμοβολής (δοχείο πίεσεως -αμμουδιέρα)
- Το αποξεστικό υλικό
- Το ακροφύσιο
- Οι σωλήνες μεταφοράς του πεπιεσμένου αέρα και του αποξεστικού υλικού
- Η προστατευτική στολή του χειριστή

Ακόμη και αν έχει εξασφαλισθεί κατάλληλο αποξεστικό μέσο, προκειμένου να επιτευχθεί καθαρισμός υψηλής ποιότητας πρέπει επιπλέον να εξεταστούν και να υπολογιστούν όλοι οι παράγοντες του

κυκλώματος δηλαδή του αεροσυμπιεστή, των σωλήνων , της συσκευής αμμοβολής και του ακροφύσιου, ώστε το κύκλωμα να είναι τεχνικά αποτελεσματικό.

Παρακάτω δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε ενός απ' τα μέρη του κυκλώματος και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία του

### **Αεροσυμπιεστής**

Οι δυο βασικοί τύποι αεροσυμπιεστών είναι:

- α)** Οι ανταποδοτικοί (πιστόνι)
- β)** 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. Γι' αυτό το λόγο δεν χρησιμοποιείται στην εργασία της αμμοβολής 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 αμμοβολής. Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η συσκευή αμμοβολής πρώτα απ' όλα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η παροχή του πεπιεσμένου αέρα που προσφέρεται από τον αεροσυμπιεστή. Ο αεροσυμπιεστής είναι το πλέον σπουδαίο εργαλείο του συνολικού συστήματος αμμοβολής. Η χωρητικότητα του αεροσυμπιεστή είναι αυτή που καθορίζει την εκλογή του μεγέθους όλων των λοιπών εργαλείων, την παραγωγή και την ικανότητα του συνολικού συστήματος της αμμοβολής.

## **Συσκευή αμμοβολής**

Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι και πλήθος από τρόπους που εργάζονται οι συσκευές αμμοβολής με τη παροχή πεπιεσμένου αέρα. Οι δυο τύποι είναι:

**α)** Οι απορροφητικές μονάδες

και

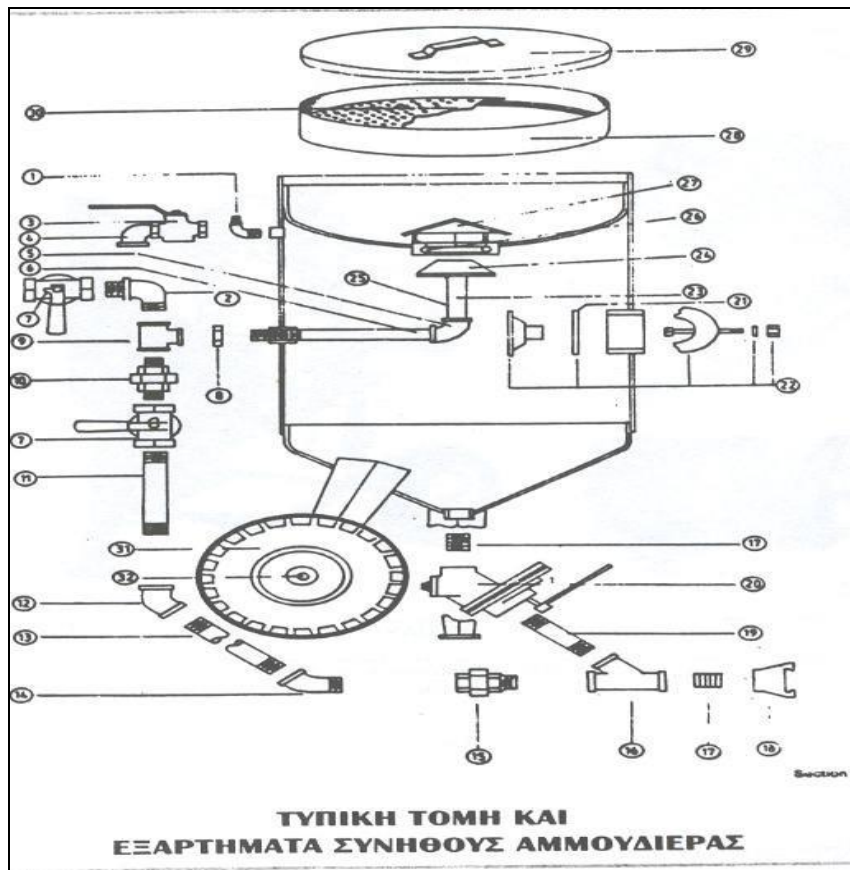
**β)** Οι συσκευές πίεσεως.

Κάθε τύπος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και εφαρμογές. Εξαιτίας του ότι στη βιομηχανία και στη ναυτιλία χρησιμοποιούνται συσκευές πίεσης θα αναφερθούν τα βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών αυτών.

### **Συσκευή πίεσης (αμμουδιέρα)**

Η βασική λειτουργία της συσκευής πίεσης είναι η παρακάτω. 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 δυο διαμερίσματα, με μεγαλύτερο το κάτω. Η βάση του κάτω διαμερίσματος καταλήγει σε ένα ανεστραμμένο κώνο. Στη 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.





Σχ.4.2 Τομή συσκευής αμμουδιέρας[1]

Η ροή αυτή του αέρα παρασύρει τους κόκκους του υλικού αμμοβολής 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 στο κάτω διαμέρισμα από την βαλβίδα του κώνου και έτσι να εμποδίζεται η ροή του υλικού αμμοβολής, 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

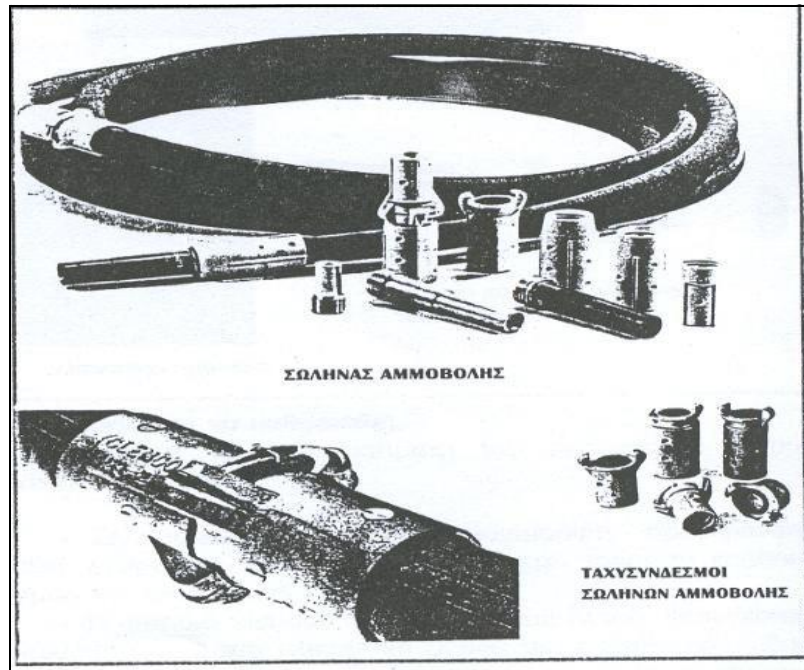
απομονώνει τα δυο διαμερίσματα. Στο διάστημα που είναι κλειστή η βαλβίδα γίνεται και η φόρτωση του επάνω διαμερίσματος με το υλικό της αμμοβολής. Μόλις η πίεση στο κάτω διαμέρισμα πέσει, τότε η βαλβίδα του διαφράγματος ανοίγει (πέφτει προς τα κάτω) και είναι ελεύθερη η φόρτωση (με την βαρύτητα) του κάτω διαμερίσματος της συσκευής.

Η είσοδος του αέρα στη συσκευή περνά πρώτα από ένα φίλτρο όπου κατακρατείται η υγρασία ή και νερό που δημιουργούνται από τον πεπιεσμένο αέρα. Η υγρασία μέσα στη συσκευή είναι ανεπιθύμητη καθ' όσον δημιουργεί προβλήματα στη ροή του υλικού αμμοβολής.[1]

**Σωλήνες μεταφοράς του πεπιεσμένου αέρα και του αποξεστικού υλικού:** Οι ελαστικοί σωλήνες αμμοβολής παίζουν σπουδαίο ρόλο στο κύκλωμα της αμμοβολής. Χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν το αποξεστικό υλικό, με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα, από τη συσκευή της αμμοβολής (αμμουδιέρα) στο ακροφύσιο. Πρέπει να είναι αντιστατικού τύπου και μεγάλης διάρκειας. Η εσωτερική τους διάμετρος είναι 1 , 1 / 4". Οι σωλήνες αμμοβολής πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρού μήκους, να είναι ευθείας διάταξης και ισοεπίπεδες με τη περιοχή εργασίας. Με μεγαλύτερη ευκολία διέρχεται το υλικό της αμμοβολής από ένα σωλήνα με οριζόντια ή κατηφορική διάταξη παρά όταν διέρχεται από ένα σωλήνα με κατακόρυφη διάταξη(**Σχ.4.3**).

Όταν χρειάζεται να ενώσουμε κάποια προέκταση για να αποκτήσουμε μεγαλύτερο μήκος σωλήνα αμμοβολής, η ένωση γίνεται με κατάλληλους συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι αυτοί πρέπει να είναι εξωτερικοί, διότι οι εσωτερικοί σύνδεσμοι μειώνουν την εσωτερική διάμετρο των σωλήνων και σ' αυτό το σημείο (ένωση) θα δημιουργηθεί μεγάλη πτώση πίεσης, η οποία είναι ανεπιθύμητη. Επί πλέον στους εσωτερικούς συνδέσμους οι κόκκοι του υλικού αμμοβολής προσκρούουν στο συνδετήρα και στη συνέχεια αλληλοσυγκρούονται, με αποτέλεσμα

την επιπλέον πτώση πίεσης και την καταστροφή του σωλήνα στο σημείο της σύνδεσης.



Σχ.4.3 Σωλήνες και ταχυσύνδεσμοι σωλήνων αμμοβολής

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

### **Ακροφύσιο αμμοβολής ανοικτού τύπου**

Το ακροφύσιο είναι το εξάρτημα στο οποίο καταλήγει το κύκλωμα της αμμοβολής και είναι ένα βασικό στοιχείο του εξοπλισμού για την εκτέλεση της αμμοβολής. 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 αμμοβολής. 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.

### **Χαρακτηριστικά ακροφυσίων**

Παρακάτω αναφέρονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ακροφυσίων, που παίζουν σημαντικό ρόλο, κατά την επιλογή τους.

#### **A. Σχήμα**

**Ευθύγραμμο ακροφύσιο.** Δημιουργεί μικρή τράχυνση της επιφάνειας και είναι κατάλληλο για τον καθαρισμό μικρών επιφανειών.

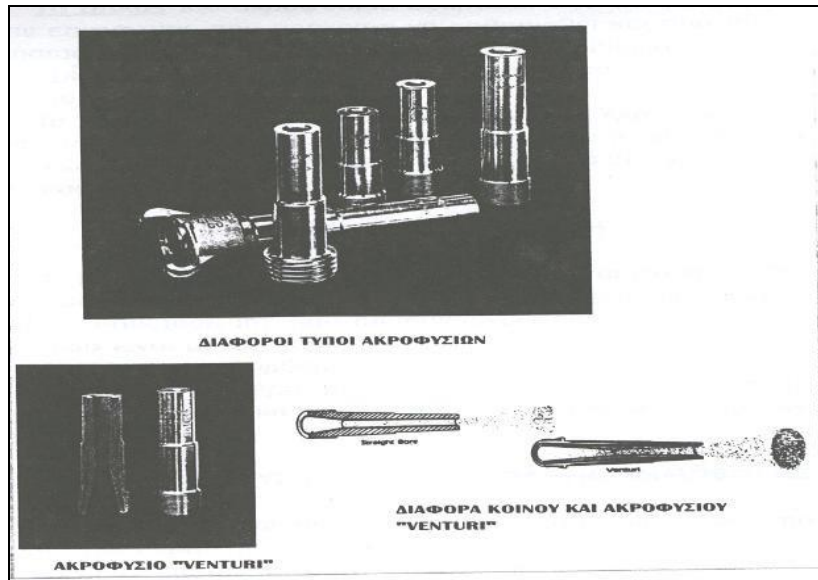
**Ακροφύσιο τύπου Venturi.** Πρόκειται για τα πλέον αποδοτικά ακροφύσια στα οποία η εσωτερική διάμετρος έχει το μικρότερο άνοιγμα στο μέσον του ακροφυσίου και μεγαλώνει κωνικά προς την είσοδο και έξοδο. Με τα ακροφύσια VENTURI επιτυγχάνεται μια πολύ υψηλή ταχύτητα του αποξεστικού υλικού που υπερβαίνει τα 750 χιλιόμετρα ανά ώρα (στα κοινά είναι γύρω στα 395 χιλιόμετρα ανά ώρα), χωρίς να χρειάζεται να αυξηθούν οι απαιτήσεις πεπιεσμένου αέρα και επί πλέον χρειάζεται λιγότερο υλικό αμμοβολής ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας που πρόκειται να καθαριστεί. Δημιουργεί υψηλή τράχυνση της επιφάνειας και είναι κατάλληλο για τον καθαρισμό μεγάλων επιφανειών. Αυξάνει την ταχύτητα του αποξεστικού μέσου, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση καθαρισμού.

#### **B. Μέγεθος.**

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

### Γ. Υλικό κατασκευής.

Τα πιο διαδεδομένα υλικά κατασκευής ακροφυσίων είναι το καρβίδιο του βορίου, του πυριτίου και του βολφραμίου(Σχ.4.4).



Σχ.4.4 Διάφοροι τύποι ακροφυσίων

### Μηχανές Αμμοβολής κλειστού τύπου με κυλίνδρους μεταφοράς (ράουλα)

Αυτό το είδος μηχανής αμμοβολής με κυλιόμενο μεταφορέα χρησιμοποιείται για την επεξεργασία επιφανειών από χαλύβδινες πλάκες, προφίλ χάλυβα, χαλύβδινους σωλήνες, χαλύβδινες ράβδους, χαλύβδινη κατασκευή και άλλα αντικείμενα εργασίας με χαρακτηριστικά εκτεταμένης χρήσης ποικιλιών καθαρισμού, με καλό αποτέλεσμα, απλή λειτουργία και εξοικονόμηση εργασίας. Η προστασία του περιβάλλοντος και άλλοι δείκτες πληρούν όλα τα εθνικά πρότυπα, ιδιαίτερα κατάλληλα για συνεχή λειτουργία.

Η βασική αρχή της μηχανής αμμοβολής με κυλίνδρους είναι ότι το σύστημα παράδοσης θα μεταφέρει το τεμάχιο εργασίας στον κλειστό θάλαμο καθαρισμού με έκρηξη μέσω ενός κυλινδρικού μεταφορέα, οι λεπίδες στροφείου περιστροφής υψηλής ταχύτητας θα επιταχύνουν τις

βολές που ρίχνονται στην επιφάνεια του τεμαχίου προς αφαίρεση τη σκουριά, το δέρμα οξειδίου και τη βρωμιά του τεμαχίου εργασίας.

Η υψηλής αντοχής κυλινδρική βούρτσα, οι λήψεις που λαμβάνουν σπιράλ και ο σωλήνας πίεσης υψηλής πίεσης θα καθαρίσουν τη σκόνη και τις βολές στην επιφάνεια του τμήματος εργασίας και στη συνέχεια θα τα στείλουν μέσω του κυλιόμενου μεταφορέα για να ολοκληρώσουν τον καθαρισμό και την ενίσχυση του εξαρτήματος εργασίας. Η μηχανή εκτόξευσης με κυλιόμενο μεταφορέα θα εξαλείψει την πίεση, θα βελτιώσει την ποιότητα φινιρίσματος της επιφάνειας και την αντιδιαβρωτική απόδοση της μεταλλικής δομής και του χάλυβα.

## Μηχανή Αμμοβολής πλακών χάλυβα



Σχ.4.5 Μηχανή Αμμοβολής πλακών χάλυβα[3]



Σχ.4.6 Μηχανή Αμμοβολής πλακών χάλυβα εν ώρα λειτουργίας[3]

Αυτή η γραμμή παραγωγής αποτελείται από μια συστοιχία κυλίνδρων τροφοδοσίας, μια συσκευή ανίχνευσης τεμαχίων εργασίας, έναν θάλαμο (καθαρισμού)αμμοβολής , σύστημα κυκλοφορίας υλικού εκτόξευσης, συσκευή καθαρισμού, τραπέζι κυλίνδρων στο θάλαμο, τραπέζι κυλίνδρων τροφοδοσίας, σύστημα αφαίρεσης σκόνης αμμοβολής και ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου.

Το τεμάχιο εργασίας μετακινείται στους κυλίνδρους τροφοδοσίας μέσω του περονοφόρου ανύψωσης φόρτωσης ή του γερανού σειράς(γερανογέφυρας), και στη συνέχεια αποστέλλεται στο δωμάτιο καθαρισμού αμμοβολής από το σύστημα μεταφοράς κυλίνδρων.

Η κρούση γίνεται στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας για να αφαιρέσει τη σκουριά και τη βρωμιά στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας.

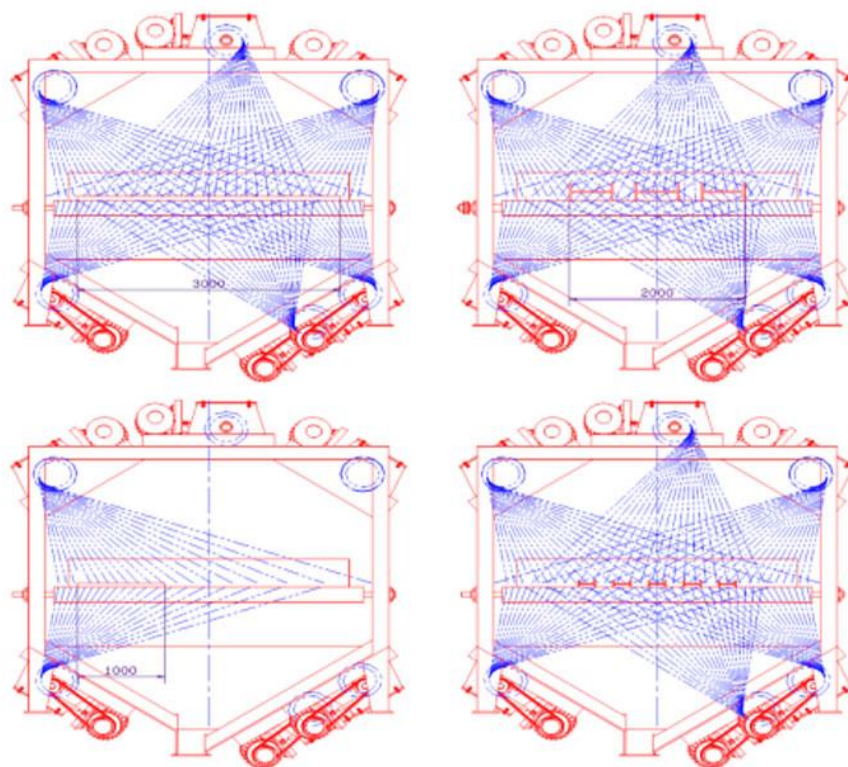
Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η κυλινδρική βούρτσα και ο σωλήνας υψηλής πίεσης συλλογής αποξεστικού υλικού για να καθαρίσει τα συσσωρευμένα σωματίδια και την επιπλέον σκόνη στην επιφάνεια του τεμαχίου.

Έπειτα, στέλνεται από τον θάλαμο εκκένωσης στον κυλινδρικό μεταφορέα. Φτάνει στο τραπέζι κυλίνδρων παράδοσης και στη συνέχεια μεταφέρετε στο καθορισμένο ράφι εκφόρτωσης μέσω περονοφόρου ανύψωσης ή γερανού.[3]

### **Πλεονεκτήματα μηχανών αμμοβολής πλακών χάλυβα**

Η διάταξη αμμοβολής είναι προσομοιωμένη με υπολογιστή και διατεταγμένη σε σχήμα διαμαντιού. Οι άνω και κάτω βολές αντιστοιχούν μεταξύ τους για να βελτιώσουν το ποσοστό χρησιμοποίησης του λειαντικού. Κάνει τη λειαντική κάλυψη ομοιόμορφη(Σχ.4.7).





**Σχ.4.7 Διάταξη αμμοβολής σε σχήμα διαμαντιού**

Οι προστατευτικές πλάκες θαλάμου υψομέτρου υιοθετούν πάχους 8 mm και ανθεκτικά στη φθορά 65Mn και υιοθετούν τη μέθοδο εγκατάστασης δομικών στοιχείων. Η διάταξη της προστατευτικής πλάκας βελτιώνει αποτελεσματικότερα το αποτέλεσμα προστασίας του δωματίου. Ο αριθμός των αμμοβολών μπορεί να προσδιοριστεί ανάλογα με το μέγεθος του τεμαχίου εργασίας, το οποίο μπορεί να μειώσει την περιττή σπατάλη ενέργειας και να μειώσει τις περιττές ζημιές στον εξοπλισμό.

Η συσκευή διαχωρισμού υιοθετεί προηγμένο διαχωριστή σκωρίας τύπου κουρτίνας ροής πλήρους κουρτίνας και η απόδοση διαχωρισμού μπορεί να φτάσει το 99,9%.

Η συσκευή ανίχνευσης τεμαχίων εργασίας, ελέγχει αποτελεσματικά τον χρόνο ανοίγματος και διακοπής της μηχανής πυροβολισμού, αποφεύγετε την κενή εκκένωση της μηχανής εκτόξευσης βολών, εξοικονομείτε ενέργεια και βελτιώνετε τη ζωή των εξαρτημάτων που φορούν, όπως η πλάκα προστασίας του δωματίου και η μηχανή

εκτόξευσης. Αυτόματη ανίχνευση σφαλμάτων και συναγερμός και αυτόματη διακοπή μετά την καθυστέρηση.

Το σύστημα αφαίρεσης σκόνης υιοθετεί συλλέκτη σκόνης φίλτρου υψηλής απόδοσης, η εκπομπή σκόνης είναι 100mg / m<sup>3</sup> και η εκπομπή σκόνης εργαστηρίου είναι 10mg / m<sup>3</sup>, γεγονός που βελτιώνει σημαντικά το λειτουργικό περιβάλλον του εργαζομένου.

Η προστασία ρουλεμάν και στα δύο άκρα του ανελκυστήρα, του διαχωριστή και του κοχλιωτού μεταφορέα υιοθετεί μια διάταξη στεγανοποίησης λαβύρινθου και μια δομή αφρού σχήματος U. Οι θύρες εκκένωσης κοχλία διαχωρισμού και κοχλία είναι τοποθετημένες σε απόσταση από το άκρο και στο τέλος της βίδας έχουν προσθέσει λεπίδες αντίστροφης μεταφοράς.

Ο ανελκυστήρας υιοθετεί ειδικό ιμάντα μετάδοσης ανύψωσης πυρήνα από πολυεστέρα και οι άνω και κάτω κύλινδροι του ανελκυστήρα υιοθετούν δομή κλωβού σκίουρου με λοξοτομή, η οποία όχι μόνο αυξάνει την τριβή για να αποφευχθεί η ολίσθηση, αλλά και αποτρέπει το ξύσιμο του ιμάντα. Κάθε σημείο ισχύος του λειαντικού συστήματος κυκλοφορίας διαθέτει λειτουργία συναγερμού σφάλματος.

### **Λειαντικός καθαρισμός**

Προκειμένου να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις υψηλότερης αποδοτικότητας παραγωγής, χρησιμοποιούμε:

Καθαρισμός πρώτου επιπέδου: υψηλής αντοχής νάilon κυλινδρική βούρτσα + βίδα συλλογής υλικού. Διάρκεια ζωής πινέλου καθαρισμού  $\geq 5400\text{h}$

Δευτερεύον φυσικό αέρα: ο ανεμιστήρας υψηλής πίεσης φυσάει βολές και φυσά τη σκόνη μέσα και έξω από το θάλαμο καθαρισμού για να εξασφαλίσει ότι δεν υπάρχουν βολές στην επιφάνεια όταν η χαλύβδινη πλάκα καθαρίζεται από το δωμάτιο καθαρισμού.

Ο κυλιόμενος δίσκος υιοθετεί ρύθμιση ταχύτητας μετατροπής συχνότητας χωρίς βήματα (χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα

συχνότητας μπορεί επίσης να προσδιοριστεί), αντί του κινητήρα ρύθμισης ταχύτητας, ολόκληρος ο ρυθμιστής ταχύτητας χωρίς βήμα μετατροπής συχνοτήτων που μεταφέρει το κομμάτι εργασίας. (Εύρος ταχύτητας 0,5-4m / min,εξαρτάται το μηχάνημα)

Τροφοδοσία, έξοδος και τμηματική μετάδοση του κυλίνδρου του θαλάμου, ρύθμιση ταχύτητας χωρίς βήματα, δηλαδή, μπορεί να τρέχει συγχρόνως με ολόκληρη τη γραμμή και μπορεί επίσης να τρέξει γρήγορα, έτσι ώστε ο χάλυβας να μπορεί να ταξιδεύει γρήγορα στη θέση εργασίας ή να εξέρχεται γρήγορα στο σταθμό απαλλαγής.

Υιοθετεί πλήρη προγραμματιζόμενη ισχύ ελεγκτή PLC, αυτόματη ανίχνευση και αυτόματη αναζήτηση σημείου σφάλματος, συναγερμού ήχου και φωτός.Ο εξοπλισμός έχει συμπαγή δομή, λογική διάταξη και είναι πολύ βολικός για συντήρηση.



**Σχ.4.8 Σχέδιο μηχανής αμμοβολής πλακών χάλυβα[3]**

## Μηχανές αμμοβολής δοκών



Σχ.4.9 Μηχανή αμμοβολής δοκών πλάγια όψη[3]

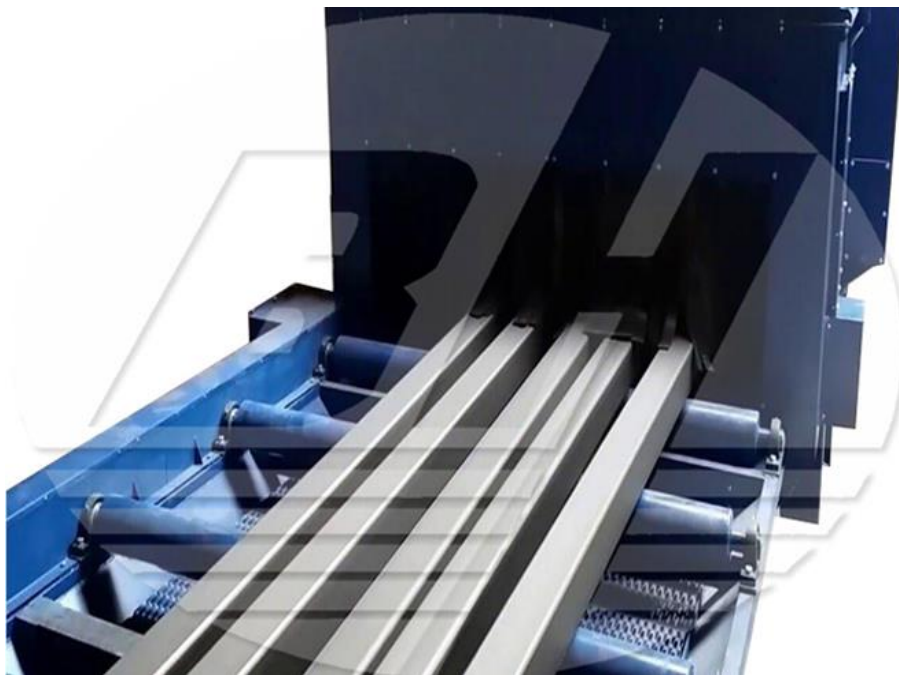


Σχ.4.10 Μηχανή αμμοβολής δοκών[3]

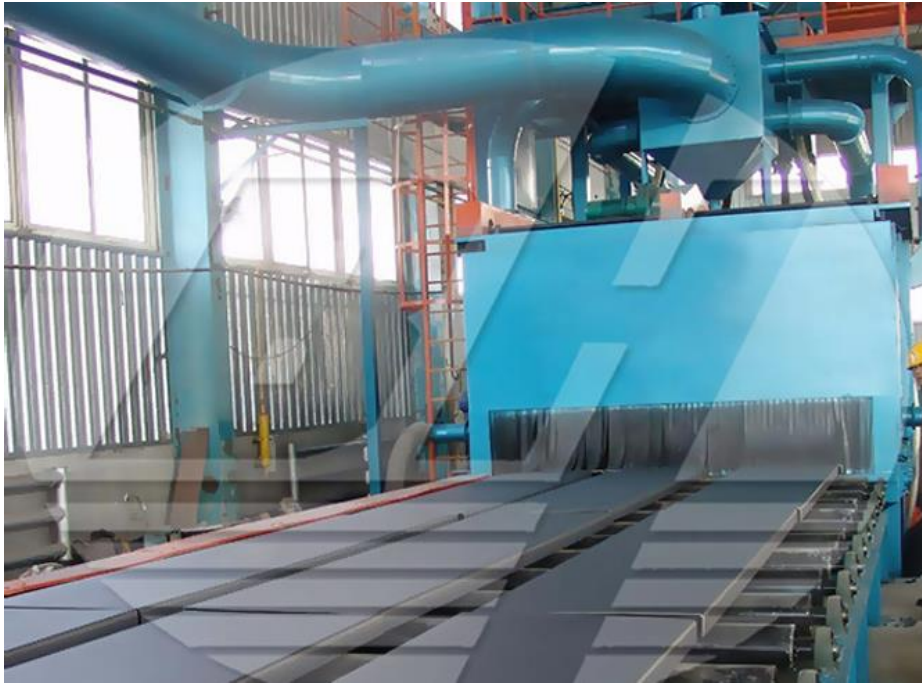
### **Χαρακτηριστικά της μηχανής αμμοβολής δοκών**

- 1.Καθαρίζει την επιφάνεια σκουριάς
- 2.Βελτιώνει την αντοχή στη διάβρωση
- 3.Βελτιώνει την απόδοση κατά της κόπωσης
- 4.Παράταση της διάρκειας ζωής του χάλυβα
- 5.Βελτιώνει την απόδοση των επιφανειακών σκαφών
- 6.Αφαιρεί την εσωτερική πίεση
- 7.Μειώνει την ένταση εργασίας

### **Μηχανές αμμοβολής μεταλλικών κατασκευών**



**Σχ.4.11 Μηχανές αμμοβολής μεταλλικών κοιλοδοκών[3]**



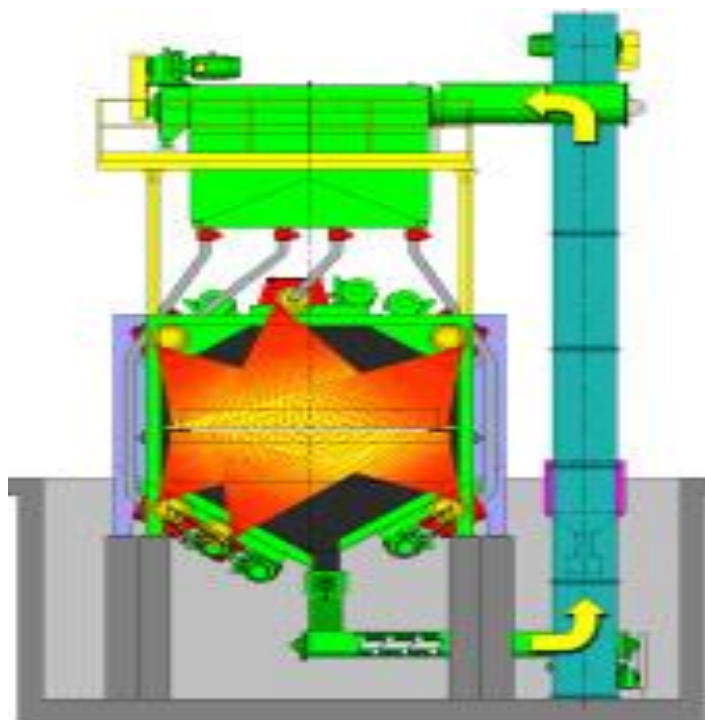
Σχ.4.12 Μηχανές αμμοβολής μεταλλικών κατασκευών[3]

### **Πλεονεκτήματα μηχανών αμμοβολής μεταλλικών κατασκευών**

Οι χαλύβδινες κατασκευές ανυψώνονται στο τραπέζι κυλίνδρου τροφοδοσίας και αποστέλλονται στην αίθουσα καθαρισμού από το σύστημα μεταφοράς κυλίνδρων. Το στροφέιο που περιστρέφεται με υψηλή ταχύτητα χρησιμοποιείται για να επιταχύνει το χαλύβδινο λειαντικό στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας και να κτυπήσει την επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας, ξύνοντας για να αφαιρέσει τη σκουριά και τη βρωμιά στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας .

Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται τον κύλινδρο βούρτσα, η βίδα συλλογής και ο σωλήνας υψηλής πίεσης για τον καθαρισμό των συσσωρευμένων σωματιδίων και της πλωτής σκόνης στην επιφάνεια του τεμαχίου εργασίας. Έπειτα το τεμάχιο αποστέλλεται από τον θάλαμο καθαρισμού με το σύστημα μεταφοράς κυλίνδρου στον κύλινδρο παροχής. Στη συνέχεια μεταφέρετε στο καθορισμένο ράφι εκφόρτωσης μέσω περονοφόρου ανύψωσης ή γερανού.

## Χαρακτηριστικά των μηχανών αμμοβολής μεταλλικών κατασκευών



Σχ.4.13 Σχέδιο διάταξης μηχανής αμμοβολής μεταλλικών κατασκευών[3]

Η συσκευή ανίχνευσης τεμαχίων εργασίας, ελέγχει αποτελεσματικά το χρόνο ανοίγματος και διακοπής της μηχανής αμμοβολής, αποφεύγεται η εκκένωση του χαλύβδινου εκτοξευτή, εξοικονομείται ενέργεια και βελτιώνει τη ζωή των εξαρτημάτων που φορούν, όπως η πλάκα προστασίας δωματίου και η μηχανή εκτόξευσης(τουρμπίνα).

Αυτό το μηχάνημα είναι εξοπλισμένο με λειτουργίες όπως αυτόματη ανίχνευση βλαβών και συναγερμό και αυτόματη διακοπή μετά την καθυστέρηση.

Το σύστημα αφαίρεσης σκόνης υιοθετεί συλλέκτη σκόνης φίλτρου υψηλής απόδοσης, η εκπομπή σκόνης είναι  $100\text{mg} / \text{m}^3$  και η εκπομπή σκόνης εργαστηρίου είναι  $10\text{mg} / \text{m}^3$ , γεγονός που βελτιώνει σημαντικά το λειτουργικό περιβάλλον του εργαζομένου.

Η προστασία ρουλεμάν και στα δύο άκρα του ανελκυστήρα, του διαχωριστή και του κοχλιωτού μεταφορέα υιοθετεί μια διάταξη

στεγανοποίησης λαβύρινθου και μια δομή αφρού σχήματος U. Οι θύρες εκκένωσης κοχλία διαχωρισμού και κοχλία είναι τοποθετημένες σε απόσταση από το άκρο και στο τέλος της βίδας έχουν προσθέσει λεπίδες αντίστροφης μεταφοράς.

Ο ανελκυστήρας υιοθετεί ειδικό ιμάντα μετάδοσης ανύψωσης πυρήνα από πολυεστέρα και οι άνω και κάτω κύλινδροι του ανελκυστήρα υιοθετούν δομή κλωβού σκίουρου με λοξοτομή, η οποία όχι μόνο αυξάνει την τριβή για να αποφευχθεί η ολίσθηση, αλλά και αποτρέπει το ξύσιμο του ιμάντα. Κάθε σημείο ισχύος του λειαντικού συστήματος κυκλοφορίας διαθέτει λειτουργία συναγερμού σφάλματος.

Λειαντικός καθαρισμός: προκειμένου να ανταποκριθούμε στις απαιτήσεις υψηλότερης απόδοσης παραγωγής, χρησιμοποιούμε λειαντικό καθαρισμό.

Καθαρισμός πρώτου επιπέδου: υψηλής αντοχής νάιλον κυλινδρική βούρτσα + βίδα συλλογής υλικού. Διάρκεια ζωής πινέλου καθαρισμού  $\geq 5400h$

Δευτερεύον φυσικό αέρα: Ο ανεμιστήρας υψηλής πίεσης φυσά τη σκόνη μέσα και έξω από το θάλαμο καθαρισμού για να εξασφαλίσει ότι δεν υπάρχουν βολές στην επιφάνεια όταν η χαλύβδινη πλάκα καθαρίζεται από το δωμάτιο καθαρισμού.

Το λειαντικό σύστημα καθαρισμού κυκλοφορίας αποτελείται από ένα σύστημα κυκλοφορίας και ένα σύστημα διαχωρισμού και καθαρισμού. Αυτά τα δύο μέρη χωρίζονται περαιτέρω σε σιλό αποξεστικού υλικού, συρόμενο σωλήνα, λειαντικό χειριστήριο, (βολή εκτόξευσης,) βιδωτό μεταφορέα, ανελκυστήρα κάδου, διαχωριστικό κ.λπ.

Κλειδωμένο στο ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου: η μετεπεξεργασία δεν λειτουργεί και η προ-διεργασία δεν μπορεί να εκτελεστεί, αποφεύγοντας έτσι την αποτυχία του εξοπλισμού λόγω αποξεστικής απόφραξης.



Ο κυλιόμενος δίσκος υιοθετεί ρύθμιση ταχύτητας μετατροπής συχνότητας χωρίς βήματα (χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα συχνότητας μπορεί επίσης να προσδιοριστεί), αντί του κινητήρα ρύθμισης ταχύτητας, ολόκληρος ο ρυθμιστής ταχύτητας χωρίς βήμα μετατροπής συχνοτήτων που μεταφέρει το κομμάτι εργασίας. (Εύρος ταχύτητας 0,5-4m / min, εξαρτάται το μηχάνημα)

Τροφοδοσία, έξοδος και τμηματική μετάδοση του κυλίνδρου του θαλάμου, ρύθμιση ταχύτητας χωρίς βήματα, δηλαδή, μπορεί να τρέχει συγχρόνως με ολόκληρη τη γραμμή και μπορεί επίσης να τρέξει γρήγορα, έτσι ώστε ο χάλυβας να μπορεί να ταξιδεύει γρήγορα στη θέση εργασίας ή να εξέρχεται γρήγορα στο σταθμό απαλλαγής.

Υιοθετεί πλήρη προγραμματιζόμενη ισχύ ελεγκτή PLC, αυτόματη ανίχνευση και αυτόματη αναζήτηση σημείου σφάλματος, συναγερμού ήχου και φωτός.

Ο εξοπλισμός έχει συμπαγή δομή, λογική διάταξη και είναι πολύ βολικός για συντήρηση.

Το σύστημα καθαρισμού κυλινδρικής βούρτσας είναι εξοπλισμένο με υψηλής ελαστικής βούρτσα κυλίνδρου από νάιλον, μεταφορική κοχλία και μηχανισμό ανύψωσης. Η υψηλής αντοχής κυλινδρική βούρτσα κυλίνδρου σκουπίζει τα βλήματα κατά τη διάρκεια της περιστροφής και τα σκουπίζει στον κοχλία μεταφοράς υποδοχέα και στη συνέχεια οι κοχλιωτοί μεταφορείς υποδοχής εκκενώνουν τα βλήματα στο θάλαμο και αφαιρούνται από το κάτω μέρος της μηχανής βολής .

Μεταξύ αυτών, η κυλινδρική βούρτσα έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: Χρησιμοποιείται το σύνθετο νάιλον υλικό με υψηλή ελαστικότητα Φ3mm, η σκληρότητα είναι μέτρια, η ελαστικότητα είναι μεγάλη, η αντοχή στη φθορά είναι καλή, οι τρίχες σφίγγονται σταθερά και το ειδικό Η εργαλειοθήκη χρησιμοποιείται για τη σφράγιση των τριχών σε μπλοκ και οι τρίχες δεν χάνονται κατά την εργασία.

Μετά την εγκατάσταση ολόκληρης της νάιλον κυλινδρικής βούρτσας, η κεφαλή του άξονα ακριβείας εγγυάται την ομοαξονικότητα, την καλή δυναμική ισορροπία και σταθερή εργασία.[3]

## Μηχανές αμμοβολής μεταλλικών σωλήνων



Σχ.4.14 Μηχανή αμμοβολής μεταλλικών σωλήνων [3]



Σχ.4.15 Μηχανή αμμοβολής μεταλλικών σωλήνων [3]

### Χαρακτηριστικά μηχανών αμμοβολής μεταλλικών σωλήνων

1. Η συσκευή βολής υιοθετεί μια διάταξη αμμοβολής προς τα πάνω. Επειδή η κάτω επιφάνεια του χαλύβδινου σωλήνα με διαφορετικές διαμέτρους μεταφέρεται στο τραπέζι του κυλίνδρου στο ίδιο ύψος, η αμμοβολή από κάτω προς τα πάνω και η απόσταση μεταξύ του λειαντικού και της επιφάνειας του χαλύβδινου σωλήνα είναι βασικά η ίδια. Έτσι, το αποτέλεσμα καθαρισμού είναι πιο ομοιόμορφο.

**2.** Το τεμάχιο εργασίας διέρχεται συνεχώς από την είσοδο και την έξοδο της μηχανής βολής. Λόγω του καθαρισμού του χαλύβδινου σωλήνα μεγάλης διαμέτρου, προκειμένου να αποφευχθεί η εκτόξευση του λειαντικού στο εξωτερικό, το μηχάνημα χρησιμοποιεί μια αντικαταστάσιμη βούρτσα σφράγισης πολλαπλών στρωμάτων για να επιτύχει μια τέλεια στεγανοποίηση στο λειαντικό.

**3.** Η χρήση του νέου φυγοκεντρικού προβολέα νέας υψηλής απόδοσης πολυλειτουργικής βολής, μεγάλης ποσότητας βολής, υψηλής απόδοσης, ταχείας αντικατάστασης λεπίδων, με τη συνολική απόδοση αντικατάστασης και εύκολη συντήρηση.

**4.** Προσομοιωμένο λειαντικό διάγραμμα (συμπεριλαμβανομένου του προσδιορισμού του μοντέλου, του αριθμού και της χωρικής διάταξης της μηχανής εκτόξευσης βολών) και όλα τα σχέδια της μηχανής εκτόξευσης βολών σχεδιάζονται πλήρως με σχεδιασμό με τη βοήθεια υπολογιστή. Ο ρυθμός χρησιμοποίησης και η παραγωγικότητα της εργασίας του λειαντικού βελτιώνονται, διασφαλίζεται το αποτέλεσμα καθαρισμού και η φθορά στην πλάκα σωματοφυλακής θαλάμου.

**5.** Χρησιμοποιείται διαχωριστής σκωρίας τύπου BE πλήρους κουρτίνας, ο οποίος βελτιώνει σημαντικά την ποσότητα διαχωρισμού, την απόδοση διαχωρισμού και την ποιότητα αμμοβολής και μειώνει τη φθορά στη συσκευή αμμοβολής.

**6.** Η κυλιόμενη πλάκα χάλυβα Mn13 χρησιμοποιείται για προστασία στο δωμάτιο καθαρισμού και η προστατευτική πλάκα στερεώνεται με ειδικό παξιμάδι. Είναι απλό και βολικό για αντικατάσταση και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

**7.** Μεταφορά γραμμής σύνδεσης: Η γραμμή σύνδεσης μετάδοσης μπορεί να πραγματοποιήσει ρύθμιση ταχύτητας χωρίς βήμα μέσω μετατροπέα συχνότητας. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι όταν οι χαλύβδινοι σωλήνες διαφόρων προδιαγραφών πυροβολούνται με καθορισμένη ταχύτητα, ο χαλύβδινος σωλήνας έχει αρκετούς χρόνους ανακύκλωσης στον θάλαμο ανατινάξεως για να επιτύχει το καλύτερο αποτέλεσμα βολής. Η ρύθμιση της απόστασης κυλίνδρου γίνεται από τη συσκευή ρύθμισης. Κάθε ομάδα κυλίνδρων συνδέεται με μια ράβδο σύνδεσης,

έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί σύγχρονη ρύθμιση. Η μέθοδος προσαρμογής μπορεί να ρυθμιστεί σύμφωνα με διαφορετικές διαμέτρους σωλήνων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Κάθε κύλινδρος μπορεί να περιστρέφεται γύρω από το κέντρο του βραχίονα για να προσαρμόζει τη γωνία του στην κατεύθυνση μεταφοράς. Όταν η ταχύτητα του κυλίνδρου είναι σταθερή, αλλάζει η ταχύτητα μεταφοράς και η ταχύτητα περιστροφής του τεμαχίου εργασίας. Η γωνία του κυλίνδρου ρυθμίζεται συγχρόνως με τον μηχανισμό καστάνιας και πέλματος. Η ισχύς κάθε κυλίνδρου παράγεται από τον μειωτήρα, και διαφορετικοί αριθμοί μειωτών μπορούν να διευθετηθούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις ισχύος. Ο εξωτερικός κύκλος του κυλίνδρου είναι συμπαγές καουτσούκ, το οποίο έχει ελαστικότητα και αντοχή στη φθορά και μπορεί να στηρίξει αποτελεσματικά το χαλύβδινο σωλήνα.

**8.** Ο χαλύβδινος σωλήνας διατηρεί την περιστροφή.

**9.** Ο συλλέκτης σκόνης υιοθετεί τον συλλέκτη σκόνης φυσίγγης φίλτρου παλμού προστασίας περιβάλλοντος. Ο συλλέκτης σκόνης έχει μεγάλη περιοχή φιλτραρίσματος και καλό αποτέλεσμα φιλτραρίσματος.

**10.** Ο σχεδιασμός του μηχανήματος είναι καινοτόμος στο σχεδιασμό, εύκολο στη χρήση και συντήρηση.

**11.** Χρησιμοποιώντας μια αυτόματη συσκευή εντοπισμού σφαλμάτων για την πραγματοποίηση μιας λειτουργίας αυτόματου συναγερμού τερματισμού. Αυτό το μηχάνημα έχει τα χαρακτηριστικά προηγμένης δομής, λογικού σχεδιασμού, αξιόπιστης λειτουργίας και υψηλής απόδοσης παραγωγής.

**12.** Χωρίς δομή λάκκου, εύκολη συντήρηση.

## **Χαρακτηριστικά μηχανών αμμοβολής μεταλλικών σωλήνων**

### **Ακολουθία καθαρισμού**

Φόρτωση (παρέχεται από τον χρήστη) → γραμμή σύνδεσης → είσοδος στην αίθουσα βολής → βολή εκτόξευσης (το τεμάχιο περιστρέφεται ενώ προχωρά) → τροφοδοσία εκτοξευόμενου χώρου → γραμμή σύνδεσης → εκφόρτωση (παρέχεται από τον χρήστη)

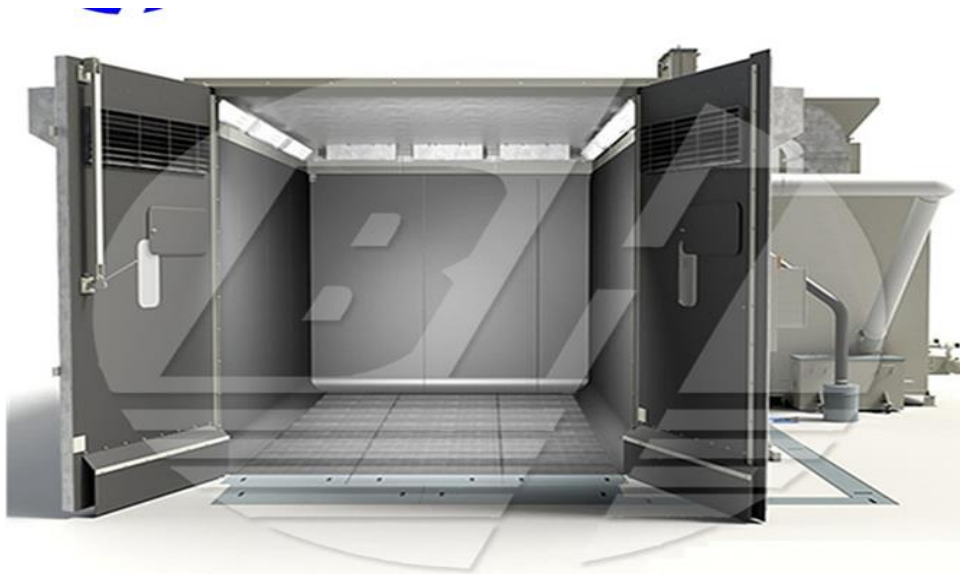
### **Ακολουθία λειαντικής κυκλοφορίας**

Λειαντική αποθήκευση → Έλεγχος ροής → Τεμάχιο εκτόξευσης βολών → Κάθετη ανύψωση ανελκυστήρα κάδου → Διαχωρισμός πελετών → (Ανακύκλωση)

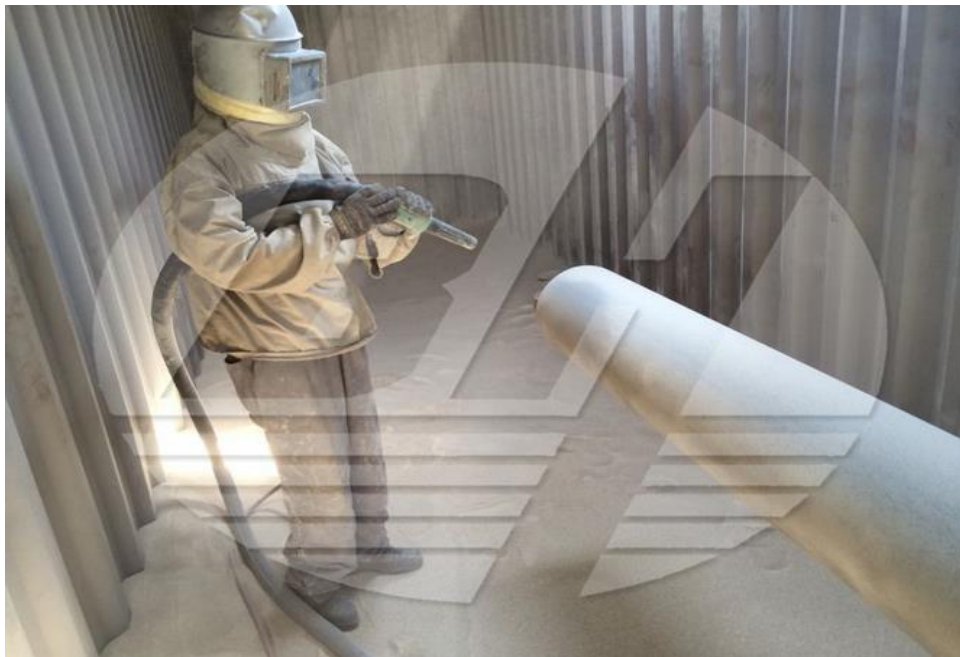
### **Διαρθρωτικά χαρακτηριστικά**

Η δομή του μηχανήματος αποτελείται από τροφοδοτικό τραπέζι κυλίνδρων (12 μέτρα), μηχανή αμμοβολής, τροφοδοτικό τραπέζι (12 μέτρα), σύστημα ελέγχου αέρα, ηλεκτρικό σύστημα ελέγχου και σύστημα αφαίρεσης σκόνης. Το μηχάνημα αμμοβολής σωλήνων αποτελείται από θάλαμο ανατινάξεως, συγκρότημα εκτοξεύσεων, εκτόξευση και γρίλια, διαχωριστικό σκωρίας, ανελκυστήρα, κιγκλίδωμα σκάλας πλατφόρμας, σύστημα τροφοδοσίας πυροβολισμού και άλλα εξαρτήματα.

## Μηχανή αμμοβολής δωματίου



Σχ.4.16 Δωμάτιο αμμοβολής [3]



Σχ.4.17 Εσωτερικό δωματίου αμμοβολής [3]

## **Σύνθεση δωματίου αμμοβολής**

### **- Δωμάτιο αμμοβολής**

Το κέλυφος της αίθουσας καθαρισμού της αμμοβολής είναι κατασκευασμένο από σύνθετη σανίδα σάντουιτς από ανοξείδωτο χάλυβα από χρώμα χάλυβα και ορθογώνια ατσάλινη δομή συγκόλλησης, η οποία είναι ένας ισχυρός, σφραγισμένος και ευρύχωρος χώρος λειτουργίας για αμμοβολές τεμαχίων.

Το δωμάτιο καθαρισμού της αμμοβολής αποτελείται από το αριστερό και το δεξί πλευρικό τοίχωμα, το πίσω πλευρικό τοίχωμα, την επάνω πλάκα, την ελαστική πλάκα προστασίας και την πύλη. Η αίθουσα αμμοβολής είναι εξοπλισμένη με μεταλλικούς λαμπτήρες αλογονιδίου (προστατεύονται από ανοξείδωτο πλέγμα).

Το εσωτερικό του θαλάμου αμμοβολής προστατεύεται από λευκά ελαστικά προστατευτικά ανθεκτικά στη φθορά και όλα τα προστατευτικά είναι εγκατεστημένα με μπουλόνια. Η πόρτα της αίθουσας αμμοβολής υιοθετεί τύπου δωματίου χειροκίνητα χερούλια.

### **- Συνδεσμολογία αμμοβολέα**

Το συγκρότημα αμμοβολών αποτελείται από μια δεξαμενή, ένα ακροφύσιο, ένα πνευματικό στοιχείο κ.λπ. Το ακροφύσιο είναι κατασκευασμένο από καρβίδιο του βορίου και είναι ανθεκτικό. Το ακροφύσιο είναι κατασκευασμένο από σωλήνα υψηλής πίεσης από λάστιχο υψηλής πίεσης. Μεταξύ αυτών, η παραγωγή δεξαμενών έχει τα προσόντα της κατασκευής δοχείων πίεσης.

### **- Σύστημα καθαρισμού κυκλοφορίας αποξεστικών υλικών**

Η συσκευή καθαρισμού κυκλοφορίας σφαιριδίων περιλαμβάνει ένα σύστημα κυκλοφορίας και ένα σύστημα καθαρισμού διαχωρισμού σφαιριδίων, το οποίο αποτελείται από έναν κοχλιοφόρο μεταφορέα, έναν ανελκυστήρα κάδου, έναν διαχωριστή άμμου σφαιριδίων, μια βαλβίδα πύλης τροφοδοσίας σφαιριδίων και έναν σωλήνα παροχής σφαιριδίων.

### **- Κοχλίας μεταφοράς:**

Ο κοχλίας μεταφοράς αποτελείται από ένα περίβλημα, έναν κοχλία, ένα έδρανο με ένα κάθισμα, έναν μηχανισμό κίνησης κ.λπ. Είναι ένα σειριακό τμήμα της εταιρείας μας, με υψηλή ευελιξία, υψηλή εναλλαξιμότητα και σταθερή και αξιόπιστη απόδοση.

Αυτό το εξάρτημα είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά του μίγματος άμμου στον ανελκυστήρα. Ο κοχλιωτός μεταφορέας βρίσκεται στο κάτω μέρος του θαλάμου καθαρισμού με βολές και οι κοχλιωτές λεπίδες συγκολλούνται στον άξονα μετάδοσης κίνησης.

Κατά την εργασία, ο κινητήρας μεταφοράς μεταφέρει τον κοχλιοφόρο μεταφορέα για περιστροφή μέσω του κυκλώδους μειωτήρα για μεταφορά των σφαιριδίων στη θύρα εκκένωσης και στη συνέχεια η θύρα εκκένωσης μεταφέρει τα διάσπαρτα σφαιρίδια και το μίγμα σκόνης στο κάτω μέρος του ανελκυστήρα.

Τα δύο άκρα του κοχλιωτού μεταφορέα προστατεύονται από τρισδιάστατη σφράγιση, ένα κάλυμμα λαβύρινθου προστίθεται μέσα στην ακραία πλάκα, ένα στεγανοποιητικό λαδιού χρησιμοποιείται για προστασία στη μέση και το ρουλεμάν διαχωρίζεται από την ακραία πλάκα έξω από το άκρο πλάκα. Μόλις τα σφαιρίδια και η σκόνη εξωθούνται, θα πέσουν από το διάκενο μεταξύ της ακραίας πλάκας και του εδράνου και δεν θα εισέλθουν στο έδρανο.

### **-Ανελκυστήρας κάδου:**

Ο ανελκυστήρας κάδου αποτελείται από κυκλικό κόμβο μειωτήρα ταχύτητας, άνω και κάτω κυλίνδρους, μεταφορικό ιμάντα, χοάνη, κλειστό βαρέλι και συσκευή τάνυσης, κ.λπ., και χρησιμοποιείται φυγοκεντρική βαρύτητα για τυφλό.

Κατά την εργασία, η χοάνη που στερεώνεται στον ιμάντα μεταφοράς ξύνει τα σφαιρίδια στο κάτω μέρος και στέλνει τα σφαιρίδια στην κορυφή και στη συνέχεια πέφτει από φυγοκεντρική βαρύτητα. Υιοθέτηση ειδικού ιμάντα μετάδοσης από πυρήνα από πολυεστέρα, υψηλή αντοχή και υψηλή απόδοση εφελκυσμού



Η τροχαλία υιοθετεί μια δομή κλουβιού σκίουρου με ελαφρά προεξοχή στη μέση και κάθε ακτίνα επεξεργάζεται με λοξότμηση. Δεν βελτιώνει μόνο την τριβή μεταξύ της ταινίας ανύψωσης και της τροχαλίας, αποφεύγει το φαινόμενο ολίσθησης της παλιομοδίτικης ελαφριάς τροχαλίας και της τροχαλίας στον ιμάντα, αλλά επίσης μειώνει την πρόφαση της ζώνης ανύψωσης και παρατείνει τη διάρκεια ζωής. Ταυτόχρονα, αποφεύγει την τοποθέτηση διάσπαρτης βόμβας μεταξύ της τροχαλίας και του ιμάντα επηρεάζει τη μετάδοση.

Υπάρχει περιθώριο 10% για τον ανελκυστήρα. Επειδή ο ανυψωτήρας πέφτει από φυγοκεντρική βαρύτητα, κάθε φορά που πέφτει, θα υπάρχει πάντα μέρος του υλικού που πέφτει πίσω στο ανυψωτικό, οπότε είναι απαραίτητο να αυξηθεί κατάλληλα η ποσότητα ανύψωσης.

#### **- Διαχωριστής σφαιριδίων(αποξεστικού υλικού) :**

Αυτό το μηχάνημα υιοθετεί τον πιο προηγμένο στον κόσμο διαχωριστή υπολειμμάτων λειαντικού, διαχωρισμού αέρα ροής πλήρους κουρτίνας και η απόδοση διαχωρισμού είναι  $\geq 99,5\%$ . Αυτός ο διαχωριστής είναι ο τελευταίος τύπος διαχωριστή της εταιρείας μας. Ο διαχωριστής είναι ένα από τα βασικά συστατικά αυτού του εξοπλισμού. Το μέγεθος σχεδιασμού της ζώνης διαχωρισμού επηρεάζει άμεσα το αποτέλεσμα διαχωρισμού του διαχωριστή. Εάν το αποτέλεσμα διαχωρισμού δεν είναι καλό, θα επιταχύνει τη φθορά της λεπίδας.

#### **- Σύστημα μεταφοράς με τρόλεϊ**

Η επίπεδη μεταφορά αυτοκινήτων υιοθετείται. Το φορτίο προσαρμόζεται ανάλογα με την πραγματική κατάσταση του πελάτη. Ανάλογα με την κατάσταση του τεμαχίου εργασίας, σπρώξτε με μη αυτόματο τρόπο το επίπεδο αυτοκίνητο στο δωμάτιο καθαρισμού για να λάβετε ροκανίδια. Το μπροστινό μέρος του τροχού μπορεί να εξοπλιστεί με ξύστρα πολυουρεθάνης για να ξύσει τα βλήματα πάνω από τη ράγα.

#### **- Σύστημα αφαίρεσης σκόνης**

Το σύστημα αφαίρεσης σκόνης περιλαμβάνει συλλέκτη σκόνης φίλτρου, ανεμιστήρα, κινητήρα, αγωγό, καμινάδα κ.λπ.

Η αυτόματη βαλβίδα απομάκρυνσης παλμών, απομάκρυνσης σκόνης υιοθετεί πνευματικό έλεγχο και ένα βαρέλι συλλογής σκόνης με κύλινδρο είναι τοποθετημένο κάτω από τη χοάνη τέφρας, για να αποφευχθεί το δευτερεύον φαινόμενο σκόνης που προκαλείται από την επαναπλύση

Το φυσίγγιο φίλτρου σκόνης μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα για καθαρισμό και επαναχρησιμοποίηση.

#### **- Ηλεκτρικό σύστημα**

Το μηχάνημα αμμοβολής, η πόρτα συντήρησης, ο ελεγκτής βλήματος και το σύστημα κυκλοφορίας βλήματος είναι όλα εξοπλισμένα με ηλεκτρικούς μηχανισμούς κλειδώματος και αυτο-κλειδώματος για να διασφαλίσουν την αξιόπιστη λειτουργία του εξοπλισμού και την ασφάλεια των χειριστών. Το πίσω φυσητήρα σκόνης υιοθετεί αυτόματο έλεγχο παλμού.

## **4.2 Αποξεστικά μέσα**

### **Γενικά στοιχεία αποξεστικών μέσων**

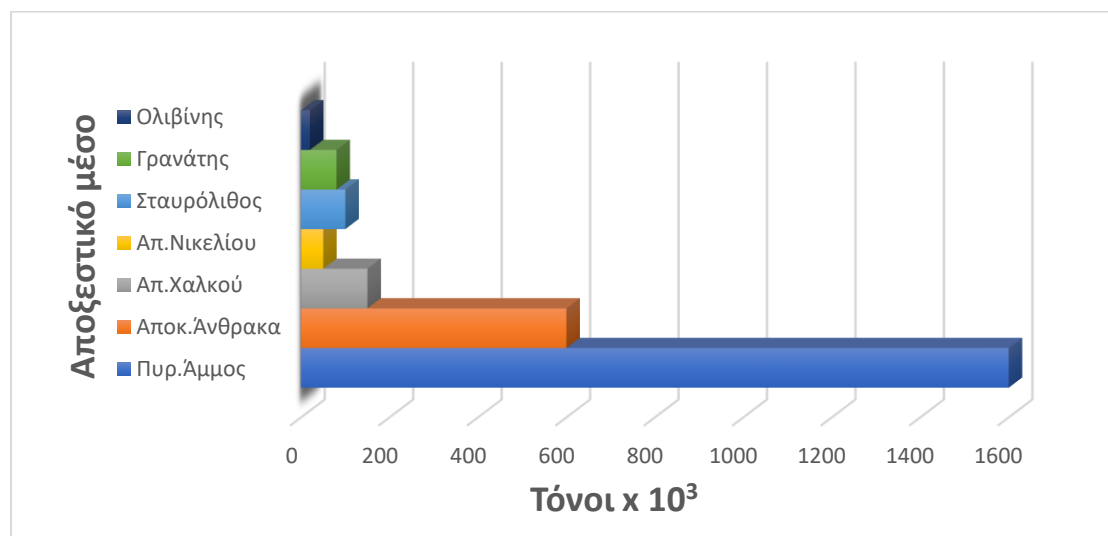
Στην παρουσίαση των μερών του συστήματος της αμμοβολής, τα αποξεστικά υλικά εμφανίζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον λόγω της συνεχούς έρευνας που διεξάγεται για τη βελτίωσή τους. Το ενδιαφέρον επικεντρώνεται τόσο στην αναβάθμιση ποιότητας καθαρισμού των επιφανειών, όσο και στη βελτίωση των θεμάτων υγιεινής και προστασίας εργαζομένων και περιβάλλοντος.

Ο όρος αποξεστικό μέσο συμπεριλαμβάνει όλα τα φυσικά ή τεχνητά υλικά τα οποία εφαρμόζονται για τη λείανση, την τριβή και τον καθαρισμό μεταλλικών επιφανειών, και όχι μόνο, έπειτα από την εφαρμογή τριβής ή κρούσης πάνω σε αυτές.

Η πυριτική άμμος ήταν για περισσότερο από 50 χρόνια το μοναδικό αποξεστικό μέσο που χρησιμοποιείτο σε ξηρές αμμοβολές 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.[4]

Παρ' όλα αυτά η πυριτική άμμος παραμένει στα ευρέως χρησιμοποιούμενα αποξεστικά και ακολουθούν τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργίας (steel shot, steel grit), σύμφωνα για παράδειγμα με την ετήσια κατανομή κατανάλωσης των κυριότερων αποξεστικών αμμοβολής για τις Η.Π.Α.



Σχ.4.18 Παράδειγμα κατανομής της ετήσιας κατανάλωσης αποξεστικών αμμοβολής στις Η.Π.Α. [4]

### Χαρακτηριστικά των αποξεστικών μέσων αμμοβολής

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά των υλικών που παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιλογή των αποξεστικών μέσων αμμοβολής στις βιομηχανικές εργασίες.

#### A. Σκληρότητα

Η σκληρότητα του αποξεστικού υλικού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα και την αποδοτικότητα του καθαρισμού. Τα αποξεστικά με

μεγαλύτερη σκληρότητα είναι γενικά πιο αποδοτικά και πιο αποτελεσματικά από τα μαλακά αποξεστικά.

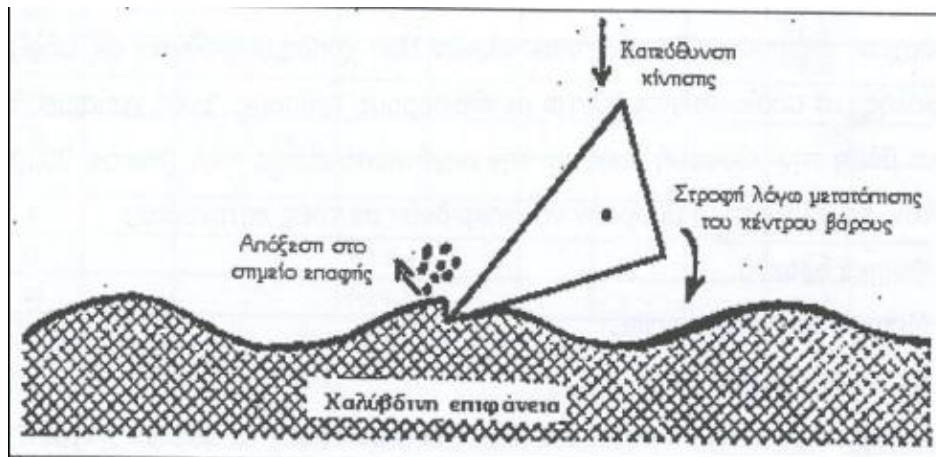
Τα σκληρότερα σωματίδια καθαρίζουν τα ισχυρά προσκολλημένα επιφανειακά υπολείμματα, παράγουν λιγότερη σκόνη και παρουσιάζουν μικρότερη ψαθυρότητα, χαρακτηριστικό καθοριστικής σημασίας στην περίπτωση ανακύκλωσης. Αντίθετα τα μαλακά αποξεστικά απομακρύνουν τα χαλαρά επιφανειακά υπολείμματα χωρίς να παραμορφώνουν το μεταλλικό υπόστρωμα ή το σύστημα επίστρωσης όπου αυτό είναι αναγκαίο. Η σκληρότητα μετράται με την κλίμακα Rockwell, που θα εξετάσουμε στη συνέχεια, για τα μεταλλικά και με την κλίμακα Mohs για τα μη μεταλλικά αποξεστικά.

## **B. Ειδικό Βάρος**

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

## **Γ. Σχήμα κόκκων**

Το σχήμα των κόκκων του λειαντικού είναι παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή τους. Τα γωνιώδη σωματίδια (grit), εξαιτίας της υψηλής κοπτικής τους δράσης, είναι καταλληλότερα για απομάκρυνση μαλακών, ψαθυρών ακαθαρσιών, όπως απομεινάρια χρωμάτων, οξείδωση, κ.λπ. Σε αντίθεση, τα σφαιρίδια (shot) είναι πιο κατάλληλα για καθαρισμό υπολειμμάτων όπως η σκωρία σιδήρου. Η αιτία της μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας στον καθαρισμό των έντονα διαβρωμένων μεταλλικών επιφανειών που έχουν τα γωνιώδη σωματίδια συγκριτικά με τα σφαιρικά οφείλεται στη στροφή του σωματιδίου κατά την κρούση του επάνω στην επιφάνεια λόγω μετατόπισης του κέντρου βάρους του.[5]



**Σχ.4.19** Αποξεστική δράση γωνιώδους σωματιδίου πάνω σε χαλύβδινη επιφάνεια.[5]

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.

#### **Δ. Κοκκομετρική Κατανομή**

Το μέγεθος των σωματιδίων του αποξεστικού συχνά αγνοείται σαν 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 τις σκληρές σκουριές. Επομένως, το βέλτιστο μίγμα αποξεστικού είναι αυτό που αποτελείται από ποικιλία μεγεθών, όπου τα μεγάλα σωματίδια απομακρύνουν τις δύσκολες ακαθαρσίες, ενώ τα λεπτά αφαιρούν τα ψιλά υπολείμματα, τα εύθρυπτα προϊόντα οξείδωσης ή τα παλιά χρώματα, κυρίως μέσα από τις μικροκοιλότητες της επιφάνειας, όπου δεν μπορούν να φτάσουν τα μεγαλύτερα σωματίδια, βελτιώνοντας την ποιότητα καθαρισμού ( $Sa\ 2^{1/2}$  ή  $Sa^3$ ).

Ιδανικά δεν μπορεί να υπάρξει βέλτιστο μέγεθος σωματιδίων σε σχέση με την ποιότητα και ταχύτητα καθαρισμού, για όλους τους τύπους

επιφανειών που αντιμετωπίζονται στη βιομηχανία. Όμως, γενικά, ένα εύρος μεγεθών μεταξύ 0,5 και 3 mm δίνει μια ικανοποιητική απόδοση καθαρισμού.[6]

### Ταξινόμηση των αποξεστικών υλικών

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

- Φυσικά ορυκτά
- Μεταλλουργικές σκωρίες
- Βιομηχανικά υλικά.

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	Ημιγωνιώδες	7,0-8,0	3,0-5,0
Ολιβίνης	Γωνιώδες	6,5-7,0	1
Αποκαμινεύματα C	Γωνιώδες	6,0-7,0	1
Αποκαμινεύματα Cu	Γωνιώδες	7,0-8,0	1
Αποκαμινεύματα Ni	Γωνιώδες	7,0-8,0	1
Υαλοσφαιρίδια	Γωνιώδες Ακανόνιστο	5,5-6,5	1
Steel Grit	Γωνιώδες	40-70 HRc	50-100
Οξειδίο Αλουμινίου	Ακανόνιστο	9	3,0-5,0

Πίνακας 4.1 Φυσικά χαρακτηριστικά των εμπορικών αποξεστικών. [6]

## Φυσικά ορυκτά

Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει υλικά τα οποία βρίσκονται στη φύση και χρησιμοποιούνται σαν αποξεστικά, αφού καθαριστούν, αποξηρανθούν και στη συνέχεια μορφοποιηθούν και ταξινομηθούν. Είναι η μεγαλύτερη κατηγορία αποξεστικών και περιλαμβάνει την πλειοψηφία σχεδόν των βιομηχανικών ορυκτών που χρησιμοποιούνται ως αποξεστικά μέσα αμμοβολής. Σε αυτήν ανήκουν όλες οι άμμοι (πυριτικές και μη), που θα αναφέρουμε παρακάτω.

Επίσης, τα φυσικά ορυκτά είναι η κατηγορία η οποία θεωρείται ως η πιο αξιόπιστη λύση για την αντικατάσταση των αποκαμινευμάτων, που χρησιμοποιούνται σήμερα για τον καθαρισμό και την προετοιμασία προς βαφή επιφανειών. Τα περισσότερα από τα υλικά αυτά έχουν ήδη υιοθετηθεί σε πολλά ναυπηγεία της Ελλάδας και του εξωτερικού.

Όμως, η περιορισμένη διαθεσιμότητά τους, οι υψηλές τους τιμές και η έλλειψη συστηματικής έρευνας για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών τους αποτελούν καταλυτικούς παράγοντες στην προσπάθεια ευρείας εδραίωσης τους στην αγορά των αποξεστικών μέσων αμμοβολής. Στη συνέχεια δίνονται στοιχεία για τα σημαντικότερα φυσικά αποξεστικά.

### Πυριτική άμμος (Silica Sand)



Σχ.4.20 Πυριτική άμμος

Η πυριτική άμμος είναι το δημοφιλέστερο αποξεστικό μέσο αμμοβολής ανάμεσα στις άμμους. Χρησιμοποιούνταν ευρύτατα, παλαιότερα, ενώ σήμερα η χρήση της έχει μειωθεί σημαντικά(Σχ.4.20).

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 κλπ., χαρακτηριστικά τα οποία την καθιστούν ένα πολύ καλό αποξεστικό σε μεγάλη γκάμα εφαρμογών της αμμοβολής.

Το ειδικό της βάρος είναι  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ελεύθερο (κρυσταλλικό) διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) το οποίο κυμαίνεται μεταξύ ποσοστού 49 και 100%. Η διαδικασία που ακολουθείται για να γίνει η πυριτική άμμος κατάλληλη για εφαρμογές αμμοβολής, περιλαμβάνει πλύσιμο, ξήρανση και κοκκομετρική ταξινόμηση

### **Σταυρόλιθος**

Ο σταυρόλιθος είναι ένυδρο ορυκτό που αποτελείται από τα οξείδια αλουμινίου, πυριτίου και σιδήρου με χημικό τύπο ( $\text{FeAl}_5\text{Si}_2\text{O}_{12}\text{OH}$ ). Συναντάται συνήθως σε θαμπούς κρυστάλλους χρώματος κοκκινωπού καφέ και μαύρου. Έχει σκληρότητα που κυμαίνεται μεταξύ 7 και 8 κατά Mohs και ειδικό βάρος με εύρος από  $3,7 - 3,8 \text{ g/cm}^3$ . Υπάρχουν δύο βασικές εμπορικές ποιότητες σταυρόλιθου γνωστές σαν "standard starblast", και "starblast XI". Το ποσοστό του κρυσταλλικού  $\text{SiO}_2$  και για τις δύο κατηγορίες είναι 0.86 -1.11 %.

Οι βασικές εφαρμογές του ως αποξεστικό μέσο αμμοβολής 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.



## Γρανάτης

Ο γρανάτης είναι το γενικό όνομα μιας ποικιλίας σύνθετων πυριτικών ορυκτών με παρόμοιες φυσικές ιδιότητες και κρυσταλλική μορφή. Ο γενικός τύπος για το γρανάτη είναι  $A_3B_2(SiO_4)_3$ , όπου A: Ca, Mg,  $Fe^{+2}$  ή Mn ενώ B: Al,  $Fe^{+3}$ , Cl ή σπάνια Ti. Οι επικρατέστεροι τύποι γρανάτη είναι ο πυρωπός  $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$  και αλμανδίτης  $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ . Οι τύποι με τις καλύτερες αποξεστικές ιδιότητες είναι ο αλμανδίτης και το μίγμα αλμανδίτη -πυρωπού.

Άλλοι τύποι γρανατών που χρησιμοποιούνται στην αμμοβολή είναι ο ανδραδίτης, ο γροσσουλάριος, και ο πυρωπός. 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 καθορίζονται από τον τύπο του γρανάτη και έχουν εύρος από 6,5 έως 9 κατά Mohs και από 3,2 έως 4,3 g/cm<sup>3</sup> αντίστοιχα. Ο καθαρός γρανάτης δεν περιέχει ελεύθερο SiO<sub>2</sub> όμως ανάλογα με τις προσμίξεις που έχει το υλικό, το ποσοστό του SiO<sub>2</sub> 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.

## Ολιβίνης



Σχ.4.21 Ολιβίνης

Ο ολιβίνης είναι ένα πρασινωπό, διαφανές έως ημιδιαφανές ορυκτό, το οποίο γενικά εμφανίζεται σε κοκκώδη μορφή. Πρόκειται για κύριο συστατικό εκρηξιγενών πετρωμάτων όπως ο βασάλτης και έχει σκληρότητα Mohs 6,5 -7 και ειδικό βάρος 3,2-3,6 g/cm<sup>3</sup>. Ο χημικός του τύπος είναι MgSiO<sub>4</sub> ή Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>. Ο δουνίτης είναι επίσης πέτρωμα πλούσιο σε ολιβίνη. Ο ολιβίνης έχει περιεκτικότητα μικρότερη από 1,3 % σε κρυσταλλικό SiO<sub>2</sub>. Η περιεκτικότητά του σε Cr και Ni κυμαίνεται από 0,1-0,4 % κ.β.

Οι βασικότερες χρήσεις του ολιβίνης ως αποξεστικού μέσου αμμοβολής περιλαμβάνουν τον καθαρισμό κτιρίων, τον καθαρισμό και τη χάραξη χαλύβδινων κατασκευών. Άλλες χρήσεις είναι ο καθαρισμός μεταλλικών επιφανειών από "καλαμίνα" και οξείδωση καθώς και οι εργασίες αμμοβολής στα ναυπηγεία. Επιπλέον χρήσεις είναι φινίρισμα, χάραξη και απομάκρυνση βαφών από το γυαλί, τα αυτοκίνητα, τις μαρμάρινες κατασκευές κλπ.

### **Μεταλλουργικές σκωρίες**

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

### **Αποκαμινεύματα χαλκού**

Τα αποκαμινεύματα χαλκού είναι υλικά που αποτελούνται κυρίως από τις χημικές ενώσεις SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO και έχουν υψηλή περιεκτικότητα Cu, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. 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<sup>3</sup> και σκληρότητα κατά Mohs 7-8. Η χρήση τους είναι πολύ γνωστή στη βιομηχανία και περιλαμβάνει τον καθαρισμό χαλύβδινων επιφανειών, βαρέων

εξοπλισμών, τσιμεντένιων προβλητών, κλπ . Επίσης χρησιμοποιούνται και για τον καθαρισμό γεφυρών, αυτοκινήτων, εξωτερικών κατασκευών, σκληρών ξύλων κλπ.

### **Αποκαμινεύματα άνθρακα**

Τα αποκαμινεύματα άνθρακα παράγονται σαν παραπροϊόν της καύσης του άνθρακα, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συγκεκριμένα υλικά 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 αποκαμινεύματα χαλκού και νικελίου. Το SiO<sub>2</sub> του υλικού κυμαίνεται από 0,1 -1 %).

Τα αποκαμινεύματα άνθρακα έχουν ειδικό βάρος περίπου 2,78 g/cm<sup>3</sup> και σκληρότητα κατά Mohs περίπου 7,5. Οι βασικές εφαρμογές αμμοβολής για το υλικό αυτό είναι ίδιες με τα αποκαμινεύματα χαλκού.

### **Αποκαμινεύματα νικελίου**

Τα αποκαμινεύματα νικελίου είναι υλικά, αποτελούμενα κυρίως από χημικές ενώσεις SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO και περιλαμβάνουν πολύ υψηλά ποσοστά Ni, στοιχείο που ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων. Στο υλικό αυτό διακρίνονται επικίνδυνα στοιχεία, όπως As (0 -0,18%) ενώ τα ποσοστά του χρωμίου είναι ιδιαιτέρως υψηλά (0,54 -3,7%). Τέλος, έχουν ειδικό βάρος από 3,4 -3,6 g/cm<sup>3</sup> και σκληρότητα κατά Mohs από 7-8. Οι βασικές εφαρμογές αμμοβολής για το υλικό αυτό είναι ο καθαρισμός σε ναυπηγεία και σε κατασκευές από σκυρόδεμα και χάλυβα.

## Βιομηχανικά υλικά

### Οξείδιο του αλουμινίου



Σχ.4.22 Λευκό οξείδιο αλουμινίου



Σχ.4.23 Καφέ οξείδιο αλουμινίου

Το λευκό και το καφέ οξείδιο του αλουμινίου αποτελείται από φρύξη βωξίτη με αποξεστικές ιδιότητες. Το υλικό είναι κατά 99% τηγμένο, περιέχει περισσότερο από 94%  $Al_2O_3$  και είναι κατά 50% τουλάχιστον μονοκρυσταλλικό. Έχει σκληρότητα μεγαλύτερη από 9 στην κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος περίπου  $4 \text{ g/cm}^3$ . Το υψηλής καθαρότητας οξείδιο του αλουμινίου αποτελείται από εξαιρετικά καθαρή αλουμίνα.

Το υλικό αυτό περιέχει τουλάχιστον 99,5%  $Al_2O_3$  και είναι σκληρότερο αλλά και πιο ψαθυρό από το συνηθισμένο οξείδιο. Γενικά, μπορεί να ανακυκλωθεί 3-5 φορές. Το υψηλό κόστος του υλικού και οι φθορές που προκαλεί στο ακροφύσιο και στον υπόλοιπο εξοπλισμό λόγω

της υψηλής σκληρότητάς του είναι τα κύρια μειονεκτήματα. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές του αποξεστικού, πλεονεκτήματα αποτελούν η δυνατότητα ανακύκλωσης και η ταχύτητα καθαρισμού.

### **Καρβίδιο του πυριτίου (SiC)**



**Σχ.4.24 Καρβίδιο του πυριτίου**

Το καρβίδιο του πυριτίου κατασκευάζεται κατά την τήξη πυριτικής άμμου υψηλής καθαρότητας και κόκων άνθρακα με ταυτόχρονη μεταβίβαση ηλεκτρικού ρεύματος 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  $3,12 - 3,22 \text{ g/cm}^3$ .

Το SiC, σε χώρο κλειστής αμμοβολής, μπορεί να ανακυκλωθεί 50 -100 φορές. Το ίδιο ισχύει και για το  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , το σημαντικότερο μειονέκτημα για χρήση του ως αποξεστικού μέσου αμμοβολής είναι η υπερβολικά γρήγορη φθορά του εξοπλισμού, που προκαλεί λόγω της υψηλής σκληρότητάς του.

Οι βασικές εφαρμογές αμμοβολής με καρβίδιο του πυριτίου, είναι ο καθαρισμός, η κοπή και το φινίρισμα με την κατεργασία της αμμοβολής υπό κενό. Άλλες χρήσεις του υλικού αυτού περιλαμβάνουν το φινίρισμα στην υαλοβιομηχανία και την κοπή μέσω υδροαμμοβολής.

### Μεταλλικά αποξεστικά



Σχ.4.25 Μεταλλικά αποξεστικά



### 4.26 Ψήγματα χάλυβα σε μορφή shot και grit

Διατίθενται τρεις γενικοί τύποι μεταλλικών αποξεστικών: ψήγματα χάλυβα σε μορφή shot και grit (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(Σχ.4.25, Σχ.4.26).

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. Η κατασκευή των μεταλλικών αποξεστικών γίνεται από ακατέργαστα υλικά και κράματα, τα οποία τήκονται σε φούρνο και η σύνθεσή τους ρυθμίζεται για να ικανοποιεί τις απαιτούμενες χημικές προδιαγραφές για το σίδηρο και το χάλυβα.

Έπειτα, απομακρύνεται το τηγμένο μέταλλο από τον φούρνο και μετατρέπεται σε τυχαία μεγέθη shot, τα οποία πέφτουν μέσα σε μια δεξαμενή κατάσβεσης με νερό. Τέλος γίνεται η απομάκρυνση του υλικού από τη δεξαμενή, υφίσταται θερμική κατεργασία και ακολουθεί η κοκκομετρική ταξινόμησή του. Η παραγωγή του grit πραγματοποιείται αρχικά με θραύση του σκληρυμένου shot σε κυλινδρικούς θραυστήρες ή σφαιρόμυλους. Το προϊόν ταξινομείται κοκκομετρικά και οδηγείται σε θερμική επεξεργασία.

Στη σύγχρονη βιομηχανία περίπου το 85% του συνόλου των μεταλλικών αποξεστικών καταλαμβάνουν τα ψήγματα χάλυβα, ο οποίος θεωρείται καλύτερο υλικό σε σχέση με το σίδηρο. Οι συνηθέστερες εφαρμογές 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.

## Γυάλινα σφαιρίδια (glass beads)



Σχ.4.27 Γυάλινα σφαιρίδια

Τα γυάλινα σφαιρίδια ανήκουν στην κατηγορία των τεχνητών αποξεστικών γίνεται χρήση τους σε πολλές εφαρμογές αλλά είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για την απομάκρυνση πολύ λεπτών ξένων υλικών, όπως φιλμ οξειδίων από λεπίδες ροτόρων, πλαστικά καλούπια και άλλα περίπλοκα μέρη, στα οποία δεν πρέπει να αλλοιωθεί η επιφάνεια τους(Σχ.4.27). Ακόμα μπορούν να απομακρύνουν τα υπολείμματα από την επιφάνεια πιστονιών και βαλβίδων χωρίς μόλυνση ή απομάκρυνση του βασικού μετάλλου. Με την αμμοβολή γυάλινων σφαιριδίων μπορούν επίσης να ανιχνευθούν ελαττώματα σε συγκολλήσεις μετάλλων. Διατίθενται, συνήθως, σε μεγέθη διαμέτρου από 0,16 μέχρι 0,04 mm.[6]



## 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

### Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Η πειραματική διαδικασία στοχεύει στην μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων που προσδίδει η αμμοβολή. Εκτός των ορατών αποτελεσμάτων, οι μεταλλικές επιφάνειες επηρεάζονται έντονα και στην σκληρότητά τους ύστερα από κατεργασία αμμοβολής. Με την βοήθεια εργαστηριακού εξοπλισμού που θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια θα ελεγχθεί ο βαθμός που επηρεάζεται σε σκληρότητα ένα υλικό αφού δεχθεί αμμοβολή.

Πιο συγκεκριμένα θα πραγματοποιηθεί σκληρομέτρηση ενός κυλινδρικού μεταλλικού δοκιμίου τύπου A572 το οποίο έχει υποβληθεί σε αμμοβολές διαφορετικού τύπου.

#### Στοιχεία A572:

Πυκνότητα	7.80 g/cc
Άνθρακας C	0.23 %
Σίδηρος Fe	98 %
Μαγγάνιο Mn	1.35 %
Φώσφορος P	0.04 %
Πυρίτιο Si	0.4 %
Θείο S	0.05 %

## 5.1 Παρουσίαση μηχανολογικού εξοπλισμού

Για την συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν δύο μηχανές αμμοβολής κλειστού τύπου με διαφορετική προσέγγιση ως προς τη λειτουργία και το αποτέλεσμα.

### Μηχανή αμμοβολής VOORTMAN VSB2500-6/15

#### Γενικά

Η Voortman έχει σχεδιάσει, αναπτύξει και κατασκευάσει μηχανήματα για μεταποιητικές βιομηχανίες χάλυβα για περισσότερα από 40 χρόνια. Με υπεύθυνες διεθνείς θυγατρικές για πωλήσεις και υπηρεσίες, είναι παγκοσμίως αναγνωρισμένοι προμηθευτές με χιλιάδες συστήματα Voortman εγκατεστημένα.



Σχ.5.1 Μηχάνημα αμμοβολής VOORTMAN με ενσωμάτωση πολλαπλών συστημάτων[7]

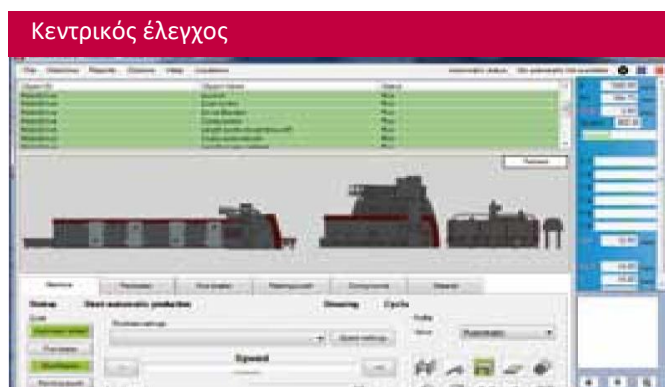
## Αμμοβολή

Λόγω της μακράς ιστορίας στην κατασκευή μηχανημάτων επεξεργασίας χάλυβα και στην εξειδικευμένη ανάπτυξη ομάδων δημιούργησαν μια σειρά αμμοβολών, οι οποίες ονομάζονται μηχανήματα VSB.

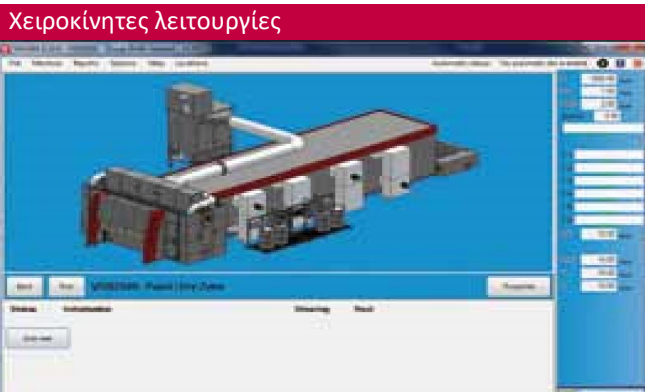
Αυτές οι μηχανές επεξεργασίας επιφανειών υψηλής απόδοσης έχουν σχεδιαστεί για τυποποιημένα προϊόντα όπως γωνιές, πλάκες, κοιλοδοκούς, όλα τα μεγέθη δοκών και πλακών πλάτους έως 3,3 μέτρων.

## Λογισμικό

Το λογισμικό ελέγχου VACAM είναι μια ανάπτυξη Voortman και αποτελείμα πολυετούς εμπειρίας στη χαλυβουργία. Κάθε μηχανή στο πρόγραμμα παράδοσης Voortman είναι εξοπλισμένη με το λογισμικό ελέγχου VACAM. Όπως και ως αποτέλεσμα όλα τα μηχανήματα έχουν την ίδια «εμφάνιση και αίσθηση» που μειώνει σημαντικά την καμπύλη εκμάθησης.



Τόσο ο προθερμαντήρας, ο εκτοξευτής υλικού, το μηχάνημα βαφής και η σήραγγα ξήρανσης ελέγχεται κεντρικά από το ίδιο λογισμικό ελέγχου VACAM από έναν μόνο χειριστή. Η κατάσταση και τα ενεργά μέρη όλων των συστημάτων εμφανίζονται για επισκόπηση με μια ματιά.



Οι χειριστές έχουν μια σαφή επισκόπηση όλων των ενεργών εξαρτημάτων στη χειροκίνητη λειτουργία του συστήματος όπου πολλές ρυθμίσεις μπορούν να τροποποιηθούν αμέσως. Με αυτόν τον τρόπο τα διαγνωστικά μπορούν να γίνουν πολύ γρήγορα.

### **Ενσωμάτωση πολλαπλών συστημάτων**

Η Voortman προσφέρει μια ενσωματωμένη ολοκληρωμένη λύση που ονομάζεται "πολλαπλά συστήματα ενσωμάτωσης" ή MSI. Κάθε μηχάνημα Voortman είναι εξοπλισμένο με το δικό του προηγμένο λογισμικό ελέγχου VACAM. Με τη διασύνδεση των συστημάτων χειρισμού και το λογισμικό VACAM στα μηχανήματα, έτσι δημιουργείτε ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής.

Σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα Voortman όλοι οι οδηγοί τροφοδοσίας(buffer) και οι κυλιόμενοι μεταφορείς(ράουλα) διαχειρίζονται διασταυρούμενες μεταφορές. Οι οδηγοί τροφοδοσίας σηκώνουν το εκάστοτε υλικό και το μεταφέρουν στη γραμμή παραγωγής με ασφάλεια ανάλογα το βάρος του προσαρμόζεται από το χειριστή η ταχύτητα. Έπειτα το αναλαμβάνουν οι κυλιόμενοι μεταφορείς(ράουλα) για την υπόλοιπη διαδικασία καθώς και τη ταχύτητα την ορίζει ο χειριστής ανάλογα τι θέλει να πετύχει και το υλικό που επεξεργάζεται. Τέλος η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν παραλαμβάνουν και σηκώνουν το υλικό οι οδηγοί εξόδου ώστε να το τοποθετήσουν τα ανυψωτικά μηχανήματα ή οι γερανογέφυρες σε αποθηκευτικό χώρο ή σε χώρους περαιτέρω επεξεργασίας (άλλα μηχανήματα ή για συγκόλληση).

Ως αποτέλεσμα αυτού, δεν χρειάζεται να μεταφέρετε χειροκίνητα υλικά μέσω της γραμμής παραγωγής. Το MSI θα διασφαλίσει επίσης ότι όλα τα buffer χρησιμοποιούνται με μέγιστο οικονομικό τρόπο.

Αν υπάρχουν περισσότερα μηχανήματα κατάλληλα για μια συγκεκριμένη λειτουργία τότε το MSI μπορεί να αποφασίσει να ανακατευθύνει προϊόντα, αυτή η απόφαση βασίζεται στο πραγματικό φορτίο των μηχανών (αλγόριθμος εξισορρόπησης φορτίου).

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι τα δεδομένα NC παραγωγής πρέπει να εισαχθούν μόνο μία φορά. Το MSI θα το διανείμει αυτόματα σε όλα τα μηχανήματα που αποτελούν μέρος του MSI.

Ολόκληρο το σύστημα είναι εξοπλισμένο με επιπλέον ανιχνευτές και αισθητήρες για την παρακολούθηση και λειτουργίας και κίνησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν πλήρη έλεγχο τού συστήματος μεταφοράς φορτίου σε πραγματικό χρόνο.[7]



Σχ.5.2 Εύρος λειτουργίας μηχανημάτων αμμοβολής VSB[7]

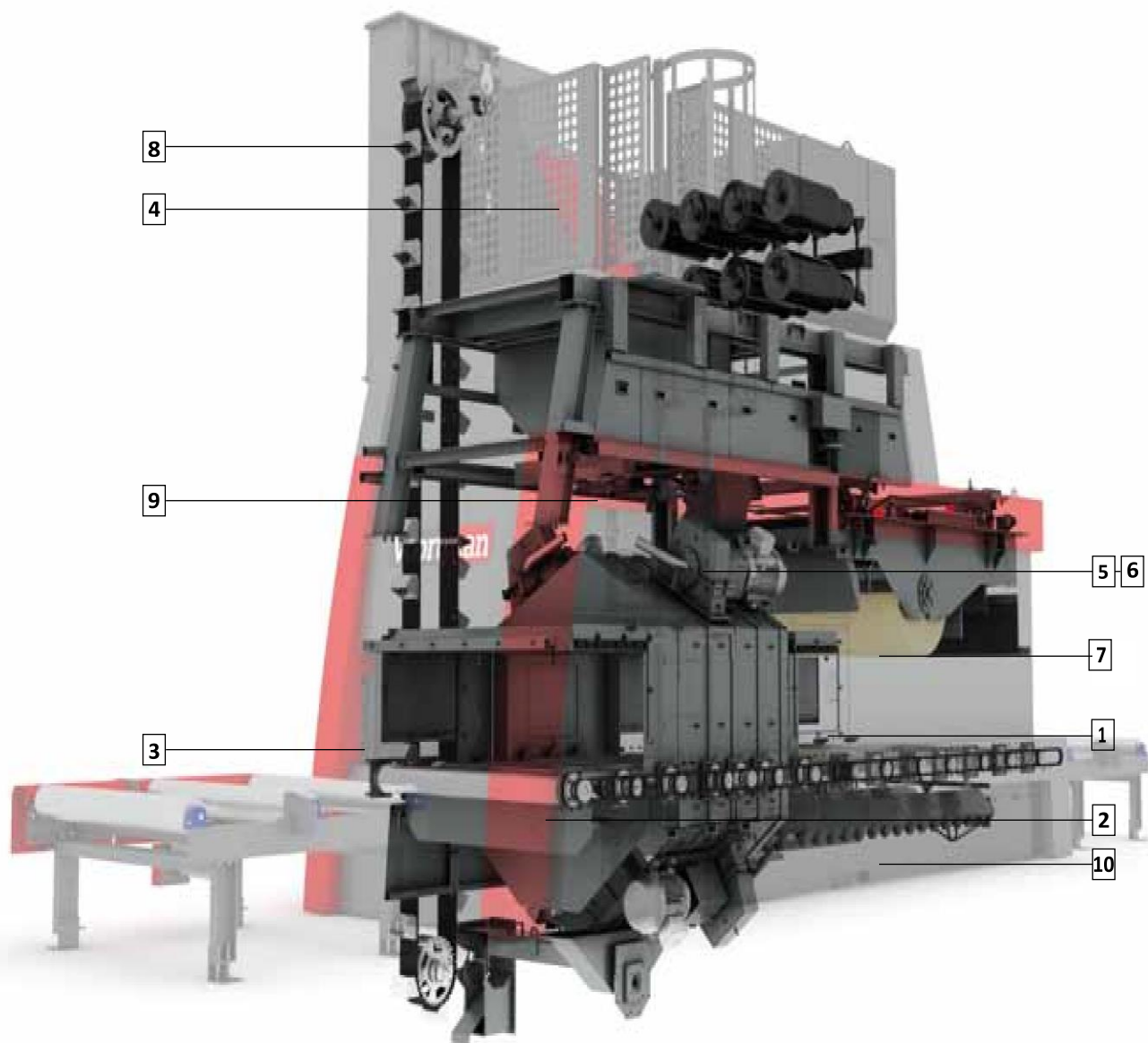


blasting

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ		VSB1500- 4/15	VSB1500- 6/15	VSB2500- 6/15	VSB3300- 8/22
Διαστάσεις εισόδου	mm	1.600 x 600	1.600 x 600	<b>2.600 x 600</b>	3.400 x 200
	feet	5-1/4 x 2	5-1/4 x 2	<b>8-1/2 x 2</b>	2.600 x 600
					11-1/8 x 5/8 8-1/2 x 2
Πλάτος πλάκας	mm	1.500	1.500	<b>2.500</b>	3.300
	inch	59	59	<b>98-1/2</b>	130
Προφίλ	mm	1.000 x 1.000	1.000 x 1.000	<b>1.000 x 1.000</b>	1.600 x 1.600
	inch	300 x 300	300 x 300	<b>300 x 300</b>	300 x 300
		40 x 12	40 x 12	<b>40 x 12</b>	63 x 12
Στρόβιλοι(τουρμπίνες)		4	6	<b>6</b>	8
Διάμετρος στροβίλου	mm	380	380	<b>380</b>	500
	inch	15	15	<b>15</b>	19-3/4
Ισχύς ανά στρόβιλο	kW	15	15	<b>15</b>	22
	Hp	20	20	<b>20</b>	30
Ταχύτητα αμμοβολισμού	m/min	1,3 - 1,8	1,8 - 2,9	<b>1,3 - 1,8</b>	2,5 - 3,5
	f/min	4-1/4 - 6	6 - 9-1/2	<b>4-1/4 - 6</b>	8-1/4 - 11-1/2

Πίνακας 5.1 Προδιαγραφές μηχανημάτων αμμοβολής VOORTMAN (Μηχανή πειράματος VSB2500-6/15)

## Χαρακτηριστικά μηχανήματος



Σχ.5.3 Επιμέρους τμήματα μηχανήματος αμμοβολής(Τομή μηχανήματος) [7]

## Χαρακτηριστικά

1. Μόνιμο ντουλάπι με περίβλημα τριπλής στρώσης



2. Σκληρυμένα ράουλα



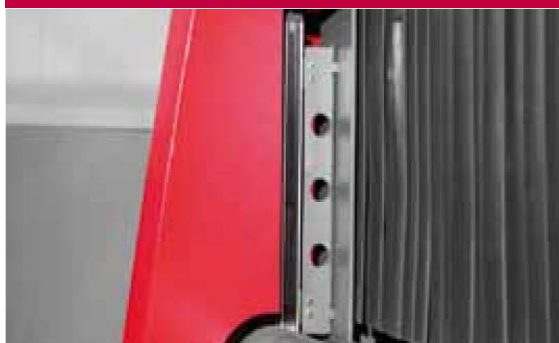
Το περίβλημα του θαλάμου αμμοβολής αποτελείται από 3 στρώσεις ατσάλι: το κύριο περίβλημα είναι κατασκευασμένο από ήπιο 8 mm (5/16 ")

χάλυβα, το εσωτερικό του θαλάμου αμμοβολής έχει 8 mm (5/16 ") ατσάλινη επένδυση μαγγανίου και τα καυτά σημεία έχουν άλλη πλάκα προστασίας από χάλυβα μαγγανίου 10 mm (3/8 "). Όλα τα επίπεδα είναι βιδωμένα από έξω, ώστε να είναι εύκολο να αντικατασταθούν.

Τα ράουλα μέσα στη καμπίνα αμμοβολής είναι από συμπαγής χάλυβα για να βεβαιωθείτε ότι δεν θα φθαρούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αμμοβολής.



### 3.Ελαφριές κουρτίνες



### 4. Διαχωριστής



Μια ελαφριά κουρτίνα ανιχνεύει την μπροστινή και πίσω πλευρά του/ων προϊόντος/ων. Επομένως, το μηχάνημα ανοίγει τη βαλβίδα για το λειαντικό μέσο, μόνο όταν υπάρχει υλικό. Αυτό αυξάνει τη διάρκεια ζωής της φθοράς των πλακών ή δοκών.

Χρησιμοποιώντας μια πλάκα καταρράκτη σε συνδυασμό με ροή αέρα από το φίλτρο της μονάδας αυτό το σύστημα συλλέγει καλό λειαντικό που στέλνει πίσω στο λειαντικό δοχείο. Τα λειαντικά απορρίμματα πέφτουν σε σακούλα σκόνης και λεπτή σκόνη πηγαίνει στη μονάδα φίλτρου.

### 5. Αυτόματα ρυθμιζόμενες τουρμπίνες



### 6. Μεγάλη διάρκεια στροβίλου και κινητήρα



Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται συχνά στα μηχανήματα **VSB2500** και VSB3300 αμμοβολής. Σε περίπτωση αμμοβολής πλακών, οι εξωτερικές γωνίες της τουρμπίνας ρυθμίζονται για να παρέχουν τη μέγιστη ισχύ αμμοβολής πάνω από το

Οι τουρμπίνες που χρησιμοποιούνται για όλες τις αμμοβολές Voortman κατασκευάζονται σύμφωνα με ένα σχέδιο που χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια. Κάθε σετ στροβίλων διαθέτει ξεχωριστή λειαντική βαλβίδα για την εκκίνηση της λειαντικής ροής μόνο όταν το υλικό φτάνει

<p>συνολικό πλάτος. Σε περίπτωση αμμοβολής δοκών, που είναι κεντρικά τοποθετημένο στον μεταφορέα, οι εξωτερικές γωνίες του στροβίλου έχουν ρυθμιστεί ώστε να δίνουν περισσότερη δύναμη αμμοβολής στο μέσο του μετακομιστή. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα: υψηλότερη ταχύτητα με μικρότερο πλάτος και λιγότερη φθορά στο μηχάνημα.</p>	<p>στην τουρμπίνα, άρα βλάβη στο μηχάνημα λόγω της λειτουργίας του ελαχιστοποιείται. Κάθε στρόβιλος συνδέεται με τον κινητήρα του με εύκαμπτους συνδέσμους που υποστηρίζονται από διπλά ρουλεμάν για μέγιστη σταθερότητα. Αυτό μειώνει τη φθορά του κινητήρα στο ελάχιστο. Για τους ιμάντες VSB3300 χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση του τεράστιοι στρόβιλοι 500 mm (20") με τους κινητήρες.</p>
--	---

### Μόνωση θορύβου

### Αυτόματο γέμισμα λειαντικού μέσου

<p>Με πάνελ μόνωσης θορύβου που κλείνουν τις πλευρές του στα Μοντέλα VSB1500 και VSB2500, η στάθμη του ήχου μειώνεται σε λιγότερο από 85 dB. Για το VSB3300 πλήρης απαιτείται πλήρης θάλαμος που περιβάλλει το μηχάνημα για τη μείωση θορύβου.</p>	<p>Για να αποτρέψετε τον τερματισμό της αμμοβολής για να ξαναγεμίσετε το λειαντικό δοχείο, ένα ξεχωριστό δοχείο λειαντικού μπορεί να τοποθετείται δίπλα στο μηχάνημα που μπορεί να ξαναγεμίσει χωρίς διαταραχή της διαδικασίας αμμοβολής. Ένας αισθητήρας στην κύρια καμπίνα δίνει ένα σήμα για να ξεκινήσει η μεταφορά λειαντικών μέσων μεταξύ της καμπίνας και δοχείου.</p>
--	---

### 7. Βούρτσα και μονάδα εκτόξευσης



Η μονάδα βούρτσας και εκτόξευσης καθαρίζει το λειαντικό υλικό μετά την αμμοβολή. Το ύψος της βούρτσας προσαρμόζεται αυτόματα χρησιμοποιώντας μια ελαφριά κουρτίνα τροφοδοσίας που μετρά το ύψος του υλικού.

### 8. Ανελκυστήρας



Ο ανελκυστήρας μεταφέρει το χρησιμοποιημένο λειαντικό υλικό στο σύστημα διαχωρισμού. Για εύκολη αντικατάσταση εξαρτημάτων του ανελκυστήρα το μηχάνημα έχει ένα κουμπί δίπλα στο ασανσέρ για να περιστρέψει τον ιμάντα χειροκίνητα.

### 9. Στρόβιλοι ελεγχόμενης συχνότητας και λειαντικού μέσου



Για να αμμοβολήσετε πλάκες πάχους έως 4 mm (5/32 ") οι ακόλουθες προσαρμογές πρέπει να γίνουν στα μηχανήματα: Η βαλβίδα του λειαντικού πρέπει να ελέγχεται για να περιορίσει τη ροή του και οι στρόβιλοι είναι εξοπλισμένοι με ελεγκτές συχνότητας της ροής για να χαμηλώσουν το ταχύτητα των στροβίλων. Πρέπει να προστεθούν πρόσθετα ράουλα για να αποτρέψτε την κάμψη της λεπτής πλάκας μέσα στο μηχάνημα.

### 10. Κοιλίας κίνησης



Ένας διπλός κοχλιοφόρος μεταφορέας φέρνει όλο το χρησιμοποιημένο λειαντικό στον ανελκυστήρα για καθαρισμό και επαναχρησιμοποίηση. Το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί έως και τρεις φορές.

## Αρχή λειτουργίας

Αρχικά ανοίγουμε από το πίνακα ελέγχου το μηχάνημα αμμοβολής και τσεκάρουμε τους οδηγούς τροφοδοσίας και κύλινδρους μεταφοράς ότι είναι ενεργά. Τοποθετούμε το αποξεστικό μέσο στο μόνιμο ντουλάπι με περίβλημα τριπλής στρώσης, ο χρήστης ενεργοποιεί τον διπλό κοχλία κίνησης ο οποίος μεταφέρει το λειαντικό στον ανελκυστήρα. Ο ανελκυστήρας μεταφέρει το λειαντικό στο σύστημα διαχωρισμού με τη σειρά του ο διαχωριστής χρησιμοποιώντας μια πλάκα καταρράκτη σε συνδυασμό με ροή αέρα από το φίλτρο της μονάδας αυτό το σύστημα συλλέγει καλό λειαντικό που στέλνει πίσω στο λειαντικό δοχείο.

Έπειτα, Οι οδηγοί τροφοδοσίας σηκώνουν το εκάστοτε υλικό και το μεταφέρουν στη γραμμή παραγωγής με ασφάλεια ανάλογα το βάρος του προσαρμόζεται από το χειριστή και η ταχύτητα ή αυτόματα από το VACAM. Έπειτα το αναλαμβάνουν οι κυλιόμενοι μεταφορείς(ράουλα) για την υπόλοιπη διαδικασία καθώς και τη ταχύτητα την ορίζει το VACAM ή ο χειριστής ανάλογα τι θέλει να πετύχει και το υλικό που επεξεργάζεται.

Το υλικό περνάει από ελαφριές κουρτίνες ανιχνεύει την μπροστινή και πίσω πλευρά του/ων προϊόντος/ων καθώς και το ύψος του. Έτσι προσαρμόζεται ανάλογα με το ύψος που λαμβάνει από τον αισθητήρα της ελαφριάς κουρτίνας ώστε η μονάδα βούρτσας να καθαρίζει το λειαντικό μέσο μετά την αμμοβολή πάνω από την επιφάνεια του/ων προϊόντος/ων. Επομένως, το μηχάνημα ανοίγει τη βαλβίδα για το λειαντικό μέσο και ξεκινάει η αμμοβολή του/ων προϊόντος/ων.

Τέλος η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν παραλαμβάνουν και σηκώνουν το υλικό οι οδηγοί εξόδου ώστε να το τοποθετήσουν τα ανυψωτικά μηχανήματα ή οι γερανογέφυρες σε αποθηκευτικό χώρο ή σε χώρους περαιτέρω επεξεργασίας (άλλα μηχανήματα ή για συγκόλληση).

## Αποξεστικό μέσο

### Γενικά



Σχ.5.4 Αποξεστικό μέσο μηχανήματος(steel shot s390)

Αυτό το αποξεστικό είναι διαθέσιμο σε ποικιλία διαφορετικών μεγεθών, αλλά είναι πάντα σχεδιασμένο σε στρογγυλό σχήμα σφαίρας(steel shot). Πρόκειται για έναν σκληρό τύπο λειαντικού με κλίμακα mohs περίπου 8,0 που είναι παρόμοιο με τη σκληρότητα του λειαντικού σε αμβλύ σχήμα(steel grit).

Αυτός ο τύπος υλικού χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα διαδικασιών όπου η κύρια χρήση για την εφαρμογή της αναφέρεται ως αμμοβολή. Η αμμοβολή με το πέταγμα ενισχύει την επιφάνεια του προϊόντος που εκτοξεύεται με επανειλημμένες κρούσεις της επιφάνειας με χάλυβα. Αυτά τα επαναλαμβανόμενα χτυπήματα κάνουν το μέταλλο να συμπιέζει την επιφάνεια που αυξάνει τη δύναμή του.

Μερικές από τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές για αυτό το φαινόμενο, γνωστές ως σφυρηλάτηση είναι η κατασκευή ανταλλακτικών, ελατηρίων, πτερυγίων στροβίλου και έκκεντρου άξονα.

Εκτός από την αμμοβολή, οι άλλοι τομείς εφαρμογής που περιλαμβάνουν τη χρήση τέτοιων βολών απαιτούν μέγιστα επίπεδα μεταφοράς ενέργειας για να δημιουργήσουν αποτελεσματικά ένα εξαιρετικό προφίλ επιφάνειας σε μεταλλικά υλικά. Αυτό περιλαμβάνει εξίσου εφαρμογές όπως επιφάνεια σκυροδέματος, αφαίρεση συσσωρευμένου καουτσούκ και αφαίρεση κόλλας.

Όπως και το steel grit, αυτό το υλικό προσφέρει πολλές χρήσεις πριν από την ανάγκη αντικατάστασης, επιτρέποντας κυρίως περίπου 150 έως 200 κύκλους, ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιεί κάποιος στις τεχνικές αμμοβολής και υποθέτοντας ότι ο επαγγελματίας χρησιμοποιεί τον ιδανικό εξοπλισμό ανάκτησης λειαντικών υλικών.

Το μέγεθος των βολών από χάλυβα έρχονται σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών που κυμαίνονται μεταξύ S70 – S780. Σε αντίθεση με τα grits, εδώ όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός της βολής, τόσο μεγαλύτερος θα είναι το μέγεθος του χάλυβα, που σημαίνει ότι μια βολή μεγέθους S780 θα είναι μεγαλύτερη από το S70. Η μεγαλύτερη βολή χρησιμοποιείται για την αφαίρεση παχύτερων επικαλύψεων και για βαρύτερο πιο παχύ χάλυβα.

Συμπερασματικά, ενώ επιλέγετε ένα λειαντικό μέσο, είναι εξαιρετικά σημαντικό να κατανοήσετε το προϊόν που σκοπεύετε να χτυπήσετε και το τελικό αποτέλεσμα που θέλετε να επιτύχετε μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αμμοβολής. Με βάση αυτούς τους παράγοντες, αποφασίζεται η επιλογή του λειαντικού μέσου καθώς και του εξοπλισμού αμμοβολής για μια μεγάλη εκτέλεση του έργου.

## **Χαρακτηριστικά-Πλεονεκτήματα**

### Οφέλη

A)Ακραία ανθεκτικότητα

B)Πολύ υψηλή δυνατότητα ανακύκλωσης

Γ)Σφαιρικό σχήμα

Δ)Μαγνητικό

E)Χρησιμοποιείται τόσο σε αμμοβολές τροχού όσο και σε πνευματικές αμμοβολές (αέρα)

Z)Διαθέσιμο σε πολλαπλές σκληρότητες

H)Πολύ χαμηλή σκόνη

### Πλεονεκτήματα

1)Το συγκεκριμένο λειαντικό μέσο steel shot προσφέρει ένα εξαιρετικό αποτέλεσμα στο μεταλλικό φινίρισμα της επιφάνειας.

2)Εξαιρετικά υψηλή αντοχή

3)Οικονομικά αποδοτικό & δυνατότητα ανακύκλωσης

4)Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε συστήματα αμμοβολής τροχών όσο και σε αμμοβολή ισχύς αέρα

5)Αφαιρεί την επιφανειακή μόλυνση και παρέχει μια πεντακάθαρη επιφάνεια για περαιτέρω επεξεργασία του μετάλλου ή συγκόλληση

### Φυσικά χαρακτηριστικά steel shot 390

Ειδικό βάρος	7,2-7,5 g/cm <sup>3</sup>
Μέση μαζική πυκνότητα	5,9 g/cm <sup>3</sup>
Σκληρότητα	40-60 HRC
Κρυσταλλικό σχήμα	Μαρτενσίτη
Ανθεκτικότητα χάλυβα	Υψηλή
Δυνατότητα ελεύθερης ροής	97 % το λιγότερο

### Χαρακτηριστικά μεγέθη steel shot

S-70	0,20 mm
S-110	0,30 mm
S-170	0,42 mm
S-230	0,60 mm
S-280	0,71 mm
S-330	0,84 mm
S-390	1,20 mm
S-460	1,29 mm
S-550	1,41 mm
S-660	1,68 mm
S-780	2,00 mm



### Χημικά χαρακτηριστικά

Ανθρακας	0,85-1,20 %
Μαγγάνιο	0,60-1,20 %
Σίλιο	0,40 % μέγιστο
Θείο	0,05 % μέγιστο
Φωσφόρος	0,05 % μέγιστο

<b>Χαρακτηριστικά υλικού χρήσης steel shot s390</b>					
Όνομα	C	Si	Mn	S	P
% Σύσταση	0.85-1.20%	0.40-1.20%	0.60-1.20%	<0.05%	<0.05%
Σκληρότητα	40 ~ 52HRC				
Όριο αστοχίας	390 MPa				
Πυκνότητα	7.2 g/cm <sup>3</sup>				
Μαζική πυκνότητα	4.4 g/cm <sup>3</sup>				
Μέγεθος	1.2 mm				
Κύκλοι φόρτισης στον VSB2500	1~3 φορές				
Μικροδομή	Ομοιογενής μετριασμένος μαρτενσίτης				

Χρώμα	Σκούρο μαύρο
Σχήμα	Σφαιρικό

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά αποξεστικού υλικού [8]

### Αποτέλεσμα αμμοβολής στα δοκίμια

#### Πρίν



Σχ.5.5 Όψη δοκιμίων πριν την αμμοβολή

**Μετά**



**Σχ.5.6 Όψη δοκιμίων μετά την αμβολή**

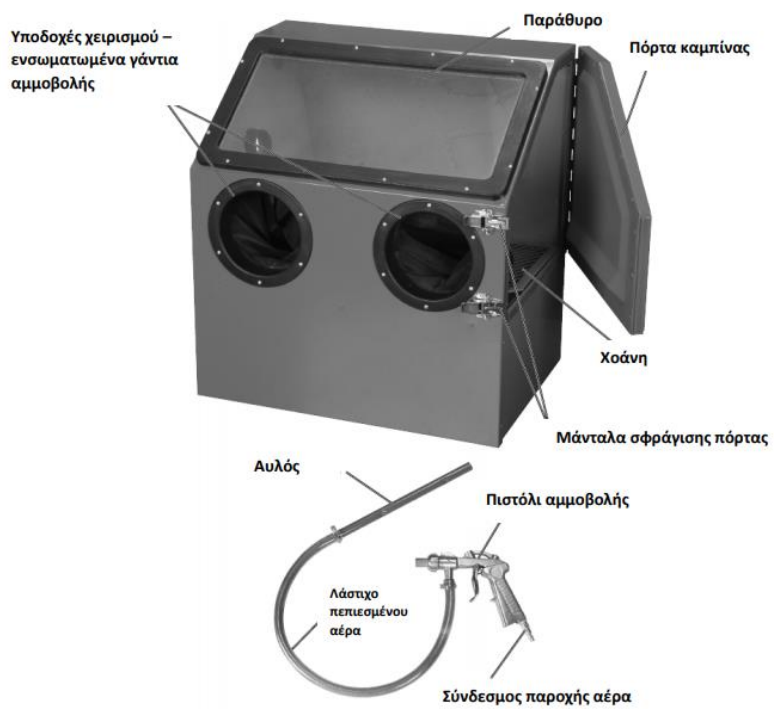
## **Μηχανή αμμοβολής BORMANN BWR5115**

### **Γενικά**

Η BORMANN BWR5115 είναι μια χειροκίνητη συσκευή αμμοβολής τύπου καμπίνας η οποία ενδείκνυται για αμμοβολή μικροαντικειμένων. Λόγω των λειαντικών μέσων που χρησιμοποιεί (πυριτική άμμος, υαλοσφαιρίδια) τη καθιστά κατάλληλη για τον καθαρισμό από βαφές, σκουριές και ρύπους.[9]

### **Βασικά μέρη**

- 1) Καμπίνα εργασίας
- 2) Πιστόλι αμμοβολής
- 3) Υποδοχές χειρισμού
- 4) Αεροσυμπιεστής
- 5) Δοχείο λειαντικού μέσου



Σχ.5.7 Καμπίνα αμμοβολής [9]



Σχ.5.8 Πιστόλη αμμοβολής [9]

<b>Τεχνικά χαρακτηριστικά</b>	
Μέγεθος ακροφυσίου:	4/5/6/7MM
Παροχή αέρα αεροσυμπιεστή:	40-120PSI@15-25CFM
Συνολικές διαστάσεις:	76*50*72CM
Χώρος εργασίας:	27"*18"*16.5"
Τύπος σωλήνα:	Φ6*710MM
Τύπος σωλήνα αμμοβολής:	Φ13*680MM



Σχ.5.9 Αεροσυμπιεστής [9]

## Τεχνικά χαρακτηριστικά αεροσυμπιεστή

Τάση	230V / 50Hz
Ισχύς	2.0Hp
Αεροφυλάκιο	50Lt
Παροχή	250 L/min
Πίεση;	8bar
Βάρος	40Kg

## Αρχή λειτουργίας

Όπως περιγράψαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο η συγκεκριμένη αμμοβολή προωθεί το λειαντικό μέσο με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα εκτοξεύοντας το υλικό στην εκάστοτε επιφάνεια μέσω ακροφυσίου.



Σχ.5.10 Εσωτερικό καμπίνας αμμοβολής [9]

Το αντικείμενο εισέρχεται στη καμπίνα αμμοβολής η οποία σφραγίζει μέσω των μάνταλων σφράγισης ώστε να μην υπάρχει διαρροή υλικού. Ο χειριστής έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο μόνο μέσω των ενσωματωμένων γαντιών. Το ένα χέρι χειρίζεται το πιστόλι της αμμοβολής και το άλλο κρατάει το αντικείμενο σε κατάλληλη απόσταση.

Η ταχύτητα και η ποσότητα του λειαντικού μέσου καθορίζεται από την πίεση του αέρα προώθησης την οποία εναλλάσσουμε ανάλογα με το αποτέλεσμα που θέλουμε να προσδώσουμε στην επιφάνεια.

### **Αποξεστικό μέσο**



**Σχ.5.11 Πυριτική άμμος**

Η πυριτική άμμος υπάγεται στα μη ανακυκλώσιμα υλικά, είναι αρκετά επιθετική και είναι σχετικά οικονομική στην αγορά.

Διατίθεται σε διάφορες κοκκομετρίες ακόμα και σε πολύ ψηλές 100 έως 400μm. Λόγω της υψηλής καθαρότητας σε οξείδιο του πυριτίου  $\text{SiO}_2$  98,5 – 99,8% είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στον καθαρισμό επιφανειών. Για την χρήση με αμμοβολή ανοικτού κυκλώματος είναι απαραίτητη η χρήση μέσων προστασίας.



### Χαρακτηριστικά υλικού χρήσης

- D50: ~250  $\mu\text{m}$
- AFS: 50-58
- Πυκνότητα: 2,65  $\text{kg}/\text{dm}^3$
- Φαινομενική πυκνότητα: 1,50  $\text{kg}/\text{dm}^3$
- Σκληρότητα: 7 Mohs
- pH: 7-8

### Αποτέλεσμα αμμοβολής στο δοκίμιο

Πρίν



Σχ.5.12 Όψη δοκίμιου πριν την αμμοβολή

**Μετά**



**Σχ.5.13 Όψη δοκιμίου μετά την αμβολή**

## 5.2 Μηχανή μέτρησης σκληρότητας STRUERS DURAMIN 500



Σχ.5.14 Μηχανή σκληρομέτρησης

### Γενικά

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα είναι αποδεδειγμένη η τεράστια σπουδαιότητα για την βιομηχανία μετάλλου και πλαστικού της μέτρησης της σκληρότητας ενός μεταλλικού ή πλαστικού δοκιμίου.

Η σκληρομέτρηση δίνει αξιόπιστα συμπεράσματα σχετικά με τον έλεγχο των εισερχομένων, των πρώτων υλών, των ενδιάμεσων όπως και των τελικών προϊόντων και έτσι συμβάλει ουσιαστικά στον ολοκληρωμένο Ποιοτικό Έλεγχο και την Διασφάλιση Ποιότητας μιας επιχείρησης.

### Μέρη μηχανής

Ο ελεγκτής σκληρότητας DURAMIN 500 αποτελείται ουσιαστικά από τη στήλη μηχανών ή στήριγμα, το κάθετο διευθετήσιμο αμόνι δοκιμής, την βάση στήριξης και το σύστημα ελέγχου καθώς επίσης και με δυνατότητα οπτικής μέτρησης, ανάλογα με την έκδοση που αγοράζεται.

### **A.Στήλη μηχανής**

Η στήλη μηχανής κατασκευάζεται από γκρίζο χυτοσιδήρο. Ενσωματωμένα στη στήλη μηχανής είναι όλα τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα καθώς επίσης και όλες οι συσκευές κίνησης.

### **B.Βάση στηρίγματος**

Η βάση χαρακτηρίζεται από βιοτεχνολογικές αρχές σχεδιασμού, και παρέχονται τα συρτάρια με κλειδαριά για την τοποθέτηση εξαρτημάτων, καθώς επίσης και για τη χρήση τους ως αποθηκευτικοί χώροι.

### **Γ.Αμόνι δοκιμής**

Το αμόνι δοκιμής καλύπτει μια διάμετρο  $d = 90$  χιλ. και προσαρμόζει τα κομμάτια εργασίας που έχουν ένα βάρος μέχρι 50 κιλά το μέγιστο. Η κάθετη ρύθμιση πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός άξονα τραπεζοειδούς σπειρώματος που χρησιμοποιείται από κοινού με επιχρωμιωμένου χειροτροχού. Ο άξονας προστατεύεται με τη βοήθεια ενός καλύμματος.

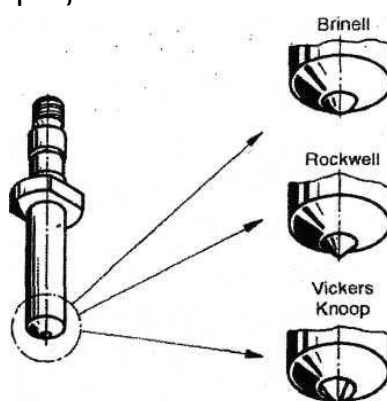
### **Δ.Οπτικά**

Τα οπτικά εκτελούν μια οπτική ανάλυση της εξέτασης σκληρότητας του αποτυπώματος στο όργανο ελέγχου. Τα οπτικά είναι βαθμολογημένα στο εργοστάσιο. 6 εναλλάξιμοι φακοί είναι διαθέσιμοι (βλ. κατωτέρω σε αυτό το κεφάλαιο). Μετά από τον κύκλο μέτρησης, τα οπτικά γυρίζουν αυτόματα μέσα. Μια αυτόματα εστιασμένη εικόνα του αποτυπώματος αντικειμένου δοκιμής εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση εκτελείται αυτόματα και μπορεί επίσης να εκτελεσθεί με το χέρι κατόπιν.

## Λειτουργία μηχανής

Η λειτουργία και ο προγραμματισμός της συσκευής ελέγχεται με ένα μαλακό αριθμητικό πληκτρολόγιο με τρία κύρια βασικά μπλοκ πλήκτρων και μια οθόνη TFT με δυνατότητα γραφικών (8,4" LCD μόνιτορ). Το λογισμικό είναι ελεγχόμενο από μενού επιλογής και προσφέρει πολυάριθμες επιλογές για μεθόδους δοκιμών και μετατροπές καθώς επίσης και στατιστική ανάλυση.

Αρχικά, επιλέγουμε τον κατάλληλο διεισδητή κατά Rockwell όπου και θα μετρήσουμε τα δοκίμια μας.



Σχ.5.15 Διεισδητής [10]

### Τοποθετώντας το διεισδητή

Βάζουμε το διεισδητή(2) στην υποδοχή (1) χρησιμοποιώντας το κλειδί(3). Σφίγγουμε με το παρεχόμενο κλειδί εξαγωνικής κεφαλής υποδοχών SW 2,5 (4).



Σχ.5.16 Τοποθέτηση διεισδητή[10]

### Έλεγχος τυποποιημένης μέτρησης κατά Rockwell B και κατά ASTM E-18-15(ISO)

Τοποθετούμε το πρότυπο πλακίδιο κατά Rockwell B αφού τα δοκίμια στα οποία θα πραγματοποιήσουμε έλεγχο σκληρότητας είναι

αντίστοιχης κλίμακας (αυτό διαπιστώθηκε από το υλικό τους) ώστε να πάρουμε πρότυπη μέτρηση για την ορθή λειτουργία της μηχανής.

Αυτή η μέτρηση έχει αποτέλεσμα **70 HRB** και είναι αυτή που αναγράφεται για το πρότυπο πλακίδιο.

#### Προετοιμασία επιφανειών για την λήψη μετρήσεων

Αρχικά κόβουμε λεπτή φέτα από το δοκίμιο το οποίο δεν έχει υποστεί αμμοβολή.

Έπειτα βάζουμε τη φέτα σε μηχανή θερμού εγκιβωτισμού δοκιμίων STRUERS CITOPRESS-10 με κατάλληλη εποξειδική ρητίνη(από φαινολικό και άνθρακα) για εγκιβωτισμό στους 180°C και διάρκεια 4 λεπτά.

Ύστερα λειαίνουμε την επιφάνεια σε τριβεία ώστε να εισχωρήσει ο διεισδητής σε κατάλληλη επιφάνεια για να πάρουμε σωστές μετρήσεις.



**Σχ.5.17 Εγκυβοτισμένο δοκίμιο**

Τέλος τοποθετούμε το εγκιβωτισμένο πια δοκίμιο στο αμόνι της μηχανής και το σφίγγουμε ώστε να ξεκινήσουμε την λήψη μετρήσεων.



**Σχ.5.18 Σκληρομέτρηση**

Ομοίως, επαναλαμβάνουμε πολλές μετρήσεις τόσο για το ίδιο όσο και για τα άλλα δύο δοκίμια(ίδιου υλικού μαλακού χάλυβα) τα οποία έχουν αμμοβολιστεί με διαφορετικού κλειστού τύπου μηχανές.[10]

## 6.ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

### 6.1 Μείωση της φθοράς λόγω αμμοβολής

Ένα από τα πλεονεκτήματα της αμμοβολής σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες που προσδίδει στα υλικά είναι η μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά. Φθορά είναι η διάβρωση ενός υλικού ή η πλευρική παραμόρφωσή του από την αρχική του θέση λόγω δράσης μίας άλλης επιφάνειας ή υλικού. Η φθορά συσχετίζεται με την αλληλεπίδραση μεταξύ επιφανειών και πιο συγκεκριμένα με την αφαίρεση υλικού ή την παραμόρφωσή του λόγω μηχανικής δράσης μίας αντικείμενης επιφάνειας. Στην περίπτωση της αμμοβολής η φθορά δημιουργείται από το αποξεστικό υλικό που χρησιμοποιείται για να κάνει πιο τραχιά την επιφάνεια έτσι προσδίδει μεγαλύτερη σκληρότητα στην επιφάνεια του υλικού. Η φθορά λόγω κρούσης είναι στην πραγματικότητα μία σύντομη σχετική κίνηση δύο στερεών επιφανειών οι οποίες αλληλεπιδρούν σε σημαντικά μικρό χρόνο.

Η μελέτη των μηχανισμών φθοράς είναι μέρος της επιστήμης της τριβολογίας. Οι πιο συνηθισμένες διεργασίες φθοράς είναι οι ακόλουθες:

1. Φθορά πρόσφυσης
2. Φθορά εκτριβής
3. Φθορά λόγω επιφανειακής κόπωσης / παλινδρόμησης
4. Φθορά λόγω μηχανικής διάβρωσης
5. Φθορά λόγω χημικής διάβρωσης



Ο τύπος φθοράς που αντιστοιχεί στην κατεργασία της αμμοβολής είναι η φθορά λόγω μηχανικής διάβρωσης. Η μηχανική διάβρωση λόγω στερεών σωματιδίων είναι μια τυπική διαδικασία φθοράς, όπου η απώλεια του υλικού προκύπτει από την επαναλαμβανόμενη επίδραση μικρών, στερεών σωματιδίων τα οποία προσπίπτουν πάνω σε μία στερεή επιφάνεια.

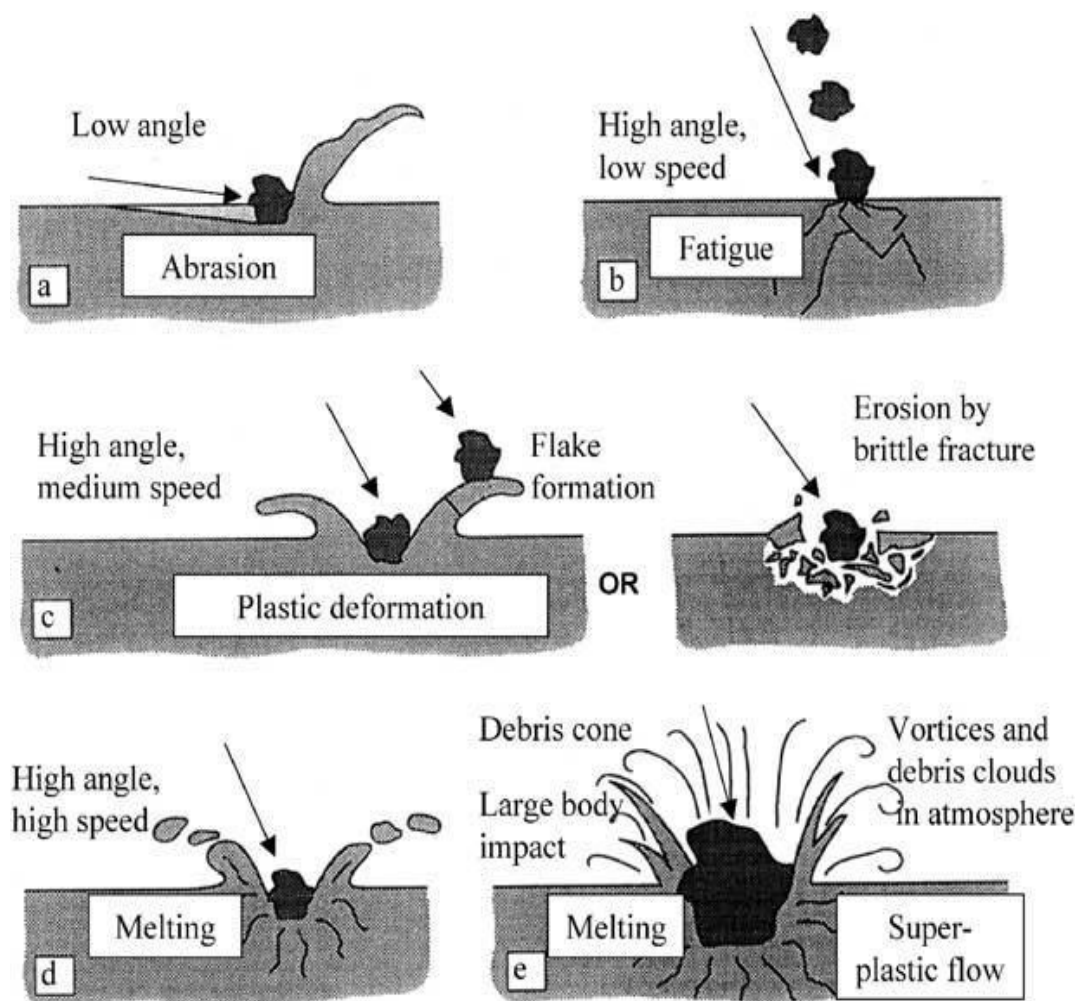
Αυτού του τύπου η φθορά, πρέπει να αναμένεται όταν σκληρά σωματίδια παρασύρονται σε ένα αέριο ή υγρό μέσο και προσκρούουν σε ένα στερεό σώμα με κάποια σημαντική ταχύτητα και θερμοκρασία ανάλογα το τύπο της αμμοβολής.

Η κύρια διεργασία είναι η μηχανική κρούση, που προκαλείται από την πρόσκρουση των στερεών σωματιδίων στο υλικό στόχο, δευτερεύουσες διαδικασίες, όπως θερμικές, χημικές και φυσικές αντιδράσεις μεταξύ των ομολόγων λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια διάβρωσης.

Οι διάφοροι μηχανισμοί της διάβρωσης κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την ψαθυρή και την όλκιμη συμπεριφορά του υλικού, και εξαρτώνται από το ρυθμό διάβρωσης σε σχέση με τη γωνία κρούσης των σωματιδίων. Η γωνία πρόσκρουσης συνήθως ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της τροχιάς των σωματιδίων και της επιφάνειας του δείγματος. Εάν ο μέγιστος ρυθμός διάβρωσης εμφανίζεται σε χαμηλές γωνίες κρούσης, τυπικά στην περιοχή  $15^{\circ}$ - $30^{\circ}$ , η απόκριση του υπό δοκιμή υλικού θεωρείται όλκιμη.

Σε αντίθεση, εάν ο ρυθμός διάβρωσης συνεχώς αυξάνει με αυξανόμενη γωνία κρούσης και επιτυγχάνει ένα μέγιστο στις  $90^{\circ}$  (κάθετη κρούση), η απόκριση του υλικού θεωρείται ψαθυρή. Επιπλέον, κάτω από ιδανικές συνθήκες ψαθυρής απόκρισης, το μέγεθος του ρυθμού φθοράς προσδιορίζεται μόνο από την κανονική συνιστώσα της ταχύτητας κρούσης, καθώς και από το μέγεθος του σωματιδίου που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια επηρεάζοντας έντονα το ρυθμό διάβρωσης.

Η ψαθυρή διάβρωση ασχολείται περισσότερο με τον τρόπο με τον οποίο αφαιρείται υλικό λόγω σχηματισμού ρωγμών, ενώ η όλκιμη διάβρωση με την αφαίρεση υλικού λόγω εγκοπών.[11-14]



Σχ.6.1 Τύποι διάβρωσης [5]

## 6.2 Σκληρότητα επιφάνειας

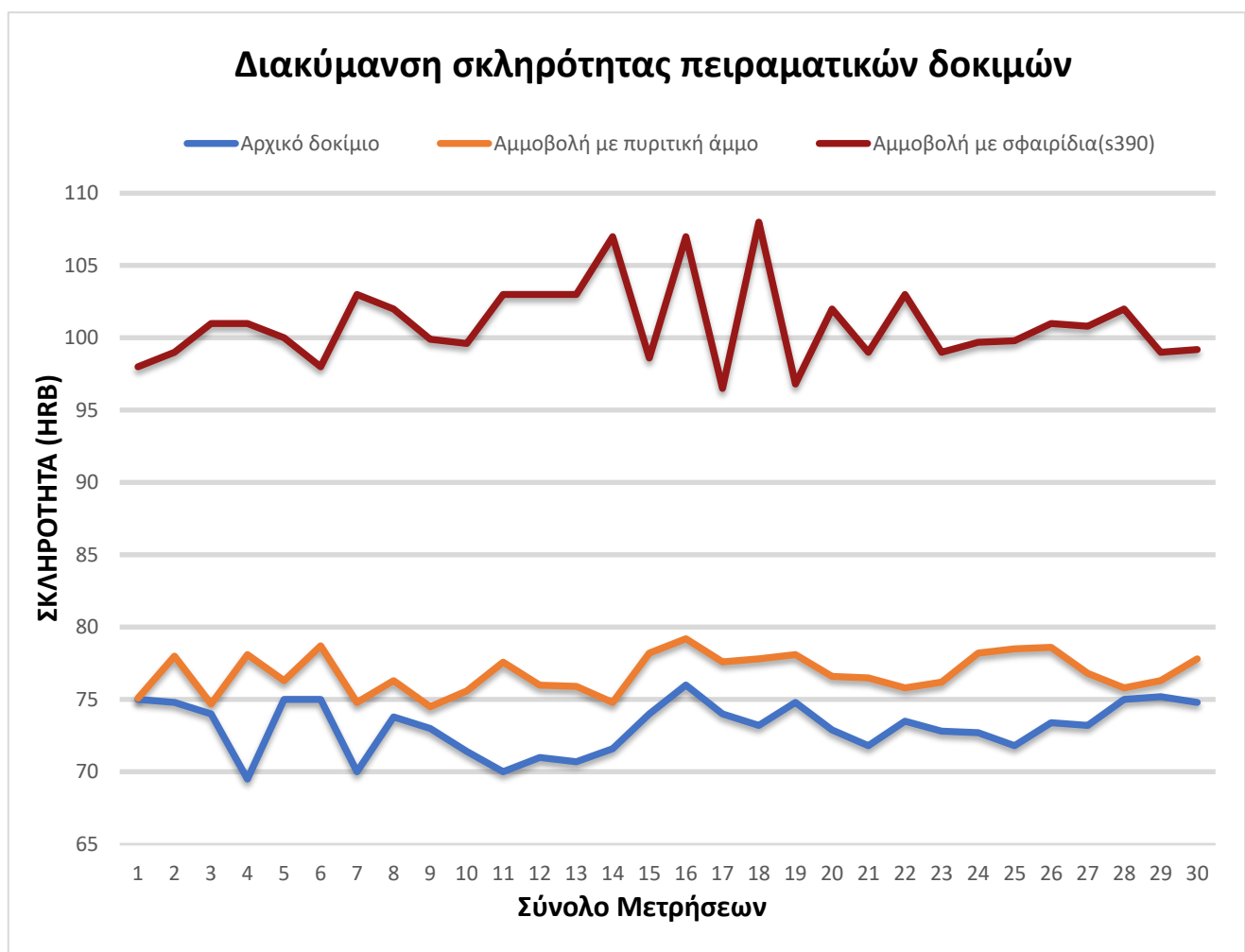
Τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν μετά από μέτρηση σκληρότητας των εκάστοτε δοκιμίων κατά Rockwell B με την βοήθεια της μηχανής Duramin 500 την οποία παρουσιάσαμε προηγουμένως.

Αρχικό δοκίμιο	Αμμοβολή με πυρίτική άμμο	Αμμοβολή με σφαιρίδια(St39)
77	75,1	98
79	78	99
74	74,7	101
69,5	78,1	101
75	76,3	100
75	78,7	98
70	74,8	103
73,8	76,3	102
73	74,5	99,9
71,4	75,6	99,6
70	77,5	103
71	76	103
70,7	75,9	103
71,6	74,8	107
74	78,2	98,6
76	79,2	107
74	77,6	96,5
73,2	77,8	108
74,8	78,1	96,8
72,9	76,6	102
71,8	76,5	99
73,5	75,8	103
72,8	76,2	99
72,7	78,2	99,7
71,8	78,5	99,8
73,4	78,6	101
73,2	76,8	100,8
75	75,8	102
75,2	76,3	99
74,8	77,8	99,2

Ύστερα από τις παραπάνω μετρήσεις συμπεραίνουμε πως η επίδραση της αμμοβολής όσον αφορά την σκληρότητα είναι ξεκάθαρη και στις δύο περιπτώσεις.

Στην περίπτωση της πυριτικής άμμου έχουμε μία αύξηση σκληρότητας 5,04 % και αρκετά μεγαλύτερη (31,44 %) στα μεταλλικά σφαιρίδια. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην θερμομηχανική επεξεργασία που δέχεται η επιφάνεια κατά την κρούση του αποξεστικού υλικού.

Αρχικό δοκίμιο	Αμμοβολή με πυριτική άμμο	Αμμοβολή με σφαιρίδια(St39)
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
73,34	76,81	100,96
Αύξηση σκληρότητας	4,74%	31,44%



Διάγραμμα 6.1 Διακύμανση σκληρότητας

## 7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην πτυχιακή εργασία μελετήθηκε το φαινόμενο της αμμοβολής όσον αφορά την κατεργασία, τον εξοπλισμό, και το αποτέλεσμα. Η αμμοβολή είναι μία κατεργασία καθαρισμού που επιτυγχάνεται μέσω ενός αποξεστικού υλικού το οποίο προωθείται με πίεση στην εκάστοτε επιφάνεια.

Τα πεδία εφαρμογών της αμμοβολής ποικίλουν ανάλογα τον σκοπό. Είναι εξαιρετικά αποτελεσματική στον καθαρισμό επιφανειών από σκουριές, παλιά χρώματα και ρύπους καθώς με τη χρήση του κατάλληλου αποξεστικού μέσου μπορεί να καθαρίσει οποιοδήποτε κατάλοιπο. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται αρκετά σε εφαρμογές ναυπηγίων. Εκτός από την δυνατότητα καθαρισμού, η αμμοβολή προσδίδει στις μεταλλικές επιφάνειες την βέλτιστη επιφάνεια για συγκολλήσεις και βαφές. Χάρη στην πορώδη καθαρή επιφάνεια που δημιουργεί, δίνει εξαιρετική πρόσφρηση σε όλων των ειδών τις συγκολλήσεις και χρώματα.

Τα είδη της αμμοβολής διαχωρίζονται ανάλογα με τον εξοπλισμό και πιο συγκεκριμένα τον τρόπο προώθησης και το λειαντικό μέσο. Τα δύο βασικότερα μέσα προώθησης υλικού είναι ο αέρας και το νερό. Πιο συχνά συναντάμε προώθηση με αέρα διότι υπάρχει δυνατότητα χρήσης περισσοτέρων λειαντικών μέσων για κάθε είδους εφαρμογή. Σχετικά με τον εξοπλισμό οι μηχανές αμμοβολής χωρίζονται σε κλειστού και ανοικτού τύπου. Οι κατεργασίες κατά τις οποίες η επιφάνεια εισέρχεται σε ένα κλειστό δωμάτιο ή καμπίνα και το υλικό εκτοξεύεται μόνο σε εκείνο το χώρο είναι κλειστού τύπου. Αντίθετα οι ανοικτού τύπου αμμοβολές μπορούν να εκτελεστούν οπουδήποτε σε ανοικτό χώρο με φορητό εξοπλισμό.

Στον τομέα του εξοπλισμού αμμοβολής συναντάμε πολλές κατηγορίες μηχανών που διαφέρουν ανάλογα με τον τρόπο χρήσης και την εφαρμογή. Πιο σύνηθες είναι οι χειροκίνητες αμμοβολές , κλειστού και ανοικτού τύπου, των οποίων ο εξοπλισμός είναι σχετικά οικονομικός και ευκολότερος στη χρήση και για αυτό τις συναντάμε σε μεγάλο εύρος εφαρμογών. Τα βασικά μέρη σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις είναι ο

αεροσυμπιεστής, το δοχείο αποξεστικού υλικού και το ακροφύσιο αμμοβολής.

Οι μηχανές αμμοβολής που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερες βιομηχανικές εφαρμογές διαφέρουν σημαντικά από τις προηγούμενες. Πρόκειται για μηχανές αριθμητικού ελέγχου, συνήθως κλειστού τύπου. Είναι κατάλληλες για αμμοβολή δομικών μερών, πλακών κάθε είδους δοκών ακόμα και μεταλλικών κατασκευών. Τα αντικείμενα οδηγούνται αυτόματα στο χώρο αμμοβολής και το αποξεστικό υλικό εκτοξεύεται σε όλο τον χώρο χωρίς ο χειριστής να έρχεται σε επαφή. Το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό και απαιτείται χρήση μόνο από εκπαιδευμένο χειριστή.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν και οι επιπτώσεις τις αμμοβολής στην προσβεβλημένη επιφάνεια. Συγκεκριμένα έγινε τεχνολογική διερεύνηση στα φαινόμενα που λαμβάνουν μέρος στην επιφάνεια εκτός από το οπτικό αποτέλεσμα.

Όπως προαναφέραμε η φθορά είναι η διάβρωση ενός υλικού ή η πλευρική παραμόρφωσή του από την αρχική του θέση λόγω δράσης μίας άλλης επιφάνειας ή υλικού. Κατά την αμμοβολή ο τύπος φθοράς που εμφανίζεται είναι αυτή της μηχανικής διάβρωσης που οφείλεται στη πρόσκρουση των σωματιδίων (αποξεστικού μέσου) στην στερεή επιφάνεια. Η διάβρωση μπορεί να έχει είτε όλκιμη είτε ψαθυρή συμπεριφορά ανάλογα με την γωνία πρόσκρουσης των σωματιδίων με την επιφάνεια.

Τέλος στην πτυχιακή έλαβε μέρος η πειραματική διαδικασία με σκοπό τη μελέτη της σκληρότητας που προκύπτει κατά την αμμοβολή. Συγκεκριμένα έγινε αμμοβολή σε ένα μεταλλικό δοκίμιο μαλακού χάλυβα με χρήση δύο διαφορετικών μηχανών αμμοβολής. Ύστερα έγινε λήψη μετρήσεων σκληρότητας με την βοήθεια εργαστηριακού εξοπλισμού τόσο του πρωτότυπου όσο και των αμμοβολισμένων δοκιμίων.

Από τα αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε πως η αμμοβολή με σφαιρίδια (s390) επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό την επιφάνεια, συγκριτικά με την πυριτική άμμο, λόγο της μεγαλύτερης σκληρότητας

του αποξεστικού υλικού και της δύναμης πρόσκρουσης του με το δοκίμιο.

Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι η αμμοβολή με μεταλλικές μπίλιες (steel shot) εκτός από τον καθαρισμό της επιφάνειας προσδίδει και σημαντική βελτίωση στην αντοχή του υλικού λόγω μεγάλης αύξησης σκληρότητας. Από την άλλη μεριά η αμμοβολή με πυριτική άμμο ενδείκνυται περισσότερο για την προετοιμασία επιφάνειας προς βαφή ή συγκόλληση δίνοντας πιο ομαλό αποτέλεσμα και λιγότερο πορώδες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Α.ΜΑΝΙΔΗΣ,Γ.ΧΑΤΖΗΚΩΣΤΑΝΤΑΝΤΗΣ,Ζ.ΤΣΑΡΑΚΛΗΣ,Ν.ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ  
Προδιαγραφές ασφάλειας για αμμοβολές – υδροβολές, ΤΕΕ,  
Ομάδα Εργασίας, (2009), 53-71, 76-84.
2. Α.ΔΑΣΚΑΛΑΚΗΣ,  
Εσωτερική μελέτη των Ναυπηγείων Ελευσίνας, (1990).
3. <https://www.qdbhmachinery.com/products/>
4. D. J. HANSIK,  
An Introduction to Abrasives for Protective Coating Removal  
Operations, Journal of Protective Coatings & Linings, (2000).
5. W.HITZORT,  
Surface Preparation of Steel - Research to Production». Eighteenth  
Annual Marine Coatings Conference, (1978).
6. Δ.ΚΑΛΙΑΜΠΑΚΟΣ,  
Δυνατότητες εφαρμογής ενός νέου μη μεταλλικού αποξεστικού  
υλικού σε επιφανειακές κατεργασίες της αεροπορικής  
βιομηχανίας. Ημερίδα Τ.Ε.Ε., (1995).
7. <https://www.voortman.net/en/products/vsb-range-automatic-shot-blasting-machine>
8. [https://www.saykar.net/eng/steel\\_shot\\_grit](https://www.saykar.net/eng/steel_shot_grit)
9. <https://www.bormanntools.com/portfolio-items/bwr5115/>
10. STUERS,  
Duramin 500 Εγχειρίδιο No. 15837001, 8 (2006).



- 11.** A.Y. WANG, J.L. MO, X.C WANG, M.H ZHU, Z.R. ZHOU  
Effect of surface roughness on friction-induced noise: Exploring the generation of squeal at sliding friction interface, *Wear*, 402-403 (2018), 80-90.
  
- 12.** R. PENG, L. FU, L. ZHOU  
Improved wear resistance by phase transformation of surface nanocrystalline 1090 steel prepared by sandblasting technique, *Applied Surface Science*, 388 (2016), 406-411
  
- 13.** A. RUDAWSKA, I. DANCZAK, M. MULLER, P. VALASEK  
The effect of sandblasting on surface properties for adhesion, *Abhesion & Abhesives*, 70 (2016), 176-190
  
- 14.** A. BECHIKH, O. KLINKOVA, Y. MAALEJ, I. TAWFIQ, R. NASRI  
Sandblasting parameter variation effect on galvanized steel surface chemical composition, roughness and free energy, *Abhesion & Abhesives*, 102 (2020), 1-12

