

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΡΟΠΟΙ ΧΥΤΕΥΣΗΣ-ΧΥΤΕΥΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΛΛΑ
ΧΥΤΕΥΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΕΓΕΤΗΣ ΣΕ ΑΜΜΟ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΦΡΑΓΚΟΥΛΗ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΚΟΥΛΟΧΕΡΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΚΑΚΑΦΩΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....

Μέρος Α: Το θεωρητικό πλαίσιο**ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι****Χύτευση-χυτήριο**

1.1 Εισαγωγή-ορισμός χύτευσης-ιστορική αναδρομή.....	4
1.2 Χυτήριο.....	5
1.3 Πλεονεκτήματα διαμόρφωσης με χύτευση.....	7
1.4 Προβλήματα κατά την χύτευση.....	8
1.5 Χύτευση και μηχανολόγος.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ**Χυτεύομενα μέταλλα**

2.1 Χυτεύομενα μέταλλα.....	10
2.2 Χυτοσίδηροι.....	10
2.2Α Φαίος χυτοσίδηρος.....	11
2.2Β Λευκός χυτοσίδηρος.....	12
2.2Γ Μαλακτός χυτοσίδηρος.....	12
2.2Δ Ειδικοί χυτοσίδηροι.....	13
2.3 Χυτογάλυβας.....	14
2.4Α Το αργίλιο.....	15
2.4Β Τα κράματά του αργιλίου.....	16
2.4Γ Κράματα διαμόρφωσης (μάλακτα).....	16
2.4Δ Χυτευτικά κράματα.....	17
2.5Α Ο χαλκός.....	18
2.5Β Τα κράματά του χαλκού.....	19
2.5Γ Οι ορείχαλκοι.....	19
2.5Δ Τα κρατερώματα (μπρούτζοι).....	20
2.5Ε Άλλα κράματα του χαλκού.....	20
2.6Α Ο ψευδάργυρος.....	21
2.6Β Τα κράματά του ψευδάργυρου.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ**Τρόποι χύτευσης**

3.1Α Χύτευση στο χώμα.....	22
3.1Β Τα πλαίσια.....	23
3.1Γ Καρδιές.....	23

3.1Δ Πρότυπο ή μοντέλο.....	24
3.1Ε Άμμος χύτευσης.....	25
3.1ΣΤ Τύπωμα.....	26
3.1Ζ Εργαλεία χυτηρίου.....	30
3.1Η Διαδικασία χύτευσης σε άμμο.....	31
3.1Θ Επιθεώρηση.....	33
3.2 Η μέθοδος κρόνινγκ.....	33
3.3 Τύπωση σε κερί.....	34
3.4 Τύπωση σε γύψο.....	34
3.5.1Μόνιμοι τύποι.....	35
3.6 Τύπωση σε κογγύλι με βαρύτητα.....	35
3.7 Χύτευση υπό υψηλή πίεση.....	36
3.8 Χαμηλή πίεση.....	38
3.9 Χύτευση με ανατροπή του χωνιού χύτευσης.....	39
3.10 Συνεχής χύτευση.....	40
3.11Φυγοκεντρική χύτευση.....	41
3.12Α Έλεγχος.....	43
3.12Β Ραδιογραφία.....	44

Μέρος Β: Το πρακτικό πλαίσιο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

Κατασκευή μέγγενης

4.1 Κατασκευή εργαστηριακής μέγγενης από αλουμίνιο LM4.....	45
4.2 Σχέδιο του καλουπιού.....	47
4.3Το σχέδιο του πυρήνα.....	47
4.4 Σχέδιο του συστήματος εισαγωγής.....	48
4.5 Σχέδιο ενός αγωγού.....	48
4.6 Προετοιμασία για τη χύτευση.....	49
4.7 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.....	49
4.8 Η μεθοδολογία χύτευσης σε άμμο.....	50
4.9 Μεταλλογραφικές παρατηρήσεις.....	50
4.10 Συζήτηση.....	52
4.11 Συμπεράσματα.....	53
4.12 Συστάσεις.....	54
Υπολογισμοί.....	55
Έκθεση Φωτογραφιών.....	57
Σχέδια.....	71
Βιβλιογραφία.....	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι **ΧΥΤΕΥΣΗ-ΧΥΤΗΡΙΟ**

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ **ΟΡΙΣΜΟΣΧΥΤΕΥΣΗΣ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Η χύτευση αποτελεί μια από τις παλαιότερες μεθόδους διαμόρφωσης που ανακάλυψε ο άνθρωπος. Γενικά, ως χύτευση ορίζεται η μετατροπή μεταλλικής ρευστής μάζας σε χυτά στοιχεία μηχανών, εργαλεία ή άλλα αντικείμενα με καθορισμένη μορφή και διαστάσεις. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της θέρμανσης μετάλλων ή κραμάτων σε ειδικές καμίνους, σε κατάλληλη θερμοκρασία (μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ροής τους) και την έγχυσή τους σε ειδικά προετοιμασμένες κοιλότητες (καλούπια, που είναι φτιαγμένα από άμμο ή από μέταλλο, τα οποία παρουσιάζουν την αρνητική μορφή του συγκεκριμένου σχήματος που επιθυμούμε να κατασκευάσουμε), όπου αφήνονται να στερεοποιηθούν και να αποψυχθούν. Μετά την στερεοποίηση του το χυτό αντικείμενο απομακρύνεται από το καλούπι, καθαρίζεται, επιθεωρείται και τελειοποιείται με ελαφρά μηχανουργική κατεργασία (τόρνευση, φρεζάρισμα κ.τ.λ.), εάν αυτό είναι απαραίτητο για να λάβουμε το τελικό προϊόν. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε την παραγωγή ενός χυτού αντικειμένου.

Η κατεργασία της χύτευσης έκανε την εμφάνισή της 3500π.Χ. περίπου στη Μεσοποταμία και χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή χάλκινων εξαρτημάτων, κυρίως επίπεδων, με καλούπια από πέτρα ή ψημένο πηλό. Γύρω στο 2000π.Χ. η χύτευση αναπτύχθηκε περαιτέρω. Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν πυρήνες από ψημένο πηλό (αντίστοιχοι με τις σημερινές «καρδιές»), για την κατασκευή εσωτερικών κοιλοτήτων στα χυτά αντικείμενα.

Η τεχνολογία της χύτευσης εξελίχθηκε έπειτα από τους Κινέζους περίπου το 1500π.Χ. Οι Κινέζοι, παρά το γεγονός ότι δεν είχαν χρησιμοποιήσει μέχρι τότε τη χύτευση, την υιοθέτησαν και την ανέπτυξαν, ιδιαίτερα στον τομέα του καλουπιού. Η αρχαιολογική σκαπάνη έχει ανακαλύψει καλούπια κατασκευασμένα με ξεχωριστή τέχνη. Οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν διαιρετά καλούπια με πολλά εξαρτήματα που προσδένονταν μεταξύ τους (μέχρι και τριάντα). Εκτός από τους Κινέζους, ιδιαίτερη τέχνη στην χύτευση παρουσίασαν και οι Ινδοί, που χύτευαν χαλκό και μπρούτζο για να κατασκευάσουν εργαλεία, όπλα, σκεύη κ.τ.λ. Τέλος, η χύτευση του σιδήρου πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 1000π.Χ. στη Συρία και την Περσία.

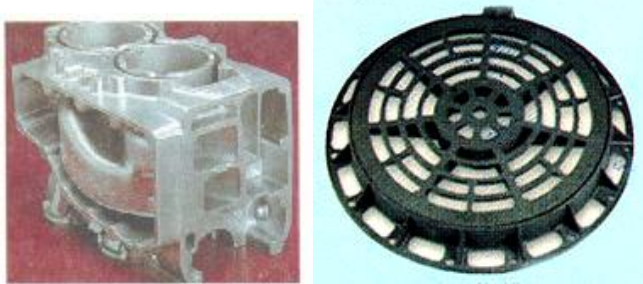
Σήμερα η χύτευση είναι μια από τις σημαντικότερες κατεργασίες μορφοποίησης προϊόντων και πραγματοποιείται σε ειδικές μονάδες για την παραγωγή χυτών αντικειμένων, που ονομάζονται χυτήρια, όπου παράγονται μεταλλικά προϊόντα, σχεδόν στην τελική τους μορφή. Τα προϊόντα της χύτευσης ποικίλουν σε υλικά (χρησιμοποιούνται κυρίως μέταλλα), σε πολυπλοκότητα και διαστάσεις. Αρχίζουν από λίγα χιλιοστά και βάρος μερικά

κλάσματα του γραμμαρίου όπως και είναι τα δοντάκια των φερμουάρ, και καταλήγουν σε μεγέθη που πλησιάζουν τα 10 m και βάρος μερικών τόνων, όπως είναι οι προπέλες των υπερωκεανίων. Τα πλέον χρησιμοποιούμενα μεταλλικά υλικά είναι ο χυτοσίδηρος, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, ο χαλκός, ο ορείχαλκος, το μαγνήσιο και τα κράματα του ψευδαργύρου. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι χύτευσης. Μια κατηγοριοποίηση βασίζεται στο είδος του καλουπιού. Έτσι, η χύτευση διακρίνεται σε:

Ø Χύτευση σε καλούπια μιας χρήσης (χύτευση σε άμμο, γύψο, κερί κ.τ.λ.).

Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τις χυτεύσεις καταστρέφονται προκειμένου να αποκαλυφθεί το χυτό αντικείμενο.

Ø Χύτευση σε καλούπια πολλαπλών χρήσεων (χύτευση με βαρύτητα, υπό πίεση, φυγοκεντρική χύτευση κ.τ.λ.). Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τις χυτεύσεις χρησιμοποιούνται για πολλές συνεγόμενες χυτεύσεις.



1.1 Χυτεύσιμα μηχανολογικά εξαρτήματα.

1.2 ΧΥΤΗΡΙΟ

Ο εργοστασιακός χώρος μέσα στον οποίο πραγματοποιείται η διαμόρφωση των υλικών με τη μέθοδο της χύτευσης, ονομάζεται χυτήριο. Τα χυτήρια διακρίνονται αναλόγως προς το βασικό μεταλλικό υλικό που χρησιμοποιούν, σε:

- ✓ Χυτήρια χυτοσιδήρου
- ✓ Χυτήρια χάλυβα
- ✓ Χυτήρια βαρέων μετάλλων (μη σιδηρούχων)
- ✓ Χυτήρια ελαφρών μετάλλων (μη σιδηρούχων)

Ένα σύγχρονο χυτήριο αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα :

- ✓ Τμήμα κατασκευής προτύπων
- ✓ Τμήμα κατασκευής πυρήνων
- ✓ Τμήμα κατασκευής καλουπιών
- ✓ Τμήμα τήξης μετάλλων
- ✓ Τμήμα χύτευσης
- ✓ Τμήμα καθαρισμού των χυτών
- ✓ Τμήμα ανόπτησης των χυτών
- ✓ Τμήμα ποιοτικού ελέγχου



1.2 Η χύτευση στην καθημερινότητα

Τα χυτήρια ταξινομούνται ανάλογα με τη φύση της δουλειάς τους. Το χυτήριο που διαθέτει ένα εργοστάσιο αναλαμβάνει την παραγωγή ενός ή μικρού αριθμού χυτών αντικειμένων δεδομένου είδους. Ένα παραγωγικό χυτήριο, είναι υψηλού επιπέδου μηχανοποιημένο εργαστήριο που απαιτεί τόσο μεγάλους αριθμούς παραγωγής, ώστε να έχει χαμηλό κόστος. Ένα αποκλειστικής παραγωγής εξαρτώμενο χυτήριο είναι αναπόσπαστο μέρος κάποιον κατασκευαστικών εταιριών και τα χυτά εξαρτήματα που παράγει καταναλώνονται στα προϊόντα του παρόντος οργανισμού. Ένα ανεξάρτητο χυτήριο είναι μια χωριστή εταιρία

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

που παράγει χυτά αντικείμενα για οποιονδήποτε αριθμό πελατών. Τα μεγαλύτερα χυτήρια, αυτά που απασχολούν περισσότερους από 1000 εργαζομένους, είναι συνήθως εξαρτώμενα. Όμως η πλειοψηφία των χυτηρίων, τα μικρότερα χυτήρια, που απασχολούν λιγότερους από 100 εργαζομένους, είναι ανεξάρτητα.



1.3 Στο χυτήριο.

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Βασικό πλεονέκτημα της χύτευσης είναι ότι υπάρχει η δυνατότητα παράγωγής χυτών αντικειμένων που αποκτούν από την αρχή την τελική τους μορφή, με την έγχυση ρευστών μετάλλων σε αποτυπώματα. Τεράστιος είναι ο όγκος των χυτών αντικειμένων, τα οποία μετά τη χύτευση υποβάλλονται μόνο σε ένα απλό καθάρισμα ή μια ελαφρά κατεργασία κοπής (τόρνευση, φρεζάρισμα, πλάνισμα, τρυπάνισμα κ.τ.λ.) για να τους δώσουμε τις τελικές τους διαστάσεις και την επιθυμητή τραχύτητα επιφανείας.

Ακόμα, αντικείμενα περίπλοκης μορφής (εσωτερικά ή εξωτερικά) , σειρά ομοιόμορφων αντικειμένων, ογκώδη αντικείμενα, βολάν μπορούν να χυτευθούν ικανοποιητικά. Βαριά κομμάτια που ζυγίζουν τόνους είναι δύσκολο και αδύνατο σε ορισμένες περιπτώσεις να παραχθούν κατά τρόπο οικονομικό με άλλη μέθοδο μορφοποίησης, εκτός από τη χύτευση π.χ. κορμοί μηχανών, βάσεις μηχανών, σχάρες υπονόμων κ.τ.λ. Η τεχνική της χύτευσης είναι συχνά η πιο οικονομική και δίνει τη δυνατότητα χύτευσης πολλών κραμάτων.

Επίσης με την εφαρμογή ειδικών μεθόδων (με πίεση ή με κερί) επιτυγχάνεται μέγιστη ακρίβεια στο σχήμα, στις διαστάσεις ακόμη και στην ποιότητα των επιφανειών.

Συγκεντρωτικά λοιπόν η μέθοδος παραγωγής μηχανουργικών προϊόντων με χύτευση παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα :

- 1.σε πολλές περιπτώσεις είναι η πιο οικονομική
- 2.κατεργάζονται ικανοποιητικά αντικείμενα με περίπλοκη μορφή
- 3.είναι κατάλληλη για αντικείμενα με μεγάλο όγκο
- 4.κατασκευάζονται χυτά αντικείμενα που βρίσκονται εξ αρχής στην τελική τους μορφή
- 5.με χρήση ειδικών μεθόδων έχουμε τη δυνατότητα να πάρουμε μεγάλη ακρίβεια



1.4 Το λιωμένο μέταλλο.

1.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΧΥΤΕΥΣΗ

Τα προβλήματα που εμφανίζονται συχνά κατά την χύτευση σχετίζονται κυρίως με σφάλματα στη δημιουργία του καλουπιού, στη σχεδίαση του μοντέλου και των καρδιών, στην τοποθέτηση των οπών εισροής του μετάλλου ή των ενδιάμεσων αποθηκών λιωμένου υλικού, στη διαδικασία της χύτευσης κ.τ.λ. Τα σφάλματα αυτά δημιουργούν ελαττώματα στα χυτά αντικείμενα, που συνήθως είναι:

- **Ρωγμές** που προέρχονται από τη συρρίκνωση του υλικού του χυτού αντικειμένου λόγω συστολής κατά την απόψυξη.
- **Εγκλείσματα** από τα οξείδια που παραμένουν στο χυτό αντικείμενο.

- **Σπληλαιώσεις** που οφείλονται στην παρουσία αερίων στο μέταλλο κατά τη στερεοποίηση.
- **Ασυνέχειες** στο χυτό αντικείμενο.

Ο έλεγχος των χυτών αντικειμένων γίνεται χρησιμοποιώντας μη καταστροφικές μεθόδους. Μια από αυτές τις μεθόδους είναι η ραδιογραφία με τη βοήθεια της οποίας ελέγχεται η συνέχεια και η ομοιομορφία του υλικού του χυτού αντικειμένου, κυρίως εσωτερικά. Στη ραδιογραφία, προσπίπτουν ακτίνες X στα χυτά αντικείμενα, η μεταβολή της έντασης των οποίων καταγράφεται σε φωτογραφικό φιλμ. Οι ατέλειες που μπορούν να διαπιστωθούν, πρέπει να έχουν μέγεθος μεγαλύτερο του 2% του πάχους του ελεγχόμενου χυτού αντικειμένου. Σε χυτά αντικείμενα που θα εργαστούν υπό πίεση (κύλινδροι, σωλήνες) πραγματοποιείται κατάλληλος υδραυλικός ή πνευματικός έλεγχος ανοχής σε πίεση.

1.5 ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΣ

Οι μηχανολόγοι βρίσκονται συχνά σε θέση όπου οι γνώσεις για τη λειτουργία της χύτευσης και των προβλημάτων των χυτών αντικειμένων μετατρέπεται σε ζωτικό κομμάτι της δουλειάς τους, λόγω της ευρείας χρήσης τους. Ο σχεδιασμός, οι προδιαγραφές και η χρήση των ιδιοτήτων των χυτευόμενων μετάλλων καθώς και οι διαδικασίες χύτευσης, απαιτούν την εφαρμογή των αρχών της μηχανικής. Ο σχεδιασμός ενός χυτού αντικειμένου πρέπει να περιλαμβάνει ακριβείς πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του μετάλλου που θα χρησιμοποιηθεί. Ο μηχανολόγος θα πρέπει να κατορθώσει σημαντική οικονομία επιλέγοντας ένα μοντέλο που προωθεί την τύπωση, την κατασκευή της καρδιάς και άλλα προβλήματα χύτευσης. Αν οι προδιαγραφές είναι περιοριστικές από το αναγκαίο, τα προβλήματα χύτευσης και το κόστος αυξάνουν. Οι μηχανολόγοι αντιμετωπίζουν τέτοια προβλήματα στη δουλειά τους, τα οποία ίσως δεν αφορούν άμεσα τη χύτευση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

2.1 ΧΥΤΕΥΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Για καλή ποιότητα χύτευσης και επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος θα πρέπει να έχει γίνει σωστή επιλογή του προς κατεργασία υλικού. Τα μέταλλα ή τα κράματα που χρησιμοποιούνται περισσότερο για την παραγωγή χυτών αντικειμένων είναι ο φαιός χυτοσίδηρος, ο μαλακτοποιημένος λευκός χυτοσίδηρος, οι ειδικοί χυτοσίδηροι, ο χαλκός, ο ορείχαλκος, τα ελαφρά κράματα με βάση το αλουμίνιο, τα ελαφρά κράματα με βάση το μαγνήσιο, τα λευκά κράματα με βάση τον ψευδάργυρο, τον κασσίτερο, το αντιμόνιο και τον μόλυβδο (χρησιμοποιούνται και στην αεροναυπηγική). Σε αντίθεση με το σίδηρο και τον χαλκό τα μέταλλα αυτά έχουν καλή ρευστότητα και είναι εύκολο να χυτευθούν.

Τα πιο πολλά από τα γνωστά μεταλλικά υλικά είναι κατάλληλα για χύτευση, διότι όταν θερμανθούν πέρα από το σημείο τήξης τους αποκτούν μεγάλη ρευστότητα, δηλαδή συμπεριφέρονται σαν πυκνόρρευστα υγρά.

Τα μεταλλικά υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως στη χύτευση είναι:

- Το αλουμίνιο και τα κράματά του
- Τα κράματα του χαλκού
- Τα κράματα του ψευδαργύρου
- Ο χυτοσίδηρος
- Ο χάλυβας
- Τα κράματα του αντιμονίου
- Τα κράματα του μαγνησίου

2.2 ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Οι χυτοσίδηροι είναι κράματα Fe-C-Si, η σύσταση των οποίων σε άνθρακα και πυρίτιο καθώς και οι ταχύτητες απόψυξης, καθορίζουν την μικροδομή και τις ιδιότητές τους. Οι χυτοσίδηροι του εμπορίου περιέχουν άνθρακα σε ποσοστό 2-4,5%. Ο άνθρακας στους χυτοσίδηρους έχει, πολύ συχνά, τη μορφή του γραφίτη, που απαντάται σε διάφορες μορφολογίες. Ο σχηματισμός του γραφίτη ευνοείται από την παρουσία πυριτίου, σε ποσοστά μεγαλύτερα του 0,7%, καθώς και από τις χαμηλές ταχύτητες απόψυξης.

Πρόκειται για φθηνά υλικά, που μορφοποιούνται αποκλειστικά και μόνο με χύτευση, δεδομένου ότι η πλαστική τους παραμόρφωση, σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, είναι αδύνατη.

Οι χυτοσίδηροι κατατάσσονται σε:

- Λευκούς
- Φαιούς ή γκρίζους
- Μαλακτούς
- Ελατούς ή χυτοσιδήρους σφαιροειδούς γραφίτη και
- Ισχυρά κρατωμένους

2.2Α ΦΑΙΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

Ο εν λόγω χυτοσίδηρος χαρακτηρίζεται φαιός, διότι ένα μέρος του άνθρακα υπάρχει στη δομή του υπό στοιχειακή μορφή ή μορφή ελεύθερου άνθρακα που δίνει το φαιό(γκρίζο) χρώμα στην επιφάνεια θραύσης του. Λόγω της παρουσίας γραφίτη ονομάζεται και συμβατικά απλά χυτοσίδηρος. Είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο μέταλλο στην τεχνολογία της χύτευσης. Έχει περιεκτικότητα σε σίδηρο δευτέρας τάξης, C σε ποσοστό 2,5% έως 4,5%, Si σε 0,5% έως 5%, Mn σε 0,3 έως 1,5%, P σε 0 έως 2% και S σε 0 έως 1,15%. Είναι μέταλλο ετερογενές και σύνθετο. Οι μηχανικές του ιδιότητες είναι κατώτερες από αυτές του χάλυβα. Έχει μικρό όριο αντοχής και χαμηλή αντοχή σε κρούση. Η χαμηλή του δυσθραυστότητα οφείλεται στην ύπαρξη φυλλιδίων γραφίτη. Ωστόσο, παρουσιάζει υψηλή ικανότητα απόσβεσης δονήσεων, υψηλή αντοχή στη φθορά από τριβή, σε θερμική κόπωση και καλή αγωγιμότητα.

Στη μάζα του υπάρχουν διάσπαρτες στρώσεις γραφίτη που δημιουργούνται κατά την στερεοποίηση και σχηματίζουν μια δομή που δεν μπορεί να εξαλειφθεί ή να μετατραπεί με οποιαδήποτε μεταγενέστερη θερμική κατεργασία. Η εμφάνιση αυτή του στιλπνού και εύθραυστου γραφίτη προσδίδει στον χυτοσίδηρο τις ιδιότητες της καλής κατεργασίας, της αντοχής στη φθορά και της μη ευκαμψίας. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων έχει μεγάλο εύρος κατασκευών, όπως κομμάτια και εδράνων εργαλειομηχανών ή διαφόρων μηχανημάτων, κομμάτια μηχανών εσωτερικής καύσης, κατασκευή αγωγών ύδατος, κυλίνδρων και εμβόλων, κ.τ.λ. που παρασκευάζονται στην κάμινο, όπου είναι και η συνηθέστερη μέθοδος, για την παραγωγή χυτοσιδηρένιων κομματιών.

Τα χυτά αυτά αντικείμενα ψύχονται αργά για την αποφυγή δημιουργίας εσωτερικών τάσεων. Τα μεγάλα χυτά κομμάτια θα πρέπει να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα πυριτίου και τα μικρά υψηλή περιεκτικότητα για να εξισορροπηθεί ο υψηλός ρυθμός απόψυξης στα λεπτά κομμάτια. Συμβαίνει πολλές φορές κατά τη χύτευση μεγάλων κομματιών να ψύχονται απότομα στην εξωτερική επιφάνεια, με αποτέλεσμα να παραλαμβάνουμε λευκό χυτοσίδηρο και στο κέντρο λόγω βραδείας απόψυξης να έχουμε φαιό χυτοσίδηρο. Οι

χυτοσίδηροι αυτοί ονομάζονται «στικτοί», λόγω των στιγμάτων γραφίτη που εμφανίζονται μέσα σε μήτρα αποτελούμενη από περλίτη και σεμεντίτη και έχουν δε μεγάλη χρησιμότητα στην βιομηχανία λόγω της ιδιομορφίας τους.

Εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις στις οποίες επιδέχεται ανόπτηση, βαφή ή εναζώτηση, τα χυτά από χυτοσίδηρο δεν υποβάλλονται σε περαιτέρω θερμικές κατεργασίες .

Ο φαιός χυτοσίδηρος δεν είναι διαμορφώσιμος ούτε εν θερμώ ούτε εν ψυχρώ. Έτσι ως μέθοδοι μορφοποίησης παραμένουν η χύτευση και η κατεργασία κοπής. Επίσης, λόγω του χαμηλού κόστους και της καλής χυτευτότητας τα χυτά αντικείμενα από χυτοσίδηρο είναι αρκετά φθηνά και πολύ καλής ποιότητας.

2.2B ΛΕΥΚΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

Ο λευκός χυτοσίδηρος δεν περιέχει ελεύθερο άνθρακα, αλλά ο άνθρακός του είναι ενωμένος με τον σίδηρο υπό μορφή μίγματος σεμεντίτη Fe_3C . Ο σεμεντίτης είναι μια σκληρή και εύθραυστη χημική ένωση, η οποία συντελεί στην σκλήρυνση του λευκού χυτοσιδήρου. Οι κρύσταλλοι του σεμεντίτη λόγω της απουσίας γραφίτη παρουσιάζονται λευκοί και στιλπνοί σε τομή θραύσης. Η σκληρότητα του λευκού χυτοσιδήρου είναι περίπου 400-500HBrinell και αυξάνει συναρτήσει του άνθρακος , έχει εξαιρετική αντοχή σε φθορά από τριβή είναι όμως ψαθυροί και έχουν κακή κατεργασιμότητα. Λόγω της μεγάλης σκληρότητας και της δύσκολης κατεργαστικότητας του ο λευκός χυτοσίδηρος δεν χρησιμοποιείται ως κράμα διαμόρφωσης αλλά ούτε και ως κράμα χύτευσης. Παρά το γεγονός αυτό μεγάλες ποσότητες λευκού χυτοσιδήρου χρησιμοποιούνται για χύτευση αντικειμένων που πρόκειται, εν συνεχεία, να υποστούν κατάλληλη θερμική κατεργασία, προκειμένου ο λευκός χυτοσίδηρος να μετασχηματιστεί σε μαλακό. Χρησιμοποιείται για αντικείμενα που πρέπει να έχουν αντοχή στη φθορά από τριβή όπως π.χ. οι κύλινδροι ελάστρων και τμημάτων θραυστήρων ή μύλων κ.τ.λ.

2.2Γ ΜΑΛΑΚΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

Ο μαλακτός χυτοσίδηρος προέρχεται από τον λευκό χυτοσίδηρο πρώτης τάξης έπειτα από θερμική κατεργασία. Τον μαλακό χυτοσίδηρο τον θερμαίνουμε στους 870-1100°C σε κλίβανο με παρατεταμένο χρόνο, περίπου 48ώρες, οπότε ο σεμεντίτης λόγω υψηλής θερμοκρασίας διασπάται σε ωστενίτη και γραφίτη. Ο παραγόμενος γραφίτης δεν είναι σε μορφή φυλλιδίων, αλλά σε μορφή κόκκων μικρών διαστάσεων έτσι ώστε η αλλαγή που προκαλείται στη δομή να είναι καλύτερη ως προς τις μηχανικές ιδιότητες. Έπειτα η θερμοκρασία του κλίβανου μειώνεται σταδιακά με ρυθμό 4-5°C/h ως τους

680°C για να δοθεί ο χρόνος μετατροπής του ωστενίτη, σε φερρίτη και γραφίτη. Βεβαίως αναλόγως του ρυθμού πτώσης της θερμοκρασίας είναι δυνατό να έχουμε και μικρές ποσότητες περλίτη.

Γενικά, οι τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων των μαλακτών χυτοσιδήρων είναι μεταξύ αυτών των χαλύβων και των φαιών χυτοσιδήρων. Έχουν πολύ καλή χυτευσιμότητα και κατεργασιμότητα, καλή αντοχή σε θραύση, σε φθορά και διάβρωση. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ακτινών τροχών, μοχλών και σκελετών ποδηλάτων και μοτοσικλετών.

2.2Δ ΕΙΔΙΚΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών αυτών των χυτοσιδήρων προσθέτουμε σ' αυτούς διάφορα στοιχεία που επηρεάζουν την κρυσταλλική τους δομή και τα χαρακτηριστικά τους κάνουν να μοιάζουν με τους χάλυβες. Τα κύρια πρόσθετα στοιχεία είναι το νικέλιο, το χρώμιο, το πυρίτιο, το μαγγάνιο, το μολυβδαίνιο και σφαιροειδής γραφίτης.

- **Χυτοσίδηροι νικελίου.** Το νικέλιο βοηθά στη μείωση του φαινομένου της διάβρωσης, ενώ παράλληλα αυξάνει τη σκληρότητα έως 300 Brinell. Έτσι αυτοί οι χυτοσίδηροι είναι εύκολο να χυτευθούν, παρουσιάζουν υψηλή ανθεκτικότητα στη φθορά. Έχουν ευρεία χρήση στην παραγωγή εξαρτημάτων μηχανών και καλουπιών χυτηρίου.
- **Χυτοσίδηροι χρωμίου.** Το χρώμιο βοηθά στην αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής στην φθορά. Οι χυτοσίδηροι αυτοί έχουν ευρεία χρήση στην παραγωγή κυλίνδρων και εμβόλων μηχανών αυτοκινήτων, αεροπλάνων, στην παραγωγή ελατηρίων εμβόλων, γρاناζιών κ.τ.λ.
- **Χυτοσίδηροι πυριτίου.** Το πυρίτιο βελτιώνει τη χύτευση, ενώ δίνει εξαιρετική κατεργασιμότητα, αυξάνει αρκετά την αντοχή. Χρησιμοποιούνται στις χημικές βιομηχανίες.
- **Χυτοσίδηροι μαγγανίου.** το μαγγάνιο αυξάνει τη σκληρότητα, ενώ μειώνει την κατεργαστικότητα. έτσι οι χυτοσίδηροι αυτοί χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σωληνώσεων για εκτόξευση άμμου (αμμοβολή), ηνίων αρότρων, σφαιρών αρθρώσεων σύνδεσης και στην παραγωγή σιδήρων και χαλύβων.
- **Χυτοσίδηροι μολυβδαινίου.** Το μολυβδαίνιο αυξάνει τη σκληρότητα των χυτοσιδήρων, ενώ ταυτόχρονα δημιουργεί ομογενή κρυσταλλική δομή. Οι χυτοσίδηροι αυτοί λόγω της μεγάλης τους ομοιογένειας χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία των αυτοκινήτων και των αεροπλάνων.
- **Χυτοσίδηροι με σφαιροειδή γραφίτη.** Σε περιπτώσεις που οι χυτοσίδηροι περιέχουν λαμοειδή γραφίτη και εμφανίζουν μικρή αντοχή, λόγω των ασυνεχειών από τις στρώσεις γραφίτη, δηλαδή δεν είναι ιδανικές για κατασκευές με μεγάλες απαιτήσεις, χρησιμοποιούνται

χυτοσίδηροι σφαιροειδούς γραφίτη, ο οποίος παίρνει τη μορφή μικρών κανονικών σφαιρών. Η μετατροπή αυτή βελτιώνει αισθητά τις μηχανικές ιδιότητες και αυξάνει την αντοχή των χυτοσιδήρων σε 7000N/mm^2 . Τέτοιους χυτοσιδήρους παίρνουμε με την προσθήκη μαγνησίου. Οι χυτοσίδηροι αυτοί έχουν μηχανικές ιδιότητες συγκρίσιμες με εκείνες των χαλύβων: υψηλή μηχανική αντοχή, καλή δυσθραυστότητα και εμβαπτότητα, εξαιρετική κατεργασιμότητα, ενώ η αντοχή τους σε τριβή είναι υψηλότερη. Χρησιμοποιούνται στην παραγωγή σύνθετων κομματιών λεπτού πάχους και μεγάλης ανθεκτικότητας π.χ. κεφαλές κυλίνδρων μηχανών εσωτερικής καύσης, τροχαλίες, τύμπανα ανυψωτικών μηχανημάτων, αντλιών, γρاناζιών κ.τ.λ.

2.3 ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ

Χυτοχάλυβες ορίζονται τα προϊόντα του σφυρήλατου σιδήρου και του άνθρακα, τα οποία μορφοποιούνται αποκλειστικά με χύτευση και στερεοποίηση του χάλυβα σε τύπους από πυρίμαχη άμμο. Τα χυτά αντικείμενα από χυτοχάλυβα, αφού καθαριστούν από την προσκολλημένη άμμο, υποβάλλονται μόνο σε θερμική κατεργασία, συχνά τοπική, για να αποκτήσουν τα απαραίτητα μηχανικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με την εφαρμογή τους.

Ο χυτοχάλυβας είναι πολύ παχύρρευστος και για το λόγο αυτό είναι δύσχυτος, σε αντίθεση με τον χυτοσίδηρο, του οποίου η εξαιρετική ρευστότητα επιτρέπει τη χύτευση λεπτών και μικρών αντικειμένων. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην ποσότητα του περιεχόμενου άνθρακα, η οποία είναι 3 έως 4% στο χυτοσίδηρο και μόνο 0,2 έως 0,4% στο χυτοχάλυβα. Τα μικρά αντικείμενα από χυτοχάλυβα δεν μπορούν να έχουν πάχος μικρότερο από 5mm, ενώ αντίθετα μπορούν να κατασκευαστούν αντικείμενα βάρους μέχρι 100ton. Ο χάλυβας κατά την στερεοποίησή του μέσα στον τύπο παρουσιάζει μια μεγάλη τάση δημιουργίας σχημάτων και χαρακτηρίζεται από υψηλή συστολή. Αυτοί οι δύο παράγοντες, όπως και η γραμμική συστολή που φτάνει το 0,2%, δυσχεραίνουν την κατασκευή χυτών αντικειμένων από χυτοχάλυβα. Για την αποφυγή αυτών των μειονεκτημάτων, προβλέπεται κατά την κατασκευή του τύπου μεγάλος αριθμός "ξεθυμασμάτων".

Μετά τη χύτευση, η δομή των αντικειμένων που είναι λιγότερο ή περισσότερο κρυσταλλική, ονομάζεται δομή ακατέργαστου χάλυβα, πρέπει να μετασχηματιστεί σε δομή με όσο το δυνατόν μικρότερους κόκκους, για να έχουμε την απαιτούμενη συνεκτικότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με ανόπτηση και πραγματοποιείται με θέρμανση των αντικειμένων σε θερμοκρασία 900°C έως 1000°C και απόψυξη μέσα στο φούρνο. Είναι πολύ σημαντικό, λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζει ο χυτοχάλυβας στην κατεργασία του, να πληρούνται από την αρχή όλες οι προϋποθέσεις για μια άψογη κατασκευή. Ο

φούρνος τήξης σε αυτό το σημείο έχει πρωταρχικό ρόλο και για το λόγο αυτό προτιμάται ο φούρνος ηλεκτρικού τόξου.

2.4Α ΤΟ ΑΡΓΙΛΙΟ

Το αργίλιο έχει ειδικό βάρος $2,7\text{g/cm}^3$ και σημείο ροής 575°C . Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του αργιλίου χρησιμοποιείται ο βωξίτης (ένυδρο οξείδιο του αργιλίου με προσμείξεις αργιλίου και σιδήρου). Μετά από χημική κάθαρση προκύπτει η αλουμίνα (καθαρό οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3) από την οποία εξάγεται με ηλεκτρόλυση το αργίλιο. Άλλες προσμείξεις που είναι πιθανό να συναντήσουμε στο αργίλιο είναι οι: σίδηρος(Fe), πυρίτιο(Si), χαλκός(Cu), ψευδάργυρος(Zn), μαγνήσιο(Mg), μαγγάνιο(Mn), νικέλιο(Ni), μόλυβδος(Pb), κασσίτερος(Sn), τιτάνιο(Ti).

Το αλουμίνιο ανήκει στην κατηγορία των ελαφρών μετάλλων, που μια από τις ιδιότητές τους είναι οι χαμηλές τιμές πυκνότητας που ανέρχεται στα $2,7\text{g/cm}$. Κατέχει σημαντική θέση στην κατασκευαστική βιομηχανία, διότι το μέταλλο αυτό καθώς και τα κράματά του παρουσιάζουν υψηλό μέτρο ελαστικότητας και υψηλή μηχανική αντοχή σε σχέση με τα άλλα μέταλλα και κράματα. Επίσης διαθέτει καλή αντοχή σε διάβρωση. Το καθαρό αλουμίνιο είναι μέταλλο ελαφρύ και πολύ όλκιμο. Οι μηχανικές του ιδιότητες δεν εξαρτώνται μόνο από την καθαρότητα του, αλλά και από το ποσοστό της εδοτράχυνσης που έχει υποστεί κατά τη διάρκεια των μηχανικών του κατεργασιών. Το αργίλιο έχει την ιδιότητα να απορροφά το υδρογόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα, με τον οποίο δημιουργεί οξείδια του αργιλίου στους $700\text{-}720^\circ\text{C}$. Ρίχνοντας ειδικό συλίπασμα χλωρίου έχουμε τη δυνατότητα να αφαιρέσουμε το υδρογόνο και τα οξείδια του αργιλίου. Αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί στα περισσότερα κράματα αργιλίου. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί εκλέπτυνση των κόκκων των κραμάτων του αργιλίου πρέπει να έχει προηγηθεί η παραπάνω διαδικασία απομάκρυνσης του υδρογόνου και των οξειδίων του αργιλίου. Έπειτα περίπου στους 730°C με μια ειδική μεταλλική καμπάνα, καλά μονωμένη, προσθέτουμε ταμπλέτες νατρίου. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι ελάττωση των τάσεων του αργιλίου κατά την χύτευση για την αποφυγή ραγισμάτων (σκασίματα). Ειδικά κράματα αργιλίου είναι δυνατό να υποβληθούν σε θερμικές κατεργασίες για να λάβουμε καλύτερα αποτελέσματα σε σκληρότητα, τραχύτητα και όρια θραύσης.

Το αλουμίνιο σε μορφή σκόνης καίγεται σε ρεύμα οξυγόνου ή σαν μείγμα με οξείδια σιδήρου (εμπρηστικές βόμβες, αργιλοθερμική μεταλλουργία κτλ). Σαν στερεό σχηματίζει επιφανειακά οξείδια τα οποία και προστατεύει. Αποτελεσματική όμως προστασία παρέχει το οξείδιο που σχηματίζεται στην επιφάνειά του όταν οξειδωθεί σαν άνοδος (θετικός πόλος) με ηλεκτρόλυση θεικού ή φωσφορικού οξέος 15% (ανοδιωμένο αλουμίνιο). Στοιχειακό

χρησιμοποιείται στην κατασκευή καλωδίων επειδή είναι πολύ καλός αγωγός. Η μικρή διαφορά αγωγιμότητας από το χαλκό υπερκαλύπτεται από τη μεγάλη διαφορά ειδικού βάρους.

Το αργίλιο βρίσκει πολλές και ποικίλες βιομηχανικές εφαρμογές, γιατί παρουσιάζει ορισμένες εξαιρετικές ιδιότητες: είναι ελαφρό, έχει υψηλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, καλή αντοχή στη διάβρωση, καλή κατεργαστικότητα και διαμορφωσιμότητα, δεν είναι τοξικό και τέλος είναι αμαγνητικό.

Ως σοβαρά μειονεκτήματα μπορούμε να θεωρήσουμε το πολύ χαμηλό του όριο θραύσεως (μόλις 8kp/mm^2 σε κατάσταση ανοπτήσεως) και το χαμηλό του σημείο ροής. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά όμως του αργιλίου είναι δυνατό να βελτιωθούν, είτε με σκλήρωση (θερμική κατεργασία) μετά από διαμόρφωση εν ψυχρώ, είτε με κραματοποίηση.

2.4B ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΡΓΙΛΙΟΥ

Τα κράματα του αργιλίου έχουν ευρύ φάσμα κατασκευών λόγω της ελαφρότητας και των μηχανικών τους χαρακτηριστικών που διαθέτουν. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εξαρτημάτων στην αεροναυπηγική, στις βιομηχανίες τροφίμων, σε μηχανουργικές κατασκευές, στην αρχιτεκτονική, στην οικοδομική κτλ.

Τα κράματα του αλουμινίου διακρίνονται σε κράματα διαμόρφωσης και σε κράματα χύτευσης. Τα κράματα των δύο αυτών κατηγοριών υποδιαιρούνται σε κράματα που μπορούν να υποστούν θερμική κατεργασία και σε κράματα των οποίων η θερμική κατεργασία είναι αδύνατη. Οι ιδιότητες των πρώτων εξαρτώνται από τη θερμική κατεργασία, ενώ οι ιδιότητες των δεύτερων εξαρτώνται από το ποσοστό ενδοτράχυνσης που έχουν υποστεί. Όπως το καθαρό αλουμίνιο, έτσι και τα κράματα του έχουν χαμηλή πυκνότητα, καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα και υψηλή αντοχή σε διάβρωση. Οι βασικές προσθήκες των κραμάτων του αλουμινίου είναι ο χαλκός, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το μαγνήσιο, το πυρίτιο και ο ψευδάργυρος.

2.4Γ ΚΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ(ΜΑΛΑΚΤΑ)

ΠΡΟΚΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΓΚΛΕΙΣΜΑΤΩΝ, ΤΩΝ ΟΠΟΙΩΝ ΟΙ μηχανικές ιδιότητες ρυθμίζονται με κατεργασίες σκλήρυνσης, με τη δημιουργία οριακών στερεών διαλυμάτων και κυρίως με την επακολουθούσα ενδοτράχυνση. Χρησιμοποιούνται σε χημικές βιομηχανίες, στην κρυογενετική, στην κατασκευή δεξαμενών, στην οικοδομική, τη σωληνουργία, τη λεβητοποιεία κ.τ.λ. Υπάρχουν δύο υποκατηγορίες των κραμάτων αυτών:

1. Μη υφιστάμενα θερμικές κατεργασίες. Περιέχουν ως κύρια προσθήκη είτε μαγγάνιο (μέχρι 1,5%), είτε μαγνήσιο (μέχρι 5%). Συμπληρώνονται με διαμόρφωση εν ψυχρώ. Παρουσιάζουν καλή αντοχή σε διάβρωση, όμως διαθέτουν μειωμένη αντοχή σε εφελκυσμό, περίπου 140 έως 200 N/mm².

2. Υφιστάμενα θερμικές κατεργασίες. Τα κράματα αυτά του αργιλίου έχουν ως προσθήκες το χαλκό, το μαγνήσιο, το πυρίτιο και το ψευδάργυρο. Αποκτούν βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά με τη λιγότερη σκλήρωση από κατακρήμνιση με γήρανση (φυσική ή τεχνητή). Τυπικό κράμα της ομάδας αυτής είναι το ντουραλουμίνιο, στο οποίο κύρια προσθήκη είναι ο χαλκός (3,50% έως 4,70%). Η σκλήρωση του κράματος αυτού του αργιλίου επιτυγχάνεται με συνδυασμό βαφής (ήρεμο τύρωμα στην καθορισμένη θερμοκρασία, π.χ. 540°C με απόκλιση κατά προσέγγιση 5°C) για ντουραλουμίνιο με 4%χαλκό, 0,5% μαγνήσιο, 0,5%μαγγάνιο και απότομη απόψυξη στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και παραμονής του στη θερμοκρασία του δωματίου επί πολύ χρόνο (7 ημέρες περίπου, οπότε έχουμε φυσική γήρανση του κράματος) ή θερμάνσεώς του σε 150°C έως 170°C επί δέκα περίπου ώρες και ήρεμης στερεοποίησής του (τεχνητή γήρανση). Η σκλήρωση οφείλεται σε κατακρήμνιση μιας ενώσεως χαλκού-αργιλίου(Cu Al₂) σε πολύ-πολύ μικρά (υπομικροσκοπικά) τεμαχίδια σε όλη τη μάζα του κράματος και πραγματοποιείται με την πάροδο του χρόνου.

Τα κράματα αυτά επίσης μπορούν να υποστούν ανόπτηση, επαναφορά, βαφή, ωρίμανση. Με αυτές τις θερμικές κατεργασίες επιτυγχάνουμε αντοχή σε εφελκυσμό ίση με 220 έως 300 N/mm².

2.4Δ ΧΥΤΕΥΤΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

Τα μη υφιστάμενα θερμικές κατεργασίες χυτευτικά κράματα του αργιλίου περιέχουν 7% έως 13% πυρίτιο και είναι κατάλληλα για χύτευση σε άμμο, όπως και για χύτευση σε μήτρα και υπό πίεση. Η θερμική τους κατεργασία είναι παρόμοια με εκείνη των μαλακτών κραμάτων. Η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά ενός κράματος χύτευσης διαφέρουν από εκείνα των κραμάτων διαμόρφωσης. Τα χυτά εξαρτήματα έχουν οριστική και καθορισμένη μορφή και δεν υφίστανται πλέον καμία πλαστική παραμόρφωση.

Τα ειδικά χαρακτηριστικά που πρέπει να εξασφαλίζει ένα κράμα χύτευσης αλουμινίου είναι: η καλή χυτευσιμότητα, η απουσία ρωγμών και η ομοιογενής κατανομή του πορώδους (ατέλειες που μπορεί να προκληθούν λόγω της συστολής του μετάλλου κατά τη στερεοποίηση), η παραγωγή λεπτόκοκκων χυτών αντικειμένων, η καλή αντοχή εν θερμώ και η καλή αντοχή σε διάβρωση. Γενικά, οι μηχανικές ιδιότητες των χυτών εξαρτώνται κυρίως από την ταχύτητα στερεοποίησης, άρα και από τη μέθοδο χύτευσης. Τα κράματα χύτευσης περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες στοιχείων κραμάτωσης, απ' ότι τα κράματα

διαμόρφωσης. Τα στοιχεία αυτά είναι εύτηκτα, μειώνοντας έτσι τις θερμοκρασίες χύτευσης. Τα κυριότερα κράματα αλουμινίου χύτευσης είναι:

- Al-Cu
- Al-Si, Al-Si-Mg, Al-Si-Cu
- Al-Mg
- Al-Zn, Al-Zn-Mg

Τα κράματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή βαλβίδων, εμβόλων, τμήματα μηχανών, πλαισίων, μουσικών οργάνων κ.τ.λ.

ΤΟΜΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ
Αεροπορική βιομηχανία	κατασκευές υψηλών αντοχών, κατασκευές μέσης αντοχής
Αυτοκινητοβιομηχανία	σκελετοί με προφίλ, σφυρήλατα, οροφές / σώμα, ταμπέλες αριθμών κυκλοφορίας, δεξαμενές καυσίμων
Οικοδομή	ψευδοροφές, πόρτες / παράθυρα/ προσόψεις, σκάλες, πάνελς, κάγκελα, πύργοι /σκαλωσιές
Χημική βιομηχανία	δοχεία, σωλήνες, δοχεία πίεσης, δεξαμενές
Ηλεκτρικές εφαρμογές	Κεραίες / δορυφορικές, ψύκτρες, κέλυφος κινητήρα, πυλώνες
Γενικές κατασκευές	κατασκευές υψηλών αντοχών, υδραυλικά συστήματα, σωληνώσεις, πλατφόρμες, πνευματικά συστήματα, δοχεία, συγκολλημένες κατασκευές
Οδοποιία	γέφυρες, πινακίδες, φωτιστικά
Εξοπλισμός	συναρμολογούμενα συστήματα, έπιπλα, συσκευές γραφείου
Συνδέσεις	βίδες / παξιμάδια, πριτσίνια
Ναυπηγική	βάρκες/ σκάφη ανοικτής θαλάσσης, κατάρτια
Συσκευασία	σώμα κουτιών, καπάκια, Foil
Όργανα Σπορ	ποδήλατα, σκι, ρακέτες τέννις

2.1 ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ.

2.5Α Ο ΧΑΛΚΟΣ

Ο χαλκός ήταν το πρώτο μέταλλο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, σε καθαρή μορφή ή υπό τη μορφή κράματος. Παρουσιάζει εξαιρετική ηλεκτρική αγωγιμότητα, γι' αυτό και η μισή περίπου παγκόσμια παραγωγή χαλκού χρησιμοποιείται για την κατασκευή αγωγών, μετασχηματιστών, γεννητριών, ηλεκτρικών εξαρτημάτων κ.τ.λ. Ο χαλκός είναι μη σιδηρούχος και έχει ειδικό βάρος $8,90\text{g/cm}^3$ και σημείο τήξης 1083°C . Γενικά μορφοποιείται

εύκολα και χρησιμοποιείται πολύ στην πράξη, γιατί παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. έχει υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (όταν έχει καθαρότητα άνω του 99,9%) και συνεπώς είναι κατάλληλος για ηλεκτρικούς αγωγούς και άλλες κατασκευές της βιομηχανίας του ηλεκτρισμού.
2. έχει εξαιρετη πλαστικότητα και διαμορφώνεται εύκολα τόσο εν ψυχρώ, όσο και εν θερμώ.
3. έχει καλή αντοχή σε διάβρωση.
4. παρουσιάζει καλή σχετικά μηχανική αντοχή.
5. έχει καλή συγκολλητότητα και επιδέχεται επιμετάλλωση (επινικέλωση ή επιχρωμίωση).

Σοβαρό μειονέκτημα του καθαρού χαλκού είναι ότι δεν χυτεύεται, γιατί σε κατάσταση τήξεως απορροφά αέρια, που σχηματίζουν φυσαλίδες στη μάζα του μετά τη στεριοποίηση.

2.5B ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Τα κράματα του χαλκού, που χρησιμοποιούνται βιομηχανικώς περισσότερο είναι οι ορείχαλκοι, τα κρατερώματα (μπρούτζοι) και άλλα, όπως και το χαλκοαργίλιο, χαλκονικέλιο κ.τ.λ.

Τα κράματα του χαλκού, που διαμορφώνονται, τα ονομάζουμε μαλακτά (διαμόρφωσης), ενώ εκείνα που χυτεύονται, τα ονομάζουμε χυτευτικά και χρησιμοποιούνται αρκετά στην ναυπηγική, στην κατασκευή ηλεκτρικών συρμάτων, αντλιών, οδηγών βαλβίδων, εδράνων, ελατηρίων, γρاناζιών κ.α.

2.5Γ ΟΙ ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΙ

Είναι κράματα χαλκού και ψευδαργύρου στα οποία το ποσοστό του ψευδαργύρου, στην πράξη, δεν ξεπερνά το 45%, θεωρητικά όμως μπορεί να φτάσει και το 68% και το χρώμα τους μπορεί να μεταβληθεί από κόκκινο σε κίτρινο. Γενικά, διατηρούν τις καλές ιδιότητες του χαλκού και στοιχίζουν φθηνότερα σε σύγκριση με τα κρατερώματα, λόγω της χαμηλότερης εμπορικής αξίας του ψευδαργύρου.

Ένα πολύ καλό συνδυασμό μηχανικής αντοχής και πλαστικότητας βρίσκουμε στον ορείχαλκο με 40% Zn περίπου. Ορείχαλκοι σε περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο άνω των 50% είναι εύθραυστοι. Οι ορείχαλκοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο ως μαλακοί, όσο και ως χυτευτικοί στην κατασκευή συλλεκτών, καλύκων, στην κατασκευή κομματιών κοσμηματοποιίας, στην κρουνοποιία κτλ.

2.5Α ΤΑ ΚΡΑΤΕΡΩΜΑΤΑ (ΜΠΡΟΥΤΖΟΙ)

Κρατερώματα ή μπρούτζοι καλούνται τα κράματα του χαλκού που έχουν ως κύρια πρόσμιξη τον κασσίτερο (Sn). Χρησιμοποιούνται τόσο ως μαλακτά (4% έως 9% Sn), όσο και ως χυτευτικά (9% έως 20% Sn).

Έχουν καλή μηχανική αντοχή, αντοχή στην φθορά από την τριβή, αντοχή στην διάβρωση από τους ατμούς της ατμόσφαιρας και καλή συγκολλητότητα. Τα χυτευτικά κρατερώματα χρησιμοποιούνται βασικά στην κατασκευή εδράνων ολισθήσεως, συνήθως ψηλών πέσεων. Τα κρατερώματα είναι δυνατό να περιέχουν και ψευδάργυρο σε μικρή σχετικά με τον κασσίτερο αναλογία.

Στα φωσφορούχα κρατερώματα (ή φωσφορούχους μπρούτζους) έχουν προσθήκη φωσφόρου, με περιεκτικότητα 0,10% έως 1% και όχι μόνο αυξάνει τη μηχανική αντοχή του κρατερώματος, αλλά βελτιώνει και την αντοχή του σε διάβρωση. Παρουσιάζουν καλύτερη μηχανική αντοχή και αντοχή στη θάλασσα, καθώς και σε υδραυλικές εργασίες.

Οι μπρούτζοι, γενικά, χυτεύονται με φυγοκεντρική χύτευση και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δακτυλιδιών, τροχαλιών, εξαρτημάτων στροβίλων, γλιστρών, συνδέσμων, εξαρτημάτων τριβής, ατέρμονων κοχλιών κτλ.

2.5Ε ΑΛΛΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Άλλα κράματα του χαλκού είναι:

1. Το χαλκοαργίλιο, κράμα χαλκού και αργιλίου, παρουσιάζει πολύ καλή αντοχή στην ατμοσφαιρική οξείδωση σε ελαφρά αυξημένες θερμοκρασίες, όπως και αντοχή στη διάβρωση στο θαλάσσιο νερό. Το χαλκοαργίλιο μπορεί να διαμορφωθεί εν ψυχρώ (χαλκοαργίλιο με 4% έως 7% Al) ή εν θερμώ (χαλκοαργίλιο με 8% έως 10% Al). Το πρώτο έχει ωραίο χρυσοκίτρινο χρώμα και χρησιμοποιείται σε διακοσμήσεις και απομιμήσεις κοσμημάτων, ενώ το δεύτερο βρίσκει εφαρμογές στη χημική βιομηχανία σε σφυρήλατα κομμάτια με αντοχή στη διάβρωση. Τέλος, χυτευτικό χαλκοαργίλιο με 9,50% μέχρι 12% Al και με σίδηρο και νικέλιο μέχρι 5% χρησιμοποιείται στη ναυπηγική βιομηχανία για έλικες πλοίων, κελύφη και άξονες αντλιών κ.α.
2. Το χαλκονικέλιο, κράμα χαλκού και νικελίου, έχει αυξημένη αντοχή στη διάβρωση και καλή πλαστικότητα.
Ως τυπικά είδη χαλκονικελίου αναφέρονται:
 1. Εκείνο που περιέχει 25% Ni και χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή νομισμάτων.
 2. Εκείνο με 30% Ni με εφαρμογή στην κατασκευή αυλών για συμπυκνωτές ψυγείων.
 3. Το επιλεγόμενο κονσταντάν με αναλογία σε νικέλιο 40%, που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές αντιστάσεις και θερμοηλεκτρικά ζεύγη.

4. Το χαλκοβηρύλλιο που αποτελείται από Cu-Be
5. Το χαλκοπυρίτιο που αποτελείται από Cu-Si

2.6Α ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Ο ψευδάργυρος είναι μέταλλο με λευκό χρώμα. Έχει ειδικό βάρος $7,14\text{g/cm}^3$, σημείο τήξεως 419°C και μέτριες μηχανικές ιδιότητες. Στη συνήθη θερμοκρασία είναι εύθραυστος, ενώ αν θερμανθεί σε 100°C ως 150°C αποκτά σημαντική πλαστικότητα. Δεν οξειδώνεται στο νερό ούτε στον αέρα και εξαιτίας της ιδιότητας αυτής χρησιμοποιείται για την επιψευδαργύρωση χαλύβδινων ελασμάτων (γαλβανισμένες λαμαρίνες), στην οικοδομική για επικαλύψεις σε μορφή ελασμάτων για ηλεκτρολογικές εφαρμογές ή πλακών για διακοσμητικούς λόγους. Έχει καλή χυτευτότητα.

2.6Β ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ

Τα κράματα ψευδαργύρου-αλουμινίου είναι τα μόνα που βρίσκουν πρακτικές εφαρμογές και έχουν την εμπορική ονομασία Zamak και μορφοποιούνται με χύτευση υπό πίεση. Την καλύτερη χρήση παρουσιάζει το κράμα με περιεκτικότητα σε αλουμίνιο 4%, το οποίο μετά την στερεοποίησή του δίνει λεπτόκοκκο χυτό καλών μηχανικών ιδιοτήτων. Η προσθήκη χαλκού ως 3% προκαλεί αύξηση της χυτευσιμότητας και της κατεργασιμότητάς τους. Προσθήκη χαλκού σε μεγαλύτερα ποσοστά οδηγεί στην μεταβολή του όγκου του κράματος, κατά την χρήση του και κατά συνέπεια, σε διαστατική αστάθεια των χυτών. Προσθήκη μαγνησίου, σε ποσοστό 0,08%, προκαλεί επίσης αύξηση της χυτευσιμότητας του ψευδαργύρου.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των κραμάτων ψευδαργύρου, τα οποία προορίζονται για χύτευση είναι η χαμηλή θερμοκρασία τήξης τους (περίπου 380°C), η καλή χυτευσιμότητα που επιτρέπει τη μορφοποίηση των τεμαχίων με σύνθετη γεωμετρία και τοιχώματα μικρού πάχους (0,4mm) και η χαμηλή τους τιμή. Χρησιμοποιούνται ευρέως στην αυτοκινητοβιομηχανία για την κατασκευή εξαερωτήρων, αντλιών καυσίμου, διακοσμητικών τμημάτων κ.τ.λ. Επίσης στην κατασκευή οικιακών ηλεκτρικών συσκευών, υδραυλικών εγκαταστάσεων, φωτογραφικών μηχανών, γραφομηχανών, ωρολογίων κ.τ.λ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ **ΤΡΟΠΟΙ ΧΥΤΕΥΣΗΣ**

Σχόλιο: Ονομασία εικόνων

3.1Α ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΤΟ ΧΩΜΑ

Η χύτευση σε άμμο είναι η παραδοσιακή μέθοδος χύτευσης, η οποία χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες. Ακόμα και σήμερα, μεγάλο ποσοστό παραγωγής χυτών αντικειμένων πραγματοποιείται με αυτήν την μέθοδο.

Η διαδικασία χύτευσης στο χώμα περιλαμβάνει τα εξής στάδια: το τύπωμα, τη τήξη, την απόχυση του μετάλλου μέσα στο αποτύπωμα(καλούπι), τον καθαρισμό και την επιθεώρηση του χυτού.

Για την παρασκευή χυτών αντικειμένων ακολουθείται η εξής διαδικασία:

1. Κατασκευάζουμε το μοντέλο
2. Τοποθετούμε την άμμο μέσα σε πλαίσια και την υγραίνουμε
3. Τυπώνουμε το μοντέλο, δηλαδή δημιουργούμε το καλούπι (αποτύπωμα)
4. Επιχρίουμε τις επιφάνειες του αποτυπώματος με γραφίτη
5. Δημιουργούμε τις καρδιές για τις κοιλότητες του κομματιού
6. Λιώνουμε το μέταλλο και το ρίχνουμε στο καλούπι
7. Βγάζουμε το κομμάτι και το καθαρίζουμε.

Η τύπωση στην άμμο επιτρέπει την τύπωση οποιουδήποτε τεμαχίου, οποιασδήποτε μορφής και διαστάσεως, την παραγωγή από ένα τεμάχιο και άνω για ικανοποιητική σειρά όπως και τη χρησιμοποίηση οποιουδήποτε κράματος αλουμινίου. Η εκτέλεση ενός ή περισσότερων τεμαχίων επιτυγχάνεται από ένα μοντέλο για το εξωτερικό σχήμα και με καρδιές για το εσωτερικό. Η σχεδίαση τους εξαρτάται από τον αριθμό των προς εκτέλεση τεμαχίων, την απαιτούμενη ακρίβεια στις διαστάσεις, την επιθυμητή επιφανειακή όψη, όπως και την χρονική κλιμάκωση των παραδόσεων.

Οι μηχανικές εγκαταστάσεις επιτρέπουν μεγάλη παραγωγικότητα. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι ένα χυτήριο πλήρως εξοπλισμένο με αυτόματες μηχανές τυπώσεως δύναται να εξασφαλίζει παραγωγή 100-200 τύπων ωριαίως ανάλογα με τις διαστάσεις των χυτών αντικειμένων. Ειδοποιό χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι ότι η χύτευση του μετάλλου πραγματοποιείται σε αμμότυπο ο οποίος δεν είναι στέρεα συνδεδεμένος και υπόκειται σε παραμορφώσεις. Αυτό εμποδίζει την τύπωση χυτών ακριβείας. Ωστόσο, Το εν λόγω μειονέκτημα αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση ειδικής άμμου.

3.1B ΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Το χώμα στο οποίο δημιουργείται το αποτύπωμα τοποθετείται μέσα σε πλαίσια, τα επονομαζόμενα πλαίσια χυτηρίου, τα οποία διαθέτουν σχήμα ορθογώνιο, είναι ξύλινα ή μεταλλικά και χρησιμοποιούνται κατά ζεύγη. Τα πλαίσια μπορεί να είναι είτε σταθερά είτε αφαιρούμενα. Στο εσωτερικό τους φέρουν νευρώσεις Γ για να συγκρατούν το χώμα, επειδή ελλείπονται πυθμένα με τον κίνδυνο να πέσει το χώμα ακόμα και αν είναι επαρκώς συμπιεσμένο με το τύπωμα. Οι αμμότυποι κατασκευάζονται στο χέρι για μικρές ποσότητες ή σε μηχανές τύπωσης για μεγαλύτερες σειρές.



3.1Γ ΚΑΡΔΙΕΣ

Μερικά από τα χυτά εξαρτήματα έχουν εσωτερικές κοιλότητες, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να σχηματιστούν απευθείας στην άμμο. Σε αυτή την περίπτωση πριν την έγχυση του τήγματος τοποθετείται ο πυρήνας (καρδιά) στο καλούπι, ώστε να δημιουργηθεί η κοιλότητα, δηλαδή εσωτερική διαμόρφωση μέσα στο χυτό. Στην ουσία ο πυρήνας αποτελεί ένα ομοίωμα κοιλότητας. Συνήθως οι πυρήνες κατασκευάζονται από δύο υλικά, που συνίστανται σε άμμο αρίστης ποιότητας ως βασικό υλικό και σε λινέλαιο ή πυριτικό νάτριο με διοξείδιο του άνθρακα ή κάποιο άλλο συνθετικό υλικό ως συνδετικό υλικό. Μετά την κατασκευή του ο πυρήνας τοποθετείται σε ειδικό κλίβανο (φούρνο), όπου ψήνεται σε καθορισμένη θερμοκρασία και για ορισμένο χρόνο, ώστε να αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή.

Οι καρδιές κατασκευάζονται μέσα σε ξύλινα καλούπια, τα κουτιά, με κοπάνισμα του χώματος. Ακόμα μπορούν να κατασκευαστούν με μεγάλο ρυθμό σε μηχανές εμφυσήσεως. Επιπροσθέτως, οι καρδιές απαιτείται:

1. να έχουν την κατάλληλη μηχανική αντοχή μετά το ψήσιμο τόση, ώστε να αντέχουν στις μετακινήσεις και στις δυνάμεις που ασκούνται επάνω τους από το λιωμένο μέταλλο όταν εισέρχεται μέσα στο αποτύπωμα. Η αντοχή τους πριν από το ψήσιμο θα πρέπει να είναι αρκετή ώστε να μη διαλύονται κατά την μεταφορά τους από το καλούπι.

2. να είναι πορώδεις, για να απομακρύνονται τα σχηματιζόμενα κατά τη χύτευση αέρια και ατμοί.
3. να μπορούν να διαλύονται εύκολα, ώστε να αποχωρίζονται από το χυτό χωρίς να προκαλούνται ζημιές σε αυτό.

3.1Δ ΠΡΟΤΥΠΟ Η ΜΟΔΕΛΟ

Ως πρότυπο ορίζεται ένα ομοίωμα του αντικειμένου, το οποίο επιθυμούμε να κατασκευάσουμε. Για τη χύτευση και ενός μόνο αντικειμένου, απαιτείται η κατασκευή προτύπου. Το πρότυπο διαθέτει λίγο μεγαλύτερες διαστάσεις από τις διαστάσεις του αντικειμένου που πρόκειται να χυτευθεί. Αυτό συμβαίνει στη βάση δύο αιτιών. Πρώτον, υπάρχει η πιθανότητα το αντικείμενο που θα πάρουμε μετά τη χύτευση να χρίζει περαιτέρω κατεργασίας ή αφαίρεσης υλικού καθιστώντας έτσι απαραίτητη την ύπαρξη πλεονάζοντος μετάλλου. Δεύτερον, η συστολή που υφίσταται το υλικό κατά τη στερεοποίηση και απόψυξη του σε θερμοκρασία δωματίου αποτελεί παράγοντα για την ύπαρξη πλεονάζοντος μετάλλου. Ειδικότερα, η συστολή επεκτείνεται προς όλες τις κατευθύνσεις και εξαρτάται από τον όγκο του χυτού καθιστώντας έτσι απαραίτητο τον υπολογισμό της στη δημιουργία του μοντέλου, ώστε το τελικό χυτό να είναι στις διαστάσεις που προβλέπονται στο μηχανολογικό σχέδιο. Κατά συνέπεια τα μοντέλα φτιάχνονται λίγο μεγαλύτερα από το χυτό που θέλουμε να παραχθεί. Συγκεκριμένα, το πρότυπο της συστολής για χυτοσίδηρο, χάλυβα και αργίλιο και κράματά του είναι 1%, 1,5% Έως 2% και 1,3 Έως 1,6% αντίστοιχα. Έτσι το πρότυπο το κατασκευάζουμε στις διαστάσεις του πραγματικού αντικειμένου προσαυξημένες στις παραπάνω διαστάσεις. Αν μετά την χύτευση προβλέπεται επεξεργασία με εργαλειομηχανή πρέπει να προσθέσουμε στις διαστάσεις μερικά ακόμη χιλιοστά σαν "πρόσθετα πάχη". Για διευκόλυνση του προτυποποιού (μοδελά: τεχνίτη, που κατασκευάζει τα πρότυπα) στις διάφορες μετρήσεις υπάρχουν μεταλλικοί κανόνες (κάθε κανόνας για ορισμένο μέταλλο ή κράμα), που έχουν ενδείξεις διορθωμένες έτσι ώστε να μετράται το ποσοστό της συστολής κατά τη χύτευση. Για εύκολη αφαίρεση του από το αποτύπωμα, θα πρέπει το πρότυπο να έχει την κατάλληλη κλίση. Η κλίση αυτή συνήθως είναι 0,5%. Επιπροσθέτως, Οι επιφάνειες των μοντέλων πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο λείες. Αυτό μας διευκολύνει στην αφαίρεση του προτύπου από το αποτύπωμα. Ακόμα το πρότυπο με λείες επιφάνειες δίνει λείο αποτύπωμα και αυτό με τη σειρά του λείο κομμάτι. Σε περίπτωση που το αντικείμενο που θα χυτεύσουμε έχει κοιλότητες, το πρότυπο το κατασκευάζουμε χωρίς τις κοιλότητες. Κατά το τύπωμα όμως, στις αντίστοιχες κοιλότητες τοποθετούμε πυρήνες που έχουν διαμορφωθεί από την άμμο του χυτηρίου με διάφορα συνδετικά υλικά και συνήθως έχουν ψηθεί.

Το κύριο πρότυπο, δηλαδή αυτό από το οποίο θα βγει το κομμάτι το χρωματίζουμε κόκκινο. Τυχόν προεξοχές στο κύριο πρότυπο για τις καρδιές

χρωματίζονται μαύρες. Τα μοντέλα ανάλογα με την περίπτωση χυτεύσεως κατασκευάζονται ολόσωμα ή διμερή. Το πιο συνηθισμένο υλικό για την κατασκευή των προτύπων είναι το ξύλο, γιατί είναι ελαφρό, μπορεί να κατεργαστεί εύκολα και ως πρώτη ύλη είναι σχετικά φθηνό. Το ξύλο για πρότυπα δεν πρέπει να υφίσταται στρέβλωση, όπως το ξύλο φλαμούρι. Ακόμα δεν πρέπει να είναι υγροσκοπικό. Επίσης χρησιμοποιείται γύψος, συνθετικές ρητίνες και διάφορα μέταλλα. Τα μεταλλικά μοντέλα έχουν μεγάλο κόστος παραγωγής και κατασκευάζονται από αλουμίνιο, μπρούτζο, χυτοσίδηρο κ.α. Για την χύτευση μεγάλου αριθμού κομματιών μεταχειριζόμαστε μεταλλικά πρότυπα.

Το κόστος του μοντέλου είναι κατώτερο από τα εξαρτήματα που χρειάζονται για την τύπωση σε μόνιμους τύπους ή υπό πίεση, η εκτέλεση του είναι ταχύτερη και η τελική κατεργασία του χυτού αντικειμένου είναι ευκολότερη.



3.1Ε ΑΜΜΟΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Το τύπωμα γίνεται σε ειδικό χώμα, που το χαρακτηρίζουμε ως χώμα χυτηρίου. Το χώμα αυτό πρέπει να έχει τέτοιες ιδιότητες που θα επιτρέψουν στην αποτύπωση να πραγματοποιηθεί με επιτυχία και τελικά να επιτευχθεί καλή ποιότητα των χυτών.

Το πιο συνηθισμένο χώμα χυτηρίου αποτελείται από άμμο (διοξείδιο του πυριτίου SiO_2) και από πηλό, που ενεργεί ως συνδετικό μέσο των κόκκων της άμμου. Πολλές φορές χρησιμοποιείται τεχνητή (συνθετική) άμμος αντί της

φυσικής αυτής άμμου και η οποία παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα (είναι πιο ομοιόμορφη στη σύσταση της, πιο πυρίμαχη). Επίσης, με το κατάλληλο συνδετικό υλικό χρησιμοποιείται σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις χυτεύσεως.



ΤΟ ΧΩΜΑ ΧΥΤΗΡΙΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ:

1. Πορώδες, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στον αέρα που υπάρχει μέσα στο αποτύπωμα να διαφύγει, όπως επίσης και στα αέρια και στους ατμούς που δημιουργούνται όταν το λιωμένο μέταλλο έρχεται σε επαφή με το χώμα.
2. Εύπλαστο, για να προσαρμόζεται εύκολα το σχήμα του προτύπου.
3. Συνεκτικό, ώστε να μην καταστρέφεται το αποτύπωμα τη στιγμή που αφαιρούμε το μοντέλο ή που αποχύνουμε το λιωμένο μέταλλο.
4. Πυρίμαχο, για να αντέχει και να μη λιώνει στις υψηλές θερμοκρασίες του τήγματος. Και το συνδετικό μέσο των κόκκων πρέπει να είναι πυρίμαχο.

Μεγάλη σημασία στη συμπεριφορά του χώματος χυτηρίου έχει το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων του. Λεπτόκοκκο χώμα δίνει λείες επιφάνειες χυτών. Χονδρόκοκκο χώμα διευκολύνει την έξοδο των αερίων από το αποτύπωμα, αλλά παρέχει ανώμαλες επιφάνειες χυτών.

Η υγρασία του χώματος κατέχει σπουδαίο ρόλο τόσο στο τύπωμα, όσο και στη χύτευση του μετάλλου. Για χώμα από άμμο και πηλό η υγρασία κυμαίνεται από 4% έως 8%. Υπερβολική υγρασία έχει ως αποτέλεσμα ελαττωματικά χυτά.

3.1ΣΤ ΤΥΠΩΜΑ

Το τύπωμα είναι μια από τις πιο σημαντικές εργασίες χύτευσης. Συνίσταται στη λήψη της μορφής του μοντέλου με τη βοήθεια της άμμου η οποία συμπιέζεται στο δάπεδο ή μέσα σε πλαίσια (κάσσες). Προκειμένου να

προστατευθεί το λιωμένο μέταλλο από την επίδραση της άμμου, η επιφάνεια του αποτυπώματος επαλείφεται με ένα ειδικό μονωτικό υλικό (φούμο).

A) Τύπωμα στο δάπεδο ή ανοιχτό τύπωμα:

Το τύπωμα στο δάπεδο είναι η πιο οικονομική μέθοδος για χύτευση κομματιών με απλή μορφή. Το πάνω μέρος του κομματιού, επειδή το καλούπι είναι ανοιχτό, είναι πάντα επίπεδο και έρχεται σε επαφή με τον αέρα, γεγονός που του προσδίδει μια επιφάνεια τραχεία και ανώμαλη. Η διεξαγωγή αυτού του τυπώματος συνίσταται στα εξής στάδια:

- I. Καθαρίζεται το δάπεδο και κοσκινίζεται η άμμος προσθέτοντας καινούργια. Στη συνέχεια απλώνεται και αλφαδιάζεται.
- II. Βυθίζεται το μοντέλο μέσα στην άμμο, χτυπώντας το ελαφρά με ένα ξύλινο κοπανιστήρι. Κατόπιν, ελέγχεται η επιπεδότητα με ένα αλφάδι και απομακρύνεται η άμμος που περισσεύει.
- III. Ελευθερώνεται το μοντέλο χτυπώντας το με ένα σφυρί και στη συνέχεια ανασηκώνεται με ένα γάντζο ή με τη βοήθεια κρίκων, που είναι εκ των προτέρων στερεωμένοι πάνω σε αυτό.

Μετά την αφαίρεση του μοντέλου στρώνεται με μια σπάτουλα το εσωτερικό του αποτυπώματος του που φθείρεται λίγο ή πολύ. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται με μια βελόνα μερικές τρύπες όσο το δυνατόν βαθύτερες για την απαγωγή των αερίων. Τέλος, επιχρίεται με σκόνη γραφίτη.

B) Τύπωμα σε πλαίσια (κάσσες) ή κλειστό τύπωμα:

Το τύπωμα αυτό διεξάγεται σε κάσσες. Οι κάσσες κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο και χρησιμεύουν για να συγκρατούν την άμμο του καλουπιού και να διευκολύνουν τις μετακινήσεις. Συνήθως είναι τετράγωνα ή ορθογωνικά, με τυποποιημένες διαστάσεις για πιο εύκολη χρήση. Φέρουν εσωτερικά νευρώσεις Γ για να συγκρατείται η άμμος και εξωτερικά χειρολαβές, καθώς και υποδοχές για το κεντράρισμα τους. Η διαδικασία αυτού του τυπώματος διεξάγεται ως εξής:

- I. Τοποθετείται το μισό μοντέλο μέσα στην κάσση, που στηρίζεται στον πάγκο και φορτώνεται με άμμο, η οποία συμπιέζεται με χτυπήματα. Στην συνέχεια αναστρέφεται η κάσση, επιπεδώνεται η επιφάνεια και επαλείφεται με σκόνη γραφίτη.
- II. Τοποθετείται το άλλο μισό του μοντέλου πάνω στο πρώτο και κεντράρεται η δεύτερη κάσση με την βοήθεια πείρων. Στην συνέχεια γεμίζει με άμμο και συμπιέζεται πάλι με χτυπήματα.
- III. Αποχωρίζονται οι κάσσες αναστρέφοντας τη δεύτερη και επαλείφεται η άμμος με σκόνη γραφίτη.

IV. Αφαιρείται το μοντέλο από τις δύο κάσσες και ανοίγει η τρύπα χύτευσης και τα εξαεριστικά. Στη συνέχεια, οι δύο κάσσες τοποθετούνται μαζί και το καλούπι είναι έτοιμο για χύτευση.

Όταν το προς χύτευση κομμάτι περιλαμβάνει ένα κοίλο τμήμα, δηλαδή ένα τμήμα που δεν πρέπει να γεμίσει με λιωμένο μέταλλο, τότε το τμήμα αυτό πρέπει να γεμίσει από άμμο του καλουπιού. Όταν αυτό δεν μπορεί να γίνει, γεγονός που συμβαίνει σχεδόν πάντα, τότε τοποθετούμε ένα ξεχωριστό κομμάτι συμπαγούς μάζας που λέγεται πυρήνας, αφού αφαιρέσουμε το μοντέλο. Οι πυρήνες κατασκευάζονται από άμμο όπως και το καλούπι, στους οποίους προσθέτουμε διάφορες ουσίες που διευκολύνουν την απαγωγή των αερίων και αυξάνουν τη συνοχή. Η τοποθέτηση των πυρήνων γίνεται με μεγάλη προσοχή και εφόσον το καλούπι είναι τελείως έτοιμο. Οι υποδοχές των πυρήνων πρέπει να ελέγχονται με σχολαστικότητα και ακριβείς μετρήσεις, με τις οποίες διαπιστώνεται αν οι υποδοχές που έχουν τυπωθεί στην άμμο του καλουπιού ανταποκρίνονται επακριβώς στις προκαθορισμένες θέσεις.

Γ) Περιτροφικό Τύπωμα:

Το περιστροφικό τύπωμα συνίσταται στην αφαίρεση της άμμου με τη βοήθεια ενός πτερυγίου, το οποίο μετατοπίζεται παράλληλα ή κάθετα προς τον άξονα του κομματιού που θέλουμε να χυτεύσουμε ανάλογα με το σχήμα και τη μορφή του. Επιπροσθέτως, εφαρμόζεται σε κομμάτια με συμμετρικό σχήμα, όπως τροχαλίες, σφόνδυλοι, καμπάνες κλπ., ενώ είναι ιδιαίτερα οικονομικό επειδή δε χρειάζεται η κατασκευή και χρησιμοποίηση μοντέλων. Είναι δυνατό να γίνει με εξωτερικό πτερύγιο, που είναι προτιμότερο επειδή η αφαίρεση της άμμου γίνεται ευκολότερα, και με εσωτερικό όπου η αφαίρεση της άμμου γίνεται δύσκολα, ιδιαίτερα όταν έχουμε να χυτεύσουμε κοίλα κομμάτια, μεγάλου ύψους. Το περιστροφικό τύπωμα πραγματοποιείται με την ίδια επιτυχία, είτε σε κάσσες είτε στο δάπεδο. Όταν τα κομμάτια που τυπώνουμε με περιστροφικό τύπωμα περιλαμβάνουν εσωτερικές λεπτομέρειες, όπως βραχίονες ή νευρώσεις, τότε για να βρούμε σωστά και γρήγορα τη θέση τους χρησιμοποιούμε ξύλινα στεφάνια, των οποίων την περιφέρεια έχουμε εκ των προτέρων διαιρέσει σε ανάλογα ίσα μέρη.

Δ) Μηχανικό Τύπωμα:

Το μηχανικό τύπωμα, όπως φανερώνει και η ονομασία του, πραγματοποιείται με τη βοήθεια μηχανών τυπώματος. Σε αυτή τη μέθοδο, που συνιστάται για μεγάλες σειρές παραγωγής, χρησιμοποιούνται πλάκες τυπώματος πάνω στις οποίες στερεώνεται το μοντέλο.

Οι πλάκες αυτές κατασκευάζονται από γύψο, τσιμέντο ή μέταλλο, ανάλογα με τον αριθμό των κομματιών προς τύπωση. Τα μοντέλα αντίστοιχα κατασκευάζονται από μπρούντζο, χυτοσίδηρο, κράμα μόλυβδου αντιμονίου,

εποξικές ρητίνες, ξύλο και ακόμα από γύψο ή τσιμέντο. Για τη δημιουργία του τυπώματος στερεώνεται η πλάκα πάνω στο τραπέζι της μηχανής και τοποθετείται παράλληλα η αντίστοιχη κάσσα η οποία γεμίζει με άμμο. Στη συνέχεια, συμπιέζεται η άμμος με ένα έμβολο και παραλαμβάνεται το αποτύπωμα του κομματιού. Τέλος, απομακρύνεται το έμβολο, ελευθερώνεται η κάσσα, η οποία και μεταφέρεται σε θέση χύτευσης. Γενικά, όλες οι μηχανές τυπώματος τυπώνουν με σύστημα αντιγραφής, έχοντας σαν οδηγό την πλάκα μοντέλο.

Ε) Τύπωμα του χαμένου κεριού:

Οι προαναφερόμενες μέθοδοι τυπώματος απαιτούν για την κατασκευή του αποτυπώματος τη χρησιμοποίηση δύο ή περισσότερων συναρμολογούμενων τμημάτων. Ωστόσο, όπως καταδεικνύει η εμπειρία δεν είναι δυνατόν να μας δώσουν μεγάλη ακρίβεια διαστάσεων, όσο και αν η συναρμολόγηση αυτών των τμημάτων που αποτελούν το μοντέλο ή το καλούπι γίνει με μεγάλη προσοχή.

Το γεγονός αυτό επιβάλλει τη χρήση μιας μεθόδου που επιτρέπει την κατασκευή μονοκόμματου καλουπιού, το οποίο να περιέχει το αποτύπωμα του μοντέλου και να εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια διαστάσεων και εξαιρετικά λεία επιφάνεια του χυτεύμενου κομματιού. Μια τέτοια μέθοδος είναι αυτή του χαμένου κεριού. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ο υψηλός βαθμός φινιρίσματος και η μεγάλη ακρίβεια των διαστάσεων. Αντιθέτως, το κυριότερο μειονέκτημα είναι η ανάγκη χρήσης ενός μοντέλου για κάθε χυτό κομμάτι, επειδή το μοντέλο καταστρέφεται με τήξη ή καύση.

∅ **Κατασκευή του μοντέλου.** Τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα πρέπει να έχουν πάντα την ίδια ακρίβεια και γι' αυτό κατασκευάζονται σε διαιρούμενα κογγυλοειδή καλούπια με έγχυση. Κατασκευάζονται μεμονωμένα ή πολλά μαζί, ανάλογα με τον όγκο και τη μορφή, από ένα μείγμα κεριού ή συνθετικής ρητίνης και συμπιέζονται σε ειδικές πρέσες των οποίων η θερμοκρασία ρυθμίζεται με ακρίβεια.

∅ **Τύπωμα.** Τα μοντέλα αυτά όταν είναι έτοιμα βυθίζονται σε μια υγρή μάζα που αποτελείται από ειδική πυρίμαχη άμμο χύτευσης και συνδετικό υλικό, με αποτέλεσμα να καλύπτονται από ένα ομοιόμορφο στρώμα πάχους 0,5 έως 1 mm. Αυτό το στρώμα περιέχει τη μορφή του επιθυμητού κομματιού που θέλουμε και παρουσιάζει μια πολύ λεία εσωτερική επιφάνεια. Στη συνέχεια, αφού στεγνώσουν στον αέρα, τοποθετούνται σε ένα ανοιχτό μεταλλικό δοχείο, το οποίο γεμίζει με πυρίμαχη άμμο. Τέλος, συμπιέζεται η άμμος και θερμαίνεται, ώστε να λιώσει το κεριό και να απομείνει το αποτύπωμα.



3.1Z ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΧΥΤΗΡΙΟΥ

Εκτός από τα απαραίτητα εργαλεία και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την χύτευση ενός κομματιού είναι αναγκαία κι άλλα εργαλεία εξίσου σημαντικά για την καλή ποιότητα χύτευσης. Έτσι λοιπόν εκτός από τα πλαίσια, τις καρδιές κ.τ.λ. χρησιμοποιούνται και τα εξής:

- Φτυάρι για την μετακίνηση της άμμου.
- Κόσκινο, με το οποίο κοσκινίζεται η άμμος για την μετατροπή της σε λεπτούς κόκκους και τον καθαρισμό της πριν τοποθετηθεί στο πλαίσιο.
- Ειδικό κόπανο χώματος που χρησιμοποιείται για την τακτοποίηση της άμμου γύρω από το πρότυπο μέσα στο πλαίσιο.
- Μεταλλικός ή ξύλινος πήγης μακρύτερο από το πλάτος του πλαισίου για την ισοπέδωση και τον καθαρισμό της άμμου, όταν αυτή βρίσκεται πάνω από τα όρια του πλαισίου.
- Ειδική σπάτουλα (μυστρί) που το χρησιμοποιούμε για την τακτοποίηση των επιφανειών διαχωρισμού των δύο μερών του καλουπιού.
- Ένα ψιλοαλεσμένο υλικό (πούδρα) για την αποφυγή προσκόλλησης της άμμου στην επιφάνεια διαχωρισμού των δύο μερών του καλουπιού. Με το υλικό αυτό επιχρίονται οι δύο επιφάνειες αφού πριν έχουν διαμορφωθεί με τη σπάτουλα.
- Ειδικό κώνο ή κύλινδρο (από μέταλλο ή ξύλο) για το άνοιγμα οπών και διανοιγμάτων που θα περάσει το ρευστό μέταλλο για να πάει στο αποτύπωμα.
- Ειδική βελόνα για τη δημιουργία οπών στο πάνω μέρος του καλουπιού για τη διαφυγή των ατμών και των αερίων που σχηματίζονται όταν το ρευστό μέταλλο έρθει σε επαφή με την υγρή άμμο.
- Κουτάλι και σπάτουλα για τη διόρθωση ενός καλουπιού που υπέστη ζημιά.

- Βολβοειδή σπόγγο που χρησιμοποιείται για να βρέξουμε την άκρη του αποτυπώματος πριν σηκωθεί το πρότυπο. Απαιτείται προσοχή, γιατί το πολύ βρέξιμο μπορεί να γίνει αιτία κακής χύτευσης.
- Διαμορφωτή αυλακιών που είναι ένα λεπτό κομμάτι από λαμαρίνα, για την χάραξη του αυλακιού μεταξύ του αποτυπώματος και του πυθμένα των διανοιγμάτων και των οπών για την έγχυση των μετάλλων.
- Πυρίμαχο δοχείο που συνήθως κρέμεται και μετακινείται από αερογέφυρα για τη μεταφορά του τηγμένου πλέον μετάλλου από την κάμινο.
- Φυσερό για την απομάκρυνση από το αποτύπωμα των μορίων ελεύθερης άμμου που πέφτουν σ' αυτό κατά τη διαδικασία του τυπώματος.

3.1Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΣΕ ΑΜΜΟ

Αρχικά τοποθετείται το πλαίσιο στο τραπέζι ή και στο δάπεδο και φορτώνεται με χώμα χυτηρίου. Βυθίζεται σε αυτό το πρότυπο, σε βάθος ανάλογο με το σχήμα του προτύπου, συνήθως ως τη μέση. Κοπάνιζεται ομοιόμορφα το χώμα, που είναι μέσα στο πλαίσιο με ειδικούς για το σκοπό αυτό κοπάνους, προσεκτικά ώστε μην χτυπηθεί το πρότυπο. Κατόπιν, η επιφάνεια του χώματος στρώνεται με ειδικά μυστριά. Επάνω στην επιφάνεια του χώματος επιχρίεται ένα λεπτό στρώμα συνήθως από στεγνή άμμο θαλάσσης (μπορούμε αντί για άμμο να χρησιμοποιήσουμε άμμο από γραφίτη). Η άμμος αυτή τοποθετείται για να εμποδίζει τις δύο χωμάτινες επιφάνειες των πλαισίων να κολλήσουν και να χαλάσουν τη στιγμή που θα χωρίσουν τα δύο πλαίσια για να αφαιρεθεί το πρότυπο.

Το κοπάνισμα του χώματος και στο κάτω και στο άνω πλαίσιο γίνεται για να κάνει το χώμα συμπαγές. Αν το λιωμένο μέταλλο πέσει σε ακοπάνιστο χώμα μπορεί, λόγω του βάρους του, να κάνει το χώμα να υποχωρήσει όλο μαζί σε ορισμένες θέσεις. Έτσι το χυτό θα βγει παραμορφωμένο. Αν πάλι το χώμα γίνει πολύ σφιχτό από υπερβολικό κοπάνισμα θα εμποδίζεται η έξοδος των αερίων και το χυτό θα βγει ελαττωματικό (θα σχηματιστούν σπήλαια κ.τ.λ.).

Μετά το κοπάνισμα δημιουργούνται στο χώμα με κατάλληλη βελόνα οι οπές εξαερισμού για να διαφεύγει ο ατμός ή ο αέρας. Οι οπές αυτές δημιουργούνται με την αιχμή της βελόνας και σταματούν 3mm έως 4mm από την επιφάνεια του αποτυπώματος. Αφού είναι έτοιμος πλέον ο εξαερισμός του αποτυπώματος αφαιρείται το πρότυπο.

Η αφαίρεση του προτύπου απαιτεί μεγάλη προσοχή και εκτελείται ως εξής:

Αφαιρούνται οι οδηγητικοί πείροι και ανασηκώνεται προσεκτικά το άνω πλαίσιο. Έπειτα, βρέχεται λίγο η περιοχή του χώματος κοντά στο μοντέλο με ένα σφουγγαράκι βρεγμένο. Έτσι αποφεύγεται ο κίνδυνος να σπάσουν οι γωνίες

του αποτυπώματος. Το μοντέλο αποχωρίζεται τελείως από το χρώμα και απομακρύνεται χτυπώντας ελαφρά με ξυλόσφυρο.

Μετά την αφαίρεση του μοντέλου, ακολουθεί η κατασκευή των απαραίτητων οχετών, του οχετού εισροής και του οχετού εξαγωγής, όπως και των αντίστοιχων χωνιών. Με τον οχετό εισροής προσάγεται το λιωμένο μέταλλο στο αποτύπωμα. Ο οχετός εξαγωγής βοηθά στον εξαερισμό και στο καθάρισμα του λιωμένου μετάλλου(από τις ακαθαρσίες, που είναι δυνατό να υπάρχουν σε αυτό ή στο αποτύπωμα).

Οι οχετοί αυτοί διαμορφώνονται είτε στο χρώμα του άνω πλαισίου με τη βοήθεια ενός σωλήνα από λεπτή λαμαρίνα, που πιέζεται μέσα στο χρώμα, είτε κατά τη διάρκεια της τυπώσεως με τοποθέτηση όρθιου ενός στρογγυλού μεταλλικού ή ξύλινου κομματιού, πριν γεμιστεί το άνω πλαίσιο με χρώμα.

Οι οχετοί είναι δυνατό να κατασκευαστούν έτσι, ώστε να συγκοινωνούν κατευθείαν με το αποτύπωμα ή να βρίσκονται λίγο μακρύτερα και να ενώνονται με αυτό με ένα οριζόντιο οχετό.

Οι οχετοί πρέπει να καταλήγουν σε κατάλληλες θέσεις του αποτυπώματος, ώστε κατά την απομάκρυνση του μετάλλου που θα αφήσουν (τις επονομαζόμενες μπουκαδούρες) να μην προκαλείται με το σπάσιμο καμία ζημιά στο χυτό.

Για την αποφυγή του κολλήματος του χρώματος στο μέταλλο, καθώς και για την επίτευξη καλύτερης τραχύτητας επιφανείας των χυτών διεξάγεται μια διαδικασία που ονομάζεται γραφίτωμα του αποτυπώματος. Το γραφίτωμα μπορεί να γίνει είτε ρίχνοντας σκόνη γραφίτωμα επάνω στην επιφάνεια του αποτυπώματος, είτε χρωματίζοντας την άμμο με βογιό από γραφίτη, καρβονόσκονη ή κάποιο κατάλληλο συνδετικό υλικό (γόμα, άργιλο ή μελάσα) και νερό.

Πριν επανασυνδεθούν τα πλαίσια, το αποτύπωμα καθαρίζεται σχολαστικά από τυχόν ακαθαρσίες και ιδίως από το χρώμα με τη βοήθεια φυσερού. Τοποθετείται το ένα πλαίσιο πάνω στο άλλο, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή ώστε το πλαίσιο με τις οπές και τους οχετούς εξαερισμού να βρίσκεται προς τα επάνω.

Έπειτα καλύπτονται οι είσοδοι των οχετών, για να προφυλαχθεί το αποτύπωμα από ακαθαρσίες ως τη στιγμή της χυτεύσεως.

Τέλος, τοποθετούνται οι οδηγητικοί πείροι, ασφαρίζονται με ασφαλιστικές σφήνες και τοποθετούνται πάνω στα πλαίσια βάρη για την αποφυγή ανασηκώματος του άνω πλαισίου κατά την απόχυση του λιωμένου μετάλλου λόγω της πίεση που δημιουργούν τα σχηματιζόμενα αέρια και οι υδρατμοί. Έτσι, τα πλαίσια είναι έτοιμα να δεχτούν το λιωμένο μέταλλο.

Σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε καρδιά ή καρδιές, το πρότυπο διαμορφώνεται με πρέντια, έτσι ώστε να δημιουργηθούν στο αποτύπωμα οι κατάλληλες υποδοχές για την στήριξη της καρδιάς.

3.1Θ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ

Αφού κατασκευαστεί το καλούπι, γίνει η τήξη του μετάλλου και η έγχυσή του στο αποτύπωμα, ακολουθεί ο καθαρισμός του χυτού που γίνεται κυρίως με ειδικό τροχό (σβουράκι-κόφτρα) και στην συνέχεια η επιθεώρηση του, η οποία εξαρτάται από το ίδιο το κομμάτι. Συνήθη επιφανειακά ελαττώματα των χυτών μπορούν να εντοπιστούν με οπτική επαφή. Ανάλογα με τη χρήση του κομματιού μπορεί να γίνει επιθεώρηση με ακτίνες X ή ακόμα και με υδραυλική πίεση, η οποία πραγματοποιείται με διεισδυτικά υγρά τα οποία περνούν από το αντικείμενο για τον εντοπισμό οπών και στεγανότητας.

- ▼ Εάν η χρήση του χυτού αντικείμενου υπαγορεύει ακριβείς ανοχές πρέπει να χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι, οι οποίες υποχρεώνουν την κατασκευή τύπων μιας χρήσεων. Αυτή είναι η μέθοδος ΚΡΟΝΙΝΓΚ, η τύπωση στο γύψο ή σε κερί.

3.2 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΡΟΝΙΝΓΚ

Ονομάζεται επίσης SHELL-MOLDING και κάνει χρήση των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων ενός μίγματος άμμου και θερμοσκληρυνόμενων ρητινών.

Με την επαφή του μίγματος με μοντέλο που έχει προθερμαθεί στους 200°C για 15 ή 20 δευτερόλεπτα δημιουργείται μια ξηρά και στερεά κρούστα (σκελετός) έτοιμη για χρήση. Αυτή αποτελεί το μισό του τύπου. Η συνένωση δύο τέτοιων τεμαχίων συνιστά τον τύπο.

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται:

- Ø Ταχύς ρυθμός παραγωγής: 50-60 τεμάχια ωριαίως.
- Ø Καλή ακρίβεια και ομοιομορφία(της τάξεως των 0,15mm).
- Ø Καλή επιφάνεια συγκρινόμενη με τα χυτά αντικείμενα που παίρνουμε από μεταλλικούς τύπους.

Η μέθοδος αυτή όμως μειονεκτεί στο ότι η κατασκευή του μοντέλου είναι αρκετά δαπανηρή από αλουμίνιο, χυτοσίδηρο ή μπρούτζο. Και οι καρδιές μπορούν να κατασκευαστούν με την ίδια μέθοδο. Για το λόγο αυτό δεν συνιστάται για την κατασκευή λίγων τεμαχίων, αλλά για ποσότητα τέτοια που επιτρέπει την απόσβεση των εργαλείων (π.χ. πάνω από 500 τεμάχια).

3.3 ΤΥΠΩΣΗ ΣΕ ΚΕΡΙ (FINE CASTING)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την τύπωση μικρών τεμαχίων, των οποίων η ακρίβεια είναι τέτοια ώστε αποφεύγεται οποιαδήποτε περαιτέρω μηχανουργική επεξεργασία. Πραγματοποιείται ως εξής:

- Ø Κατασκευή μεταλλικού μοντέλου μηχανικά κατεργασμένου με μεγάλη ακρίβεια
- Ø Λήψη από το παραπάνω μοντέλο ενός έκτυπου από καουτσούκ
- Ø Έκχυση στο έκτυπο (κογχύλι) κεριού υπό πίεση
- Ø Κάλυψη του κεριού με μίγμα γύψου ή πυριτίου
- Ø Στέγνωμα του τύπου κατά την διάρκεια του οποίου το κερί ρέει (αδειάζει) από ειδική οπή

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την ταχεία τύπωση προτύπων χυτών και μπορεί να εφαρμοστεί για μέτρια ποσότητα. Είναι δυνατό να επιτύχουμε στα χυτά αυτά οπές μικρής διαμέτρου όπως επίσης και σπειρώματα.

- ✓ Στις περιπτώσεις που απαιτούνται αυστηρότερες ανοχές χρησιμοποιείται μια από τις δύο παρακάτω μεθόδους:

3.4 ΤΥΠΩΣΗ ΣΕ ΓΥΨΟ

Το χρησιμοποιούμενο υλικό είναι ειδικός γύψος αναμεμιγμένος με νερό και έχει χυτευθεί σε μοντέλο, από το οποίο λαμβάνεται το έκτυπο ή εκμαγείο. Ακολουθεί αφυδάτωση και συναρμολόγηση των διαφόρων στοιχείων.

Οι παραμορφώσεις του τύπου είναι αμελητέες και γι' αυτό επιτυγχάνεται:

- Ø Μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις.
- Ø Μεγάλη επιφανειακή λεπτότητα κόκκων, συγκρινόμενη με αυτή που επιτυγχάνεται συνήθως με την τύπωση υπό πίεση.

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την εκτέλεση περίπλοκων σχημάτων και μειώνει στο ελάχιστο ή και εξαφανίζει τελείως την ανάγκη περαιτέρω πολυέξοδης μηχανουργικής κατεργασίας.

Ο γύψος είναι υλικό πυρίμαχο και κακός αγωγός. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των χυτών που τυπώνονται με αυτόν τον τρόπο είναι μέτρια. Η αργή ψύξη εμποδίζει την δημιουργία εσωτερικών τάσεων και εξασφαλίζει ικανοποιητική σταθερότητα στις διαστάσεις των χυτών. Η τύπωση στον γύψο προϋποθέτει την κατασκευή μοντέλου μεγάλης ακρίβειας.

3.5 ΜΟΝΙΜΟΙ ΤΥΠΟΙ

Η τύπωση σε μόνιμους τύπους περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων στις οποίες γίνεται χρήση μεταλλικών τύπων. Η ανάγκη απόσβεσης της αξίας των μεταλλικών τύπων, η οποία αντιπροσωπεύει μια δαπάνη, απαιτεί την ύπαρξη εύλογου αριθμού τεμαχίων για τύπωση. Οι μέθοδοι οι οποίες εξετάζονται παρακάτω επιτρέπουν την επίτευξη:

- Ø Ικανοποιητικών ανοχών στις διαστάσεις
- Ø Ομαλή επιφάνεια
- Ø Μείωση ή απλοποίηση της περαιτέρω μηχανουργικής κατεργασίας
- Ø Ομοιομορφία στα σχήματα και τις διαστάσεις
- Ø Μεγάλους ρυθμούς παραγωγής
- Ø Αισθητή μείωση του κόστους παραγωγής



3.6 ΤΥΠΩΣΗ ΣΕ ΚΟΓΧΥΛΙ ΜΕ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

Στην διαδικασία αυτή ο τύπος γεμίζει με υγρό μέταλλο μόνο με την επίδραση της βαρύτητάς του. Εκτός από τα γενικά πλεονεκτήματα που προαναφέρθηκαν, επιτυγχάνονται υψηλά μηχανικά χαρακτηριστικά και ικανοποιητική στεγανότητα των χυτών.

Η τύπωση σε κογχύλι επιτρέπει την χρήση κραμάτων επιδεχόμενων θερμική κατεργασία και ανοδίωση. Οι καρδιές είναι δυνατό να έχουν κατασκευαστεί από άμμο, εφόσον το σχήμα των χυτών το απαιτεί. Οι διαστάσεις και το βάρος των χυτών περιορίζεται σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα παραδεδομένα σε 20mm.

Η σχεδίαση ενός χυτού για τύπωση σε κογχύλι, χρήζει μεγάλης επισταμένης μελέτης για να αποφεύγονται όσο είναι δυνατόν οι δυσκολίες και οι περιπλοκές στην κατασκευή και την χρήση του τύπου. Συμφέρει π.χ. να απλοποιούνται οι εσωτερικές μορφές και να μεταφέρονται οι δυσκολίες στις εξωτερικές όψεις.

Οι μεταλλικοί τύποι είναι δυνατό να μηχανοποιηθούν για την αποσυναρμολόγηση (άνοιγμα) την εξαγωγή της καρδιάς κτλ. Στο εμπόριο

διατίθενται μηχανές στις οποίες είναι δυνατό να εφαρμοστούν διάφοροι τύποι απλών κογχυλιών. Για την παραγωγή μεγάλων σειρών, ειδικά συγκροτήματα επιτρέπουν τον προγραμματισμό των διαφόρων φάσεων της τύπωσης με προκαθορισμένο κύκλο ενεργειών. Εξασφαλίζουν σταθερή ποιότητα και είναι εφοδιασμένα με αυτόματα τροφοδοσία υγρού μετάλλου.

3.7 ΧΥΤΕΥΣΗ ΥΠΟ ΥΨΗΛΗ ΠΙΕΣΗ

Η χύτευση υπό υψηλή πίεση ή σε μήτρα μοιάζει με την χύτευση σε μόνιμο καλούπι και σε χαμηλή πίεση και είναι μια διαδικασία κατά την οποία ασκούμε πίεση για αναγκάσουμε το λιωμένο μέταλλο να μεταφερθεί ταχύτατα (από κάποιο κάδο ή λουτρό) και να γεμίσει την κοιλότητα μιας μεταλλικής μήτρας ή κοιλότητα της μήτρας έχει τη μορφή του κομματιού, που πρόκειται να χυτεύσουμε. Το μέταλλο εκχύνεται υπό πίεση 200 έως 1000 kg/cm² με μεγάλη ταχύτητα εντός μεταλλικού τύπου.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ισχυρές πιέσεις και την υψηλή ταχύτητα έκχυσης η κατασκευή του τύπου δεν γίνεται από χυτοσίδηρο όπως στην άλλη μέθοδο. Για να αποφευχθεί η ταχεία φθορά, αυτοί κατασκευάζονται από ειδικούς χάλυβες δύσκολα κατεργάσιμων. Οι τύποι υποβάλλονται σε μηχανουργική σε θερμική κατεργασία.

Οι μήτρες κατασκευάζονται από ανθρακούχο χάλυβα με μέση περιεκτικότητα σε άνθρακα για χύτευση κραμάτων με χαμηλό σημείο τήξεως (π.χ. κράματα ψευδαργύρου) και από χαλυβοκράματα για τη χύτευση κραμάτων με υψηλότερο σημείο τήξεως. Για μήτρα χυτεύσεως κραμάτων του χαλκού π.χ. μεταχειριζόμαστε ένα χάλυβα εργαλείων με χρώμιο, μολυβδαίνιο, βολφράμιο και κολβάτιο. Οι μήτρες κατασκευάζονται από μέταλλα, κυρίως χάλυβα ή ανθρακούχο χάλυβα για να είναι ανθεκτικές στις μεγάλες πιέσεις.

Η χρησιμοποίηση κραμάτων υποκειμένων σε θερμική κατεργασία δεν είναι προς το παρόν δυνατή με αυτήν την μέθοδο χύτευσης χωρίς μεγάλες προφυλάξεις και η ανοδίσωση για διακοσμητικούς σκοπούς των χυτών της κατηγορίας αυτής εξακολουθεί να αποτελεί μια διαδικασία αρκετά λεπτή.

Το αρχικό κόστος μιας μήτρας είναι αρκετά υψηλό σε σύγκριση με το κόστος ενός ξύλινου προτύπου και λίγων αποτυπωμάτων στο χώμα. Άρα η χύτευση σε μήτρα συμφέρει οικονομικά σε παραγωγή μεγάλου αριθμού όμοιων χυτών.

Η χύτευση σε μήτρας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

1. Η ταχύτατη μεταφορά του λιωμένου μετάλλου από το έμβολο στην κοιλότητα της μήτρας. Έχει ως αποτέλεσμα πολύ μικρή απώλεια θερμότητας. Αυτό διευκολύνει την χύτευση κομματιών με λεπτά τοιχώματα 2,6-2,37mm το λιγότερο. Η μεταφορά μπορεί να γίνει και με ρομπότ.

2. Περιορίζεται σημαντικά η συστολή στο χυτεύμενο κομμάτι, λόγω της εσωτερικής ψύξης του καλουπιού κατά την στερεοποίηση του αντικειμένου.
3. Παράγονται χυτά πολύ καλής ποιότητας. Λόγω των πιέσεων δημιουργείται ανομοιογένεια στην κοκκομετρία των μετάλλων, άρα και διαφορές στα μηχανικά χαρακτηριστικά του χυτού. Η γρήγορη στερεοποίηση στη μεταλλική μήτρα δίνει λεπτόκοκκο κρυσταλλικό ιστό, άρα και αυξημένη μηχανική αντοχή στο χυτό.
4. Επιτυγχάνεται ακρίβεια στις διαστάσεις και βελτιωμένη τραχύτητα επιφανείας του χυτού. Αυτό σημαίνει μικρότερο κόστος των κατεργασιών.
5. Η μεγάλη παραγωγικότητα. Η παραγωγή μπορεί να φτάσει τα 1000 κομμάτια την ώρα, ανάλογα με το ανάπτυγμα και τα κυβικά εκατοστά που θα χυτευθούν.
6. Παράγονται χυτά με αυξημένα μηχανικά χαρακτηριστικά, με χαμηλό όριο ελαστικότητας και επιμήκυνσης.
7. Τα υλικά που χυτεύονται σήμερα σε μήτρες με επιτυχία περιορίζονται σε ορισμένα κράματα με βάση τον ψευδάργυρο (π.χ. $\pi(\text{Al})=3,5\%$ έως $4,3\%$, $\pi(\text{Cu})=0,75\%$ έως $1,25\%$ και το υπόλοιπο ψευδάργυρο), όπως και ορισμένα με βάση το αργίλιο (π.χ. $\pi(\text{Si})=9,0\%$ έως $11,5\%$, $\pi(\text{Fe})=1,0\%$ και το υπόλοιπο αργίλιο).

Το ακριβό κόστος κατασκευής των τύπων υπαγορεύει την τύπωση σε χυτοπρέσα μόνο σε περιπτώσεις μεγάλου αριθμού όμοιων τεμαχίων. Παρόλα αυτά η εν λόγω μέθοδος αναπτύσσεται ταχέως διότι παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ∅ Λεπτά τοιχώματα χυτών (1-2mm) και αυτό είναι η ελαφρότερη κατασκευή
- ∅ Αυστηρές ανοχές στις διαστάσεις (0,05mm για 25mm)
- ∅ Χυτά που απαιτούν ελάχιστη ή καμία εκχόνδριση ή περαιτέρω κατεργασία. Αυτή περιορίζεται σε ελαφρά διόρθωση των συναρμολογούμενων επιφανειών στην απόφραξη ορισμένων οπών, στην τελική διαμόρφωση ορισμένων διατρήσεων ακριβείας όπως επίσης και στην κατασκευή των ενδεχομένως απαιτούμενων σπειρωμάτων.
- ∅ Αξιοσημείωτη ομοιομορφία στις διαστάσεις, που επιτρέπει την ταχεία και εύκολη συναρμολόγηση με τα άλλα στοιχεία της κατασκευής. Γι' αυτό η χρήση καρδιάς από άμμο είναι αδύνατη. Σε ορισμένες μόνον περιπτώσεις δύναται να γίνει χρήση φθαρτής καρδιάς ειδικής τεχνικής.

Η χύτευση σε μήτρα εμφανίζεται σε δύο βασικούς τύπους, στη χύτευση όπου το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε θερμό θάλαμο μέσα στη μηχανή χύτευσης (χυτοπρέσα) και στη χύτευση όπου το μέταλλο λιώνει εκτός της μηχανής χύτευσης και τοποθετείται σε θάλαμο, όπου συμπιέζεται και οδηγείται στη μήτρα. Στη μέθοδο θερμού θαλάμου το λιωμένο μέταλλο μεταφέρεται στην κοιλότητα του καλουπιού με τη βοήθεια πίεσης που ασκείται από ένα έμβολο ή

με πίεση από αέρα και μέσω ενός αγωγού σε μορφή λαιμού χήνας. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται σε αυτή την περίπτωση είναι Cu, Al. Στην μέθοδο του ψυχρού θαλάμου το λιωμένο μέταλλο μεταφέρεται με δοχείο και αποχύνεται στο εσωτερικό ενός αγωγού, όπου με τη βοήθεια εμβόλου συμπιέζεται και γεμίζει τη μήτρα. Χρησιμοποιείται κυρίως ψευδάργυρος (ZAMAK). Και στις δύο προαναφερόμενες περιπτώσεις, το χυτό αντικείμενο απομακρύνεται με κατάλληλους εξολκείς και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Οι μήτρες έχουν εσωτερικές ψύξεις με νερό που κρατά τη θερμοκρασία σταθερή, ώστε να μην έχουμε ρωγμές.

Οι διαστάσεις των χυτών που λαμβάνουμε υπό πίεση βρίσκονται σε σταθερή άνοδο. Εξαρτώνται φυσικά από την ισχύ της μηχανής χύτευσης. Οι σύγχρονες μηχανές χύτευσης επιτρέπουν την έκχυση 35 έως 40 kg υγρού μετάλλου.

Ο ρυθμός εκχύσεως εξαρτάται από το είδος της μηχανής χύτευσης όπως και από το βάρος και τις διαστάσεις του χυτού. Ο ρυθμός αυτός περιλαμβάνεται μεταξύ 20 και 150 τεμαχίων ωριαίως. Ο τύπος μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα από ένα έκτυπα, οπότε ο ρυθμός παραγωγής πολλαπλασιάζεται ανάλογα.

Η τροφοδότηση υγρού μετάλλου γίνεται με το χέρι στις χυτοπρέσες μικρής ισχύος. Για σημαντικά βάρη εκχυόμενου μετάλλου, η τροφοδότηση μπορεί να πραγματοποιηθεί και αυτομάτως. Οι πλέον σύγχρονες μηχανές είναι εφοδιασμένες με μηχανισμό, που επιτυγχάνει ημιαυτοματισμό ή απόλυτο αυτοματισμό κατά προκαθορισμένο και επαναλαμβανόμενο κύκλο.

Η μελέτη και η σχεδίαση των χυτών που λαμβάνουμε από τύπωση υπό πίεση πρέπει να γίνεται πάντοτε με την μέγιστη προσοχή και συνίσταται επισταμένως στους κατασκευαστές να συνεργάζονται στενά με εξειδικευμένα χυτήρια για τον καθορισμό του περισσότερο ευνοϊκού σχήματος. Με τον τρόπο εξασφαλίζεται η αποφυγή των υπερβολικών δυσκολιών στην τύπωση, οι οποίες ζημιώνουν την ποσότητα του κόστους του τύπου και της αναπαραγωγής.

Τέλος, η τύπωση υπό πίεση επιτρέπει την αναπαραγωγή χυτών με αρκετά φθινό κόστος, λαμβάνοντας υπ' όψιν την ακρίβεια και τις διαστάσεις, την επίτευξη του μικρότερου δυνατού βάρους και του περιορισμού στο ελάχιστο των εξόδων περαιτέρω μηχανουργικής κατεργασίας.

3.8 ΧΑΜΗΛΗ ΠΙΕΣΗ

Η χύτευση υπό χαμηλή πίεση διαφέρει από τη χύτευση σε μόνιμο καλούπι στη διαδικασία εισόδου του λιωμένου μετάλλου. Το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε ειδικό δοχείο που θερμαίνεται συνεχώς και αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι μέσω πίεσης, η οποία παραμένει μέχρι το υλικό να στερεοποιηθεί. Δηλαδή χρησιμοποιεί ελαφρά πίεση αέρα στο μέταλλο, της τάξεως των 700 έως 800 gr/cm², η οποία το εξαναγκάζει να γεμίσει το κογγύλι.

Το συγκρότημα περιλαμβάνει κλειστό φούρνο στο κάλυμμα του οποίου εφαρμόζεται το κογχύλι. Το έκτυπο γεμίζει υπό την πίεση του αέρα, από κάτω προς τα επάνω και η στερεοποίηση πραγματοποιείται από πάνω προς τα κάτω και η πίεση διατηρείται μέχρι την αποπεράτωση της στερεοποίησης του χυτού. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Ø Αρκετά περιορισμένες απώλειες από τις απορρίψεις (μπουκαδούρες)
- Ø Ταχεία και φθηνή εκχόνδριση
- Ø Ομαλή μηχανική πλήρωση του τύπου χωρίς την μεσολάβηση χεριών

Μόλις σταματήσει η πίεση το χυτό απομακρύνεται, ενώ το παραμένον λιωμένο μέταλλο στον αγωγό επιστρέφει στο δοχείο. Η μέθοδος αυτή δίνει μεσαίας τάξεως ποιότητα επιφανείας στο χυτό και διαστατική ακρίβεια. Χρησιμοποιείται για την χύτευση αλουμινίου σε γύψινα καλούπια και χυτοσιδηρά.

Στην τύπωση υπό χαμηλή πίεση οι καρδιές κατασκευάζονται από άμμο, αλλά στην περίπτωση αυτή ο ρυθμός παραγωγής είναι μικρότερος από αυτών που επιτυγχάνεται με τον κλασσικό τρόπο χύτευσης σε κογχύλι.

Η μέθοδος αυτή επίσης επιτρέπει την κατασκευή χυτών αρκετά πολύπλοκων σχημάτων μέσου βάρους.

Παραλλαγή της μεθόδου αυτής είναι η χύτευση σε κενό. Στη μέθοδο αυτή, η άμμος συγκρατείται στο καλούπι με τη βοήθεια του κενού. Τα δύο τμήματα του καλουπιού επικαλύπτονται με λεπτό στρώμα πλαστικού, ώστε να διατηρείται το κενό αυτό. Τα μοντέλα στη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται όπως στις προηγούμενες μεθόδους.

3.9 ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΑΝΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ΧΩΝΙΟΥ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Στη διαδικασία αυτή ο τύπος βρίσκεται στερεωμένος στην οπή χωνιού ειδικής κατασκευής το οποίο περιέχεται εντός ηλεκτρικού φούρνου αντιστάσεων.

Η πλήρωση του τύπου εξασφαλίζεται με μια ή δύο ροές μικρής διατομής μέσα από τις οποίες διέρχεται το υγρό μέταλλο με την ανατροπή του χωνιού χυτεύσεως. Η στερεοποίηση επιτυγχάνεται μέσω του στατικού φορτίου του μετάλλου το οποίο περιλαμβάνεται σε υγρή κατάσταση εντός του χωνιού και εξασφαλίζει την ικανοποιητική τροφοδοσία του τύπου.

Όλες οι κινήσεις, δηλαδή η κλίσεις του χωνιού, η επιστροφή στην κατακόρυφη θέση, το άνοιγμα του τύπου, ελέγχονται αυτομάτως χωρίς καμία παρέμβαση του χυτού.

Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει τα παρακάτω κύρια πλεονεκτήματα:

- Ø Αρκετά περιορισμένες απώλειες από τις απορρίψεις (μπουκαδούρες)
- Ø Εύκολη και οικονομική εκχόνδριση
- Ø Μηχανική πλήρωση του έκτυπου και τέλεια ποιότητα παραγωγής

- Ø Αυξημένη παραγωγικότητα. Η πλήρης μηχανοποίηση επιτρέπει σε ένα τεχνίτη να επιβλέπει πολλές μηχανές συγχρόνως
 - Ø Ακριβή προγραμματισμό παραγωγής έπειτα από τις αναγκαίες ρυθμίσεις
- Για τους λόγους αυτούς οι δυνατότητες της περιορίζονται σε τεμάχια μέσου μεγέθους που εξαρτάται από την χωρητικότητα και την απόδοση του χωνιού χύτευσης.



3.10 ΣΥΝΕΧΗΣ ΧΥΤΕΥΣΗ

Στη συνεχή χύτευση εισέρχεται λιωμένο μέταλλο από το ένα άκρο ενός καλουπιού, που είναι ανοιχτό και από τις δύο άκρες, ψύχεται απότομα και εξέρχεται στερεοποιημένο από το άλλο άκρο του καλουπιού, έχοντας μια συγκεκριμένη μορφή. Τα υλικά που χυτεύονται με αυτή τη μέθοδο είναι ο χαλκός, ο μπρούτζος, το αλουμίνιο και σε ειδικές περιπτώσεις χάλυβας, χυτοσίδηρος κτλ.

Το υλικό χύνεται μέσα στο καλούπι ή σε μήτρα από ένα ενδιάμεσο φούρνο. Το πάνω μέρος του καλουπιού ψύχεται με ψεκασμό νερού, ώστε το λιωμένο μέταλλο να ψύχεται και να στερεοποιείται γρήγορα. Το στερεό πλέον μέταλλο απομακρύνεται με τη βοήθεια περιστρεφόμενων κυλίνδρων και κόβεται στο μήκος που είναι επιθυμητό. Η διαδικασία ξεκινά με μια αρχική ράβδο, στην οποία αποχύνεται το πρώτο μέταλλο.

Η συνεχής χύτευση χρησιμοποιείται για παραγωγή τυποποιημένων ράβδων διαφόρων διατομών, είτε αυτές είναι κοίλες, είτε γεμάτες. Οι διαστάσεις

μπορούν να κυμαίνονται από λίγα mm σε διάμετρο, έως περίπου 250mm, ενώ το μήκος των ράβδων που παράγονται φτάνει τα 6m. Οι μήτρες ή τα καλούπια που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή γραφίτη, τα οποία είναι απλά στην κατασκευή τους και οικονομικά.



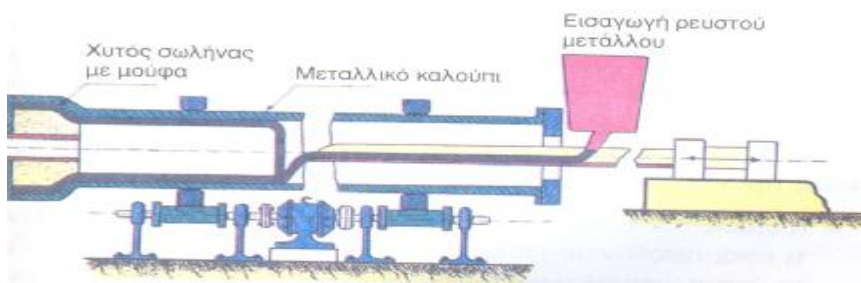
3.11 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΧΥΤΕΥΣΗ

Στη χύτευση αυτή το λιωμένο μέταλλο εισέρχεται σε ένα περιστρεφόμενο καλούπι. Οι φυγοκεντρικές δυνάμεις, που αναπτύσσονται με την περιστροφή, οδηγούν το λιωμένο μέταλλο στην εσωτερική επιφάνεια του καλουπιού που βοηθά την πλήρωσή του και βελτιώνει την τροφοδότηση του χυτού αντικειμένου. Η ταχύτητα περιστροφής πρέπει να είναι κάτω των 500rpm για ακτίνα μεγαλύτερη των 20 cm. Για μικρούς δρομείς που ακτίνα είναι μικρότερη των 10cm η ταχύτητα περιστροφής πρέπει να είναι 750-1500rpm

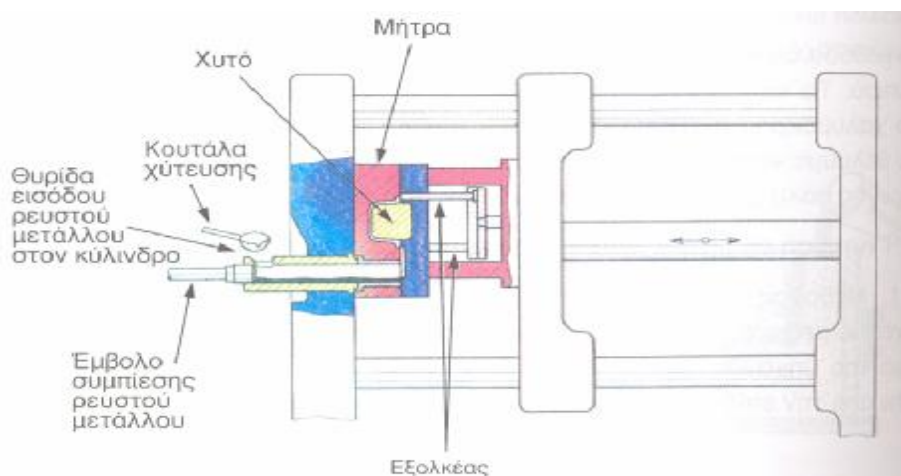
Τα αντικείμενα αυτά είναι ικανά να υποστούν θερμική κατεργασία. Ο τρόπος αυτός κίνησης επιτρέπει την τύπωση κοίλων σωμάτων χυτευόμενων σε τύπο χωρίς καρδιά ή σωμάτων συμπαγούς μορφής. Με αυτή τη μέθοδο είναι δυνατό να κατασκευαστούν χυτοσιδηροί σωλήνες μεγάλων διαμέτρων,

κύλινδροι και γενικά αντικείμενα συμμετρικά εκ περιστροφής. Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι:

- Ø Το χαμηλό κόστος
- Ø Η καλή ποιότητα του χυτού
- Ø Η οικονομία στο υλικό, μιας και δεν χρησιμοποιούνται αγωγοί πλήρωσης και ενδιάμεσες αποθήκες. Η οικονομία που γίνεται στο υλικό είναι περίπου 40%.
- Ø Η πυκνότητα υφής εξασφαλίζει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά
- Ø Ακρίβεια στις διαστάσεις, μεγαλύτερη από αυτή που παρέχεται στην τύπωση με βαρύτητα
- Ø Δυνατότητα κατασκευής χυτών αντικειμένων με λεπτά τοιχώματα και μείωση του βάρους
- Ø Οι συνθήκες πλήρωσης είναι μεταβλητές. Η πλήρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν την έναρξη της περιστροφής (πλήρωση εν ηρεμία) ή κατά την περιστροφή (πλήρωση εν στροβιλισμό) για την κατασκευή λεπτότερων στοιχείων
- Ø Η τύπωση με φυγοκεντρισμό χρησιμοποιείται για την κατασκευή δρομέων κινητήρων μεγάλης διαμέτρου και μεσαίου μεγέθους σειράς. Τα εξαρτήματα τυπώσεως είναι σχετικά φθηνά.



10.2.3α Οριζόντια μηχανή φυγοκεντρικής χύτευσης με περιστρεφόμενο μεταλλικό καλούπι.



3.12Α ΕΛΕΓΧΟΣ

Μετά την ολοκλήρωση της χύτευσης το κομμάτι ελέγχεται διαστατικά και ποιοτικά. Συνήθη επιφανειακά ελαττώματα μπορούν να επισημανθούν με οπτική επαφή. Σε περιπτώσεις όμως που χρειαζόμαστε ανώτερη ποιότητα και ακρίβεια, αυτό δεν είναι αρκετό. Ανάλογα με την χρήση του αντικειμένου είναι δυνατό να διεξαχθεί έλεγχος με ακτίνες X ή με υδραυλική πίεση με χρησιμοποίηση διεισδυτικών υγρών που εισχωρούν στο κομμάτι για τον εντοπισμό οπών και στεγανότητας ή με φασματογράφο.

Οι μέθοδοι χαρακτηρισμού υλικών διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Καταστροφικές μέθοδοι (Destructive testing, DT).** Είναι οι μέθοδοι εκείνες στις οποίες είναι αναγκαία, για το χαρακτηρισμό του υλικού η απόσπαση από αυτό δείγματος καθορισμένων διαστάσεων. Οι μη-μηχανικές μέθοδοι, συνήθως κατηγοριοποιούνται, σύμφωνα με το είδος της δέσμης που χρησιμοποιείται ως πηγή ανάλυσης, αλλά και τον τύπο αλληλεπίδρασης δέσμης-υλικού.
- **Μη καταστροφικές μέθοδοι (Non-destructive testing, NDT).** Ως μη καταστροφικές δοκιμές έλεγχου θεωρούνται αυτές που η εφαρμογή τους δεν επηρεάζει την ακεραιότητα ή την λειτουργικότητα των προς έλεγχο αντικειμένων. Αν και τις περισσότερες φορές με τις μεθόδους NDT δεν είναι δυνατό να μετρηθούν άμεσα οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών (όπως συμβαίνει με DT), ωστόσο με αυτές μπορούν να εντοπιστούν εύκολα μακρο- και μικροσκοπικές ατέλειες του υλικού (π.χ. ρωγμές, πόροι) που ευθύνονται για την πρόωρη αστοχία του. Οι μέθοδοι NDT χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην παραγωγική διαδικασία, γιατί βοηθούν στη διάγνωση των καιρίων

ελαττωμάτων του προϊόντος και οδηγούν στη βελτιστοποίηση των συνθηκών κατασκευής του.

3.12B ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΑ(RADIOGRAPHY)

Η ραδιογραφία είναι η μέθοδος ελέγχου των υλικών με τη βοήθεια κάποιας πηγής ακτινών-X ή ακτινών-γ, οι οποίες λόγω του μικρού μήκους κύματος έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα και έτσι επιτρέπουν την εξέταση υλικών μεγάλου σχετικά πάχους.

Οι ακτίνες γ προέρχονται είτε από φυσική ραδιενεργή πηγή, όπως είναι αυτή του Ra, είτε από μια τεχνητή ραδιενεργή πηγή, όπως αυτή του ^{60}Co . Η ακτινοβολία γ έχει μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις ακτίνες-X, αλλά η μικρότερη ευαισθησία τις περιορίζει κάπως τις εφαρμογές της.

Οι ακτίνες-X συγκεκριμένου μήκους κύματος, παράγονται από μια κατάλληλη πηγή που περιέχει νήμα W (κάθοδος) και κατάλληλο στόχο (άνοδος). Η διάταξη της δοκιμής των ακτινών-X περιβάλλεται από τοίχωμα Pb, για αποφυγή διάδοσης των ακτινών-X στο περιβάλλον.

Η ραδιοφωτογραφία είναι μια εικόνα, που προέρχεται από την πρόσπτωση των εξερχόμενων από το δοκίμιο ακτινών-X, πάνω σε ένα φωτοευαίσθητο φιλμ που βρίσκεται ακριβώς πίσω από το εξεταζόμενο δοκίμιο. Οι περιοχές του δοκιμίου μεγαλύτερης πυκνότητας, απορροφούν εντονότερα τις ακτίνες-X και επομένως η εξερχόμενη ακτινοβολία θα σκιάσει λιγότερο την επιφάνεια του φιλμ σε σχέση με τις περιοχές μικρότερης πυκνότητας(π.χ. ρωγμές, πόροι, εγκλείσματα). Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον ποιοτικό έλεγχο χυτών, σφυρήλατων και συγκολλητών κατασκευών, αλλά και για τη μέτρηση των μεταβολών του πάχους ορισμένων υλικών, καθώς επίσης και σε μελέτες διάβρωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΕΓΓΕΝΗΣ ΑΠΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ LM4

Το προς κατασκευήν μηχανολογικό εξάρτημα που επιλέχθηκε είναι μια εργαστηριακή μέγγενη. Η μέγγενη που θα χυτευθεί δεν είναι ακριβώς ίδια με το πρότυπο. Το πρότυπο περιέχει τμήματα που καθιστούν τη διαδικασία της χύτευσης αρκετά δύσκολο να εκτελεστεί. Για το λόγο αυτό οι διαστάσεις των καλουπιών τροποποιούνται ελαφρώς. Επιπλέον, θα εξοικονομηθεί αρκετός χρόνος για την κατεργασία των καλουπιών. Παρόλα αυτά οι στόχοι αυτού του πειράματος δεν έχουν ελαχιστοποιηθεί.

Η επιλογή της εργαστηριακής μέγγενης έγινε για πολλούς λόγους. Αρχικά, είναι ένα πρότυπο που είναι κατάλληλο για χύτευση σε άμμο. Έπειτα υπάρχει ενσωμάτωση πυρήνων για την παραγωγή μιας οπής που θα χρειαστεί τις ιδιαίτερες εκτιμήσεις του σχεδίου. Τέλος, η μορφή είναι αρκετά σύνθετη κι έτσι δημιουργείται η ανάγκη δύο διαφορετικών χυτεύσεων για να παραχθεί το επιθυμητό κομμάτι.

Η εργαστηριακή μέγγενη μπορεί να διαιρεθεί σε πέντε βασικά μέρη: μια βάση, ένα σταθερό σαγόνι, ένα κινητό σαγόνι, ένα μέρος που προσαρμόζει ένα

βήμα κοχλία και ένα κοχλία. Το σταθερό σαγόνι, το μέρος με το βήμα και το κινούμενο σαγόνι τοποθετούνται στη βάση. Ο κοχλίας συνδέει το μέρος του βήματος με το κινούμενο σαγόνι. Τα μέρη προς χύτευση είναι η βάση, το μέρος του βήματος, το σταθερό σαγόνι και το κινούμενο σαγόνι. Το μέρος με το βήμα πρόκειται να χυτευθεί ως μέρος με μια οπή σε μια ιδιαίτερη θέση. Το βήμα θα επεξεργαστεί στην μηχανή και έπειτα θα προστεθεί ο κοχλίας χωρίς χύτευση.

Το υλικό που χρησιμοποιείται στην εν λόγω χύτευση είναι κράμα αλουμινίου LM4 και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	0,5% ΠΥΡΙΤΙΟ, 3% ΧΑΛΚΟΣ, 0,5% ΜΑΓΓΑΝΙΟ
ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ (BS1490-1988)	ΚΟΚΚΙΝΟ
ΑΝΟΧΗ ΣΥΣΤΟΛΗΣ	1,3%
ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ	4%
ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΕ ΑΜΜΟ)	155N/MM ²
ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ (ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΨΥΞΗ)	190N/MM ²

Αυτό το κράμα είναι πολύ εύκαμπτο και χρησιμοποιείται ευρέως στη χύτευση. Είναι γνωστό ότι τα κράματα με βάση το αλουμίνιο έχουν ένα ευρύ φάσμα μηχανικών ιδιοτήτων, κυρίως λόγω των διάφορων μηχανισμών σκλήρυνσης και θερμικών επεξεργασιών που μπορούν να υποστούν. Η αντίσταση διάβρωσης του αλουμινίου LM4 καθώς επίσης και οι μηχανικές του ιδιότητες είναι αρκετά καλές.

Όταν ο αέρας έρθει σε επαφή με κράματα αλουμινίου διαμορφώνεται οξειδιακή κρούστα (Al₂O₃) στην λιωμένη επιφάνεια. Αυτή η κρούστα μπορεί να διαμορφωθεί ακόμη και κατά την απόχυση του κράματος και μειώνει τις ιδιότητες της χύτευσης. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να υπερνικηθεί με τη χρήση του πυριτίου που αυξάνει τη σκληρότητα του κράματος. Ένα μειονέκτημα της προσθήκης του πυριτίου είναι ότι η ολκιμότητα και η κατασκευασιμότητα της χύτευσης θα μειωθούν επίσης. Αυτό διορθώνεται με την προσθήκη του χαλκού που αυξάνει τη δύναμη, τη σκληρότητα, τις μηχανικές ιδιότητες και τη θερμική αγωγιμότητα της χύτευσης, αλλά αυξάνει και το κόστος. Ο χαλκός μειώνει τη διάβρωση. Το μαγγάνιο προστίθεται για να βελτιώσει την εξέλιξη της ρίψης. Η θερμοκρασία έκχυσης για το αλουμίνιο LM4 κυμαίνεται από 675-850°C.

4.2 ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

Για τη χύτευση της εργαστηριακής μέγγενης ο τύπος του καλουπιού που χρησιμοποιήθηκε είναι το διασπασμένο καλούπι. Δύο διαφορετικές χυτεύσεις πραγματοποιήθηκαν, επομένως απαιτούνται δύο καλούπια. Το πρώτο καλούπι περιέχει τη βάση με το σταθερό σαγόνι και το μέρος που προσαρμόζει την οπή. Το άλλο καλούπι περιέχει το κινούμενο σαγόνι με ένα μικρό μέρος που θα παρέχει τη θέση όταν κινείται το σαγόνι στη βάση. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των καλουπιών ήταν ξύλο. Το ξύλο είναι φτηνό και είναι ένα κατάλληλο υλικό για την κατασκευή καλουπιών για ακαδημαϊκούς λόγους, όπου ο κύριος στόχος είναι να επιτραπεί στον σπουδαστή να καταλάβει πώς λειτουργεί η διαδικασία χύτευσης σε άμμο.

Για την δημιουργία της οπής στο μέρος που βρίσκεται το βήμα πρέπει να παρεμβληθεί ένας πυρήνας. Για την κατασκευή ενός πυρήνα απαιτείται ένα κιβώτιο πυρήνων. Το κιβώτιο πυρήνων είναι κατασκευασμένο από ξύλο. Επιπλέον, υπάρχει ένα άλλο μέρος που καλείται τυπωμένη ύλη πυρήνων, το οποίο προσαρμόζει τον πυρήνα στην κοιλότητα.

Αρχικά η βάση του καλουπιού που κατασκευάστηκε δε λειτούργησε. Γι' αυτό, τροποποιήθηκε. Περαιτέρω ανάλυση γι' αυτήν την τροποποίηση θα πραγματοποιηθεί στο κεφάλαιο συζήτησης.

Το μηχανολογικό σχέδιο έχει δημιουργηθεί για την κατασκευή των καλουπιών, κιβώτιο πυρήνων, τυπωμένη ύλη πυρήνων και παρουσιάζεται στο τμήμα σχεδίων. Όλα τα κομμάτια που κατασκευάστηκαν παρουσιάζονται επίσης στο τμήμα της συλλογής των φωτογραφιών.

4.3 ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ

Ο σχεδιασμός ενός πυρήνα άμμου είναι μια απλή διαδικασία. Για την χύτευση που διεξήχθη απαιτήθηκε μόνο ένας πυρήνας. Αυτός ο πυρήνας κατασκευάστηκε με μια εσωτερική κοιλότητα στη φόρμα (οπή). Ο πυρήνας αποτελείται από ένα τετραγωνικό κομμάτι (κιβώτιο) όπου προσαρμόστηκε μια προβολή. Επομένως, το αλουμίνιο ρέει γύρω από την προβολή για να παραγάγει την εσωτερική κοιλότητα. Η άμμος που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του πυρήνα ήταν άμμος πυριτίου και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για να σκληραίνει την άμμο ήταν η μέθοδος του άλας-CO₂ νατρίου.

Όταν το πεδίο πυρήνων ήταν έτοιμο, άμμος πυριτίου προστέθηκε για να γεμίσει την κοιλότητα. Το επόμενο βήμα ήταν να ζυγιστεί η άμμος πυριτίου που γέμισε την κοιλότητα. Το βάρος της ήταν 110 gr. Κατόπιν η άμμος τοποθετήθηκε σε ένα εμπορευματοκιβώτιο στο οποίο προστέθηκαν 6,6 gr του πυριτικού άλατος νατρίου. Μετά την ανάμειξη της άμμου με το πυριτικό άλας νατρίου για να παράγει ένα καλό μίγμα, η κοιλότητα του πεδίου των πυρήνων άρχισε να γεμίζει με το μίγμα. Όταν η κοιλότητα γέμισε, εφαρμόστηκε CO₂ αέριο στις επιφάνειες για τη σκλήρυνση. Για να καταστήσει την προβολή ισχυρότερη σχεδιάστηκε μια δεξαμενή

4.4 ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ

Το σύστημα εισαγωγής είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος της χύτευσης σε άμμο, επειδή παραδίδει το λιωμένο μέταλλο στην κοιλότητα φορμών. Το σύστημα εισαγωγής αποτελείται από μια μικρή λεκάνη, ένα κάθετο κανάλι στο οποίο κυκλοφορεί το μέταλλο και ένα στόμιο μέσω του οποίου το μέταλλο θα ρεύσει από τη δεξαμενή μετάλλου στην κοιλότητα. Όπως αναφέρθηκε στο θεωρητικό μέρος η αποφυγή των αερίων είναι πολύ σημαντικός παράγοντας επειδή μπορούν να προκαλέσουν πόρους. Τα αέρια μπορούν να απορροφηθούν ιδιαίτερα στο σύστημα εισαγωγής στο κανάλι από όπου περνάει το μέταλλο. Για να το ξεπεράσουμε, η δεξαμενή μετάλλου πρέπει να εκλεπτυνθεί στις κατάλληλες αναλογίες. Είναι γνωστό από τη θεωρία, ότι για ένα ελεύθερο αντικείμενο η ταχύτητα αυξάνει με την τετραγωνική ρίζα της μειωμένης απόστασης. Μια συντηρητική εκτίμηση της κωνικότητας, που παραμελεί τα αποτελέσματα της επίδρασης της τριβής στο κανάλι, εισόδων και εξόδων και της πίσω πίεσης που εμφανίζεται ως αφθονίες φορμών δίνεται ως:

$$A_1/A_2 = \sqrt{(H_A/H_B)}$$

A = η διατομική περιοχή εκτάριο τους υπογεγραμμένα 1 και 2 είναι οι θέσεις εισοδοι και εξοδοι της δεξαμενής μετάλλου

H_a = κεφάλι του μετάλλου της έκχυσης του ύψους λεκανών

H_b = κεφάλι του μετάλλου της έκχυσης της λεκάνης

Οι ξαφνικές αλλαγές στην κατεύθυνση της ροής προκαλεί εμπλοκές. Μια προσέγγιση είναι να δημιουργηθούν οριζόντια κανάλια τόσο μεγάλα που οι ταχύτητες ροής να είναι χαμηλές και επιτυγχάνεται με την παραγωγή του μικρότερου διαγώνιου τμήματος στη βάση του καναλιού. Χαρακτηριστικά, το αλουμίνιο έχει ένα δελτίο εισαγωγής στις 1:3:3 που σημαίνει ότι το δελτίο της περιοχής στο δρομέα σε αυτό του κανάλι είναι 3, και το ποσό των διατομικών περιοχών όλων των στομιών είναι ίσο με αυτό του δρομέα. Η κατασκευή των στομιών έγινε με τη χρήση των ειδικών εργαλείων που παρουσιάζονται στην έκθεση φωτογραφιών.

4.5 ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

Ένας αγωγός μπορεί να περιγραφεί ως ένα κιβώτιο που θα γεμίσει την κοιλότητα φορμών με το μέταλλο καθώς τα μέρη σταθεροποιούνται και στενεύουν. Ο κύριος στόχος όταν ένας αγωγός σχεδιάζεται είναι να υπάρξει

μεγαλύτερος χρόνος στερεοποίησης από την πραγματική χύτευση. Για να υπολογιστεί η απαραίτητη διάσταση ενός κατακόρυφου αγωγού εφαρμόζετε ο κανόνας του Chvorinov.

$$(V/A)_{2αγωγού} > (V/A)_{2χύτευσης}$$

Ο κανόνας του Chvorinov λέει ότι το ποσό της θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί από μια χύτευση για να το αναγκάσει να σταθεροποιηθεί είναι άμεσα ανάλογο προς το ποσό υπερθέρμανσης και το ποσό μετάλλου στη χύτευση ή τον όγκο της χύτευσης. Αντιθέτως, η δυνατότητα να αφαιρεθεί η θερμότητα από μια χύτευση συσχετίζεται άμεσα με το ποσό της εκτεθειμένης επιφάνειας μέσω της οποίας η θερμότητα μπορεί να εξαχθεί και το περιβάλλον που περιβάλλει το λιωμένο υλικό.

Με τον καθορισμό ενός παράγοντα ασφάλειας 25% η εξίσωση του Chvorinov μπορεί να γραφτεί ως:

$$(V/A)_{2αγωγού} = 1,25(V/A)_{2χύτευσης}$$

Αυτό είναι η εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό του μεγέθους της μετόπης σε αυτό το σχέδιο. Σύμφωνα με τη θεωρία, η καλύτερη χρησιμοποιούμενη μορφή μιας μετόπης είναι κυλινδρική που χρησιμοποιήθηκε και στη χύτευση της εργαστηριακής μέγγενης.

4.6 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΥΤΕΥΣΗ

Εκτελώντας τη διαδικασία σχηματοποίησης, το σωστό ποσό αλουμινίου τοποθετήθηκε στο φούρνο. Οι θερμοκρασίες θέρμανσης έφθασαν τους 7150°C, δηλαδή 1000°C επάνω από το σημείο τήξης του αλουμινίου. Όταν το μέταλλο ήταν έτοιμο για έκχυση ταμπλέτες εξαέρωσης τοποθετήθηκαν για την αφαίρεση των αερίων. Επιπλέον μια φόρμα προστέθηκε για να διαμορφώσει ένα στρώμα στην επάνω επιφάνεια του λιωμένου αλουμινίου και να αποτρέψει την οξείδωση. Αυτό το στρώμα αφαιρέθηκε πριν χυθεί το κράμα. Η θερμοκρασία έκχυσης ήταν 6650°C.

4.7 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται παρακάτω:

- Ø Πράσινη άμμος για την παραγωγή της φόρμας
- Ø Ένας λευκός πίνακας φορμαρίσματος για να τοποθετηθεί το δοχείο επάνω

- Ø Ένα πλαίσιο για την παραγωγή της φόρμας ή γαλλικό κλειδί για την αφαίρεση των καλουπιών ευκολότερα
- Ø Ένα κόσκινο για να κοσκινιστεί η άμμος
- Ø Ένα μυστρί για φτυαριστεί η άμμος στο κόσκινο και στο δοχείο
- Ø Ένα έμβολο για να συμπιέσει την άμμο κάτω
- Ø Ένα φούρνο γκαζιού για να λειώσει το αλουμίνιο
- Ø Έναν εξολκέα για την αφαίρεση των καπνών

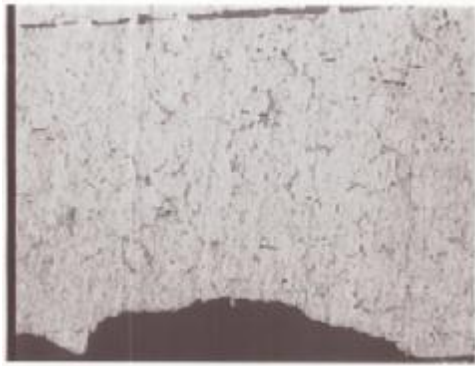
4.8 Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΣΕ ΑΜΜΟ

Ξεκινώντας την διαδικασία χύτευσης σε άμμο αναστρέφουμε το πλαίσιο και το τοποθετούμε στο λευκό πίνακα. Αλείφουμε τον πίνακα και το καλούπι με σκόνη γενναιόδωρα. Κοσκινίζεται η άμμος και τοποθετείται στο καλούπι έτσι ώστε να καλύπτεται σε ένα λογικό βάθος. Συμπιέζεται ευγενικά η άμμος γύρω από το καλούπι και προσεκτικά ώστε να μην μετακινηθεί το καλούπι. Προστίθεται περισσότερη άμμος και πιέζεται σταθερά κάτω. Συνεχίζεται αυτή η διαδικασία έως ότου το πλαίσιο να είναι πλήρες. Χρησιμοποιείται μια ράβδος για να δοθεί μια επίπεδη επιφάνεια. Τοποθετείται το πλαίσιο προς τα επάνω και το κάλυμμα από πάνω. Ψεκάζεται σκόνη χωρισμού και πούδρα επάνω στο καλούπι. Αυλακώνεται το επάνω καλούπι στο κάτω καλούπι, έτσι ώστε τα δύο μισά του καλουπιού να είναι επίπεδα. Τοποθετούμε τη δεξαμενή μετάλλου και τον αγωγό. Άλλη μια φορά κοσκινίζεται η άμμος του καλουπιού σε ένα λογικό βάθος. Συμπιέζουμε ευγενικά και προσεκτικά την άμμο γύρω από το καλούπι, έτσι ώστε να μην μετακινηθεί. Προσθέτουμε περισσότερη άμμο και την πιέζουμε σταθερά κάτω. Συνεχίζουμε αυτήν την διαδικασία έως ότου το κάλυμμα καλυφθεί πλήρως. Κάνουμε επίπεδο το πάνω στρώμα χρησιμοποιώντας μια ευθύγραμμη ράβδο. Επιδέξια αφαιρούμε το κάλυμμα, τη δεξαμενή μετάλλου και τον αγωγό. Τοποθετούμε κοχλίες στις οπές του καλουπιού και βαθμιαία αφαιρούμε τα καλούπια. Χαράζουμε έξω τις πύλες που οδηγούν από το σχέδιο δεξαμενής μετάλλου και τις μετόπες χρησιμοποιώντας τα εργαλεία. Εξάγουμε οποιαδήποτε υπολείμματα άμμου για να αποφευχθούν οι ατέλειες. Τοποθετούμε τον πυρήνα μέσα στην κοιλότητα φορμών του πλαισίου. Εκχύνουμε το αλουμίνιο μόλις φτάσει τους 7150°C έως ότου γεμίσουν η δεξαμενή και ο αγωγός, χρησιμοποιώντας ξαφρυστίρι για να συγκρατηθεί η σκουριά. Το αφήνουμε να κρυώσει για περίπου 30 έως 60 λεπτά. Σμιλεύουμε την άμμο, απομακρύνουμε το χυτό αντικείμενο και ελέγχουμε για πιθανά ελαττώματα.

4.9 ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μετά την ολοκλήρωση της χύτευσης, ένα μικρό κομμάτι του στερεού αλουμινίου εξετάστηκε στο μικροσκόπιο για το πορώδες της επιφάνειας και της

δομής του. Το κομμάτι αλουμινίου καλύφθηκε με άμμο για να έχει μια πολύ ομαλή επιφάνεια και έπειτα τέθηκε κάτω από το μικροσκόπιο. Οι φωτογραφίες των διάφορων μεγεθύνσεων έχουν συλλεχθεί και παρουσιάζονται παρακάτω.



4.1 ΜΙΑ ΜΙΚΡΟΓΡΑΦΙΑ x85 ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ



4.2 ΜΙΑ ΜΙΚΡΟΓΡΑΦΙΑ x170 ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ



4.3 ΜΙΑ ΜΙΚΡΟΓΡΑΦΙΑ x340 ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

4.10 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Και οι δύο χυτεύσεις που πραγματοποιήθηκαν μπορούν να θεωρηθούν επιτυχής. Προκειμένου να επιτευχθούν αυτές οι χυτεύσεις εμφανίστηκαν πολλές δυσκολίες και έπρεπε να βρεθούν λύσεις για να ξεπεραστούν.

Το πρώτο στάδιο στη χύτευση είναι ο σχεδιασμός καλουπιών. Τα καλούπια που κατασκευάστηκαν είχαν καλή ποιότητα και φάνηκαν να είναι κατάλληλα για τη σχηματοποίηση. Τα προβλήματα προέκυψαν όταν το καλούπι της βάσης αφαιρέθηκε από την άμμο. Η άμμος προσκολλούσε στις κατώτατες επιφάνειες και δεν μπορούσε να παραχθεί η απαραίτητη κοιλότητα. Τα σχήματα παρακάτω (έκθεση φωτογραφιών) παρουσιάζουν το καλούπι και τη κοιλότητα φορμών. Η περιοχή στο κατώτατο σημείο της βάσης ήταν πολύ αδύνατη και η άμμος έσπαζε. Ο μόνος τρόπος να υπερνικηθεί αυτό το πρόβλημα ήταν να τροποποιηθεί το καλούπι και να ενισχυθούν τα κατώτατα τμήματα. Αυτό επιτεύχθηκε με την προσθήκη μιας ακτίνας στις τετραγωνικές άκρες του κατώτατου σημείου που στρογγυλεύει. Μια άλλη τροποποίηση ήταν να αυξηθεί η γωνία του σχεδίου στις επιφάνειες της βάσης σε 20° . Με την αύξηση της γωνίας σχεδίων, το καλούπι μπορεί να αφαιρεθεί ευκολότερα χωρίς πρόκληση οποιασδήποτε ατέλειας. Το νέο καλούπι δούλεψε πολύ καλά και η κοιλότητα φορμών που παράχθηκε ήταν άριστη χωρίς οποιαδήποτε ατέλεια. Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης χύτευσης, το αποτέλεσμα ήταν πολύ καλό. Το παραγόμενο χυτό διέθετε πολύ καλές επιφάνειες, η οπή για το βήμα ήταν τόσο καλή που ακόμη και η λοξότμητη γωνία που σχεδιάστηκε στο κιβώτιο πυρήνων για να αυξήσει τη δύναμη της προβολής, ήταν τυπωμένη στο χυτό. Το μόνο πρόβλημα που είχε αυτή η χύτευση, ήταν μερικά πτερύγια που εντοπίστηκαν κοντά στο μέρος με την οπή. Αυτά τα πτερύγια φαίνονται στο σχήμα που βρίσκεται στην έκθεση φωτογραφιών.

Αυτό συνέβη επειδή όταν ανυψώθηκε το μέρος έλξης του δοχείου για να αφαιρεθεί το καλούπι, το καλούπι έλξης κόλλησε στη βάση. Οι καρφίτσες που χρησιμοποιήθηκαν για να παρέχουν τη θέση, ήταν πάρα πολύ σφιχτές και δεν επέτρεψαν στα μέρη να κολλήσουν στην άμμο της έλξης του δοχείου. Εντούτοις, αυτό είναι μια δευτερεύουσα ατέλεια επειδή τα πτερύγια είναι υλικό πλεονάσματος που μπορεί να επεξεργαστεί.

Το καλούπι για τη δεύτερη χύτευση, δηλαδή το κινούμενο σαγόι παρήγαγε μια πολύ καλή κοιλότητα. Αλλά όταν η χύτευση παρήχθη δεν είχε πολύ καλή ποιότητα. Οι αεροφουσαλίδες δεν επέτρεψαν στο αλουμίνιο να γεμίσει ολόκληρη την κοιλότητα και το σαγόι δεν γέμισε μέχρι την κορυφή. Τα προβλήματα προκλήθηκαν είτε από το κακό σχέδιο του συστήματος εισαγωγής, είτε από τον ανεπαρκή τρόπο διαφυγής των αερίων. Το πρόβλημα υπερνικήθηκε με την αλλαγή και του συστήματος εισαγωγής και των καναλιών διαφυγής. Για το σύστημα εισαγωγής, αντί να έχουμε τον αγωγό και τη δεξαμενή πλάγια, τοποθετήσαμε τον αγωγό κατακόρυφα και τη δεξαμενή μετάλλου

πλάγια . Επιπλέον, οι εισαγωγές ήταν αυτή τη φορά μεγαλύτερες για να κρατήσουν τις ταχύτητες ροής χαμηλές και να αποφύγουν τη δημιουργία αερίων.

Ο κατακόρυφος αγωγός είναι συνδεδεμένος με το καλούπι έτσι η απόσταση από την κοιλότητα ελαχιστοποιείται και επίσης λειτουργεί ως τρόπος διαφυγής των αερίων. Επιπλέον μια μεγάλη οπή κόπηκε μέσω της κορυφαίας επιφάνειας της κοιλότητας για τη βοήθεια των αερίων που βγαίνουν. Τέλος, όταν εφαρμόστηκε πάλι η διαδικασία χύτευσης, το νέο χυτό είχε μια πολύ καλή μορφή, δεν υπήρχε καμία φυσαλίδα και οι επιφάνειες ήταν καλές.

Η διακένωση στερεοποίησης της χύτευσης ποικίλλει. Η διακένωση στερεοποίησης για το αλουμίνιο ήταν 1,3%, μερικά τμήματα είχαν μεγαλύτερο από αυτό και αλλά μικρότερο. Γενικά, τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά επειδή είναι πολύ δύσκολο να ελεγχθεί η διαδικασία στερεοποίησης και να μειωθεί η διακένωση στο ελάχιστο.

Το πορώδες που λήφθηκε από τη μεταλλογραφική έρευνα ήταν μικροπορώδες. Στο αλουμίνιο που εξετάστηκε δεν υπάρχει καμία εσωτερική ρωγμή και τα μεγέθη των κόκκων ήταν αρκετά μεγάλα. Αυτό δεν είναι πολύ καλό επειδή μειώνει τη δύναμη του υλικού.

4.11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από τις δύο διενεργηθείσες χυτεύσεις δείχνουν πως οι τελικές πραγματοποιημένες χυτεύσεις ήταν επιτυχείς. Η ποιότητα και των δύο χυτεύσεων είναι υψηλή. Ποσό καλές είναι, δεν μπορεί να ειπωθεί επειδή δεν υπάρχει κάποιο παράλληλο αποτέλεσμα για να συγκριθούν. Εάν πραγματοποιούνταν περισσότερες χυτεύσεις για το ίδιο πρότυπο υπό τους ίδιους όρους ,τότε θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα και θα μπορούσε να γίνει μια ακριβέστερη ανάλυση.

Εντούτοις, η προσπάθεια στη μείωση του λάθους σε μια διαδικασία χύτευσης με άμμο είναι πολύ δύσκολη. Πολλοί παράγοντες διαδραματίζουν το ρόλο τους σε αυτή την διαδικασία και είναι πολύ δύσκολο να ισορροπηθούν όλοι τους. Μερικές φορές, όταν ελαχιστοποιείτε ένα λάθος σε μια ιδιαίτερη περιοχή ένα άλλο λάθος μπορεί να παραχθεί αυτόματα σε άλλο. Πρέπει να σημειωθεί όμως πως η διαδικασία χύτευσης σε άμμο σήμερα έχει βελτιωθεί με τη βοήθεια της τεχνολογίας και μπορούν να παραχθούν μέρη με άριστη ποιότητα. Αυτό διαφέρει από με τη χύτευση σε άμμο που εκτελείται για αυτή την εργασία που εστιάζετε στην ακαδημαϊκή γνώση.

4.12 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ

Υπάρχουν ορισμένες βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και να αυξήσουν την ποιότητα της χύτευσης. Προκειμένου να υπερνικηθεί το πρόβλημα με τα αδύνατα τμήματα του σχεδίου της βάσης, εφαρμόστηκε μια τροποποίηση της βάσης. Αυτό άλλαξε τις διαστάσεις της τελικής χύτευσης, που δεν είναι πρόβλημα εάν χρησιμοποιηθεί η χύτευση σε άμμο για ακαδημαϊκούς λόγους. Μια άλλη προσέγγιση για να υπερνικήσει τα αδύνατα τμήματα της βάσης είναι η χρήση της άμμου πυριτίου. Ένα μίγμα άμμου πυριτίου με το πυριτικό άλας νατρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό φορμαρίσματος στην αδύνατη περιοχή. Κατόπιν για το υπόλοιπο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συνηθισμένη πράσινη άμμος. Η άμμος πυριτίου μπορεί να σκληρύνει με το διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι, η παραχθείσα κοιλοότητα φορμών θα είναι ισχυρότερη.

Για μια καλύτερη επιφάνεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σκόνη τερακότα. Αυτή ψεκάζεται στις επιφάνειες κοιλοτήτων με δύναμη. Κατόπιν καίγεται με την οξυακετυλινική φλόγα και διαμορφώνεται ένα στρώμα. Αυτό το στρώμα δεν θα επιτρέψει στα μόρια της άμμου να προκαλέσουν ατέλειες στο χυτό κομμάτι.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

- Περιοχή επιφάνειας της βάσης

$$2[2(15*35) + 2(8.5*25) + (27.15)] + 2(180*10) + 2(180*80.5) + (27*35) + (27*25) + 2(180*15) + 2(180*35) + 2(120*15) + 2(15*20) + 2(27*15) = 38050 \text{ mm}^2$$

- Όγκος της βάσης

$$(35*75*180) - (120*27*15) - (180*10*27) - (180*10*44) = 296100 \text{ mm}^3$$

- Επιφάνεια του μέρους με βήμα κοχλία

$$2(75*22) + 2(22*25) + (2\pi*18) + (25\pi*18) + 2(19.5*25) = 6902 \text{ mm}^2$$

- ο Όγκος του μέρους με βήμα κοχλία

$$(75*22*25) + (\pi*18^2*25/2) - (\pi*6^2*25) = 51146 \text{ mm}^3$$

- Επιφάνεια του κινητού και σταθερού σαγονιού

$$(75*35) + (75*50) + 2[35^2 + (35+20)*15/2] + (20*75) + (15*75) = 10637 \text{ mm}^2$$

- Όγκος του κινητού και σταθερού σαγονιού

$$[(35*35) + (15*20) + (15*15/2)]*75 = 122812 \text{ mm}^3$$

- Επιφάνεια του τμήματος του αποτυπώματος του κινητού σαγονιού

$$4(35*26) + (25*26) = 4290 \text{ mm}^2$$

- Όγκος του τμήματος του αποτυπώματος του κινητού σαγονιού

$$26*25*35 = 22750 \text{ mm}^3$$

Συνολική επιφάνεια της χυτευόμενης βάσης, του μέρους με βήμα κοχλία και του σταθερού σαγονιού: **55589 mm²**

Συνολικός όγκος της χυτευόμενης βάσης, του μέρους με βήμα κοχλία και του σταθερού σαγονιού: **470058 mm³**

Συνολική επιφάνεια του χυτευόμενου κινητού σαγονιού: **14927 mm²**

Τελικός όγκος του χυτευόμενου κινητού σαγονιού: **145562 mm³**

Βάση, σταθερό σαγόνι, μέρος με βήμα κοχλία	Κινητό σαγόνι
$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times (470058/55589)^2$	$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times (145562/14927)^2$
$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times (8,456)^2$	$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times (9,7)^2$
$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times 71,5 = 89,375$	$(V/A)_{\text{καρδιάς}}^2 = 1,25 \times 94,09$
$(V/A)_{\text{καρδιάς}} = \sqrt{89,375} = 9,4$	$(V/A)_{\text{καρδιάς}} = \sqrt{117,61} = 10,8$

Απαιτούμενο αλουμίνιο	Απαιτούμενο αλουμίνιο
$1 \text{ mm}^3 = 0.00000269 \text{ Kg}$	$1 \text{ mm}^3 = 0.00000269 \text{ Kg}$
Τελικό βάρος = 5.5 Kg	Τελικό βάρος = 0.4 Kg
Προσθήκη 0.5 Kg	Προσθήκη 0.6Kg
Wt = 6 Kg	Wt = 1 Kg

1 Καρδιά και 1 κανάλι	1 Καρδιά και 1 κανάλι
50 mm διάμετρος	50 mm διάμετρος
100 mm ύψος	100 mm ύψος
$V = \pi * 50^2 * 100 = 785398 \text{ mm}^3$	$V = \pi * 50^2 * 100 = 785398 \text{ mm}^3$

Συνολικός όγκος χύτευσης	Συνολικός όγκος χύτευσης
$V_t = 470058 + 2 * 785398 = 2040854 \text{ mm}^3$	$V_t = 145562 + 2 * 785398 = 1716358 \text{ mm}^3$

ΕΚΘΕΣΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΥΤΕΥΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΕΓΓΕΝΗΣ ΣΕ ΑΜΜΟ



Το μοντέλο που χυτεύθηκε.



Το χωνευτήρι μετάλλων (κλίβανος).

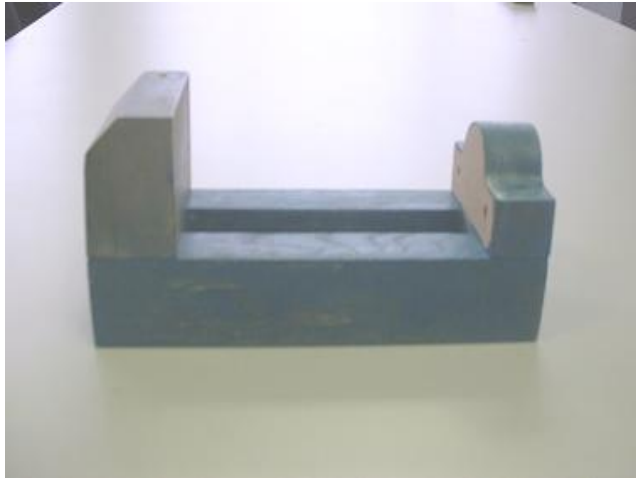
**ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΡΟΣ ΜΕ ΒΗΜΑ ΚΟΧΛΙΑ ΚΑΙ ΤΟ
ΣΤΑΘΕΡΟ ΣΑΓΟΝΙ**



Το ξύλινο πρότυπο της βάσης (κορυφή).



Το ξύλινο πρότυπο της βάσης (κάτω πλευρά).



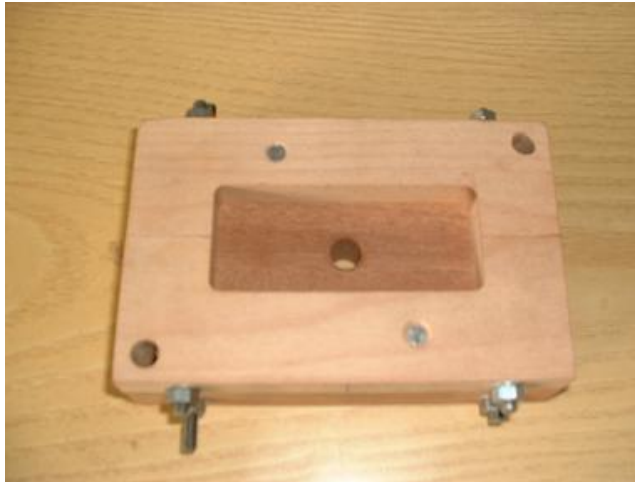
Το σταθερό σαγόνι και το μέρος με βήμα κοχλία που προσαρμόζονται στην βάση.

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΣΑΓΟΝΙΟΥ

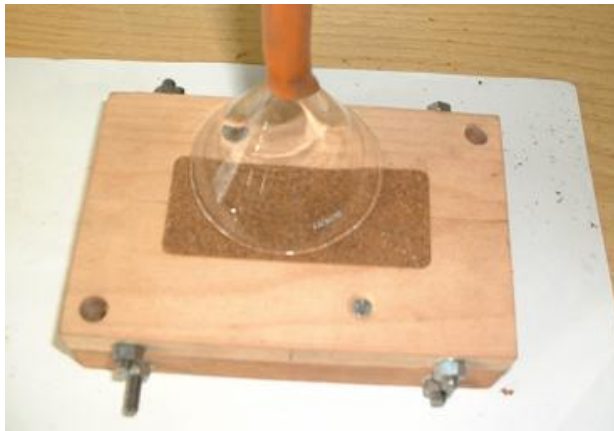


Το σπαστό πρότυπο του κινητού σαγονιού με την δεξαμενή και την καρδιά.

Ο ΠΥΡΗΝΑΣ



Το κιβώτιο του πυρήνα.



Το πυριτικό νάτριο – CO₂. Διαδικασία σκλήρυνσης της πυριτικής άμμου.



Το σπαστό κιβώτιο πυρήνα που ανοίγοντας ελευθερώνει τον πυρήνα που είναι κατασκευασμένος από άμμο.



Ο πυρήνας από άμμο.

**Η ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ, ΤΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΜΕ ΒΗΜΑ ΚΟΧΛΙΑ ΚΑΙ ΤΟΥ
ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΣΑΓΟΝΙΟΥ**



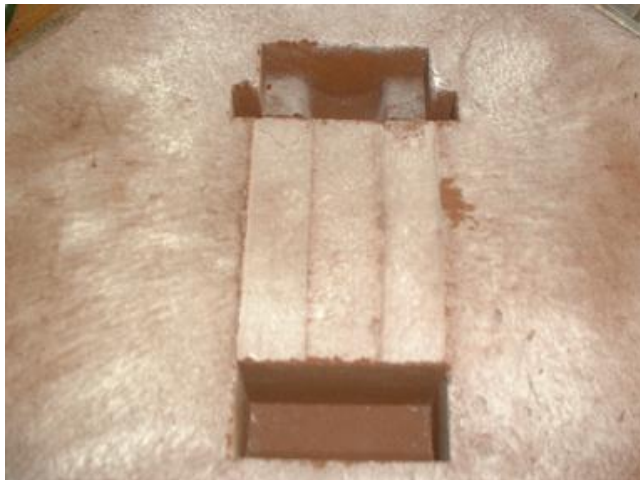
Τα πλαίσια. Προσαρμόζονται τα πρότυπα οι δεξαμενές και οι καρδιές.



Τα πλαίσια γεμισμένα με άμμο.



Η κοιλότητα του καλουπιού (αποτύπωμα).



Η κοιλότητα του καλουπιού.



Η πίεση στο τμήμα ενσωματώσεις πυρήνα και στο σύστημα εισόδου.



Το καλούπι έτοιμο για την διαδικασία έγχυσης.

Η ΧΥΤΕΥΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΣΑΓΟΝΙΟΥ



Η κοιλότητα του σαγονιού.



Το χυτευόμενο τμήμα αφού του έχουμε αφαιρέσει την άμμο.

ΤΑ ΧΥΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ



Η χυτευόμενη βάση μαζί με το σαγόνι και το μέρος με βήμα κοχλία και τους πλαϊνούς αγωγούς.



Η κάτω πλευρά του χυτού.



Η οπή στο κομμάτι που προσαρμόζει το βήμα κοχλία δημιουργήθηκε με τον πυρήνα.



Η εσωτερική όψη της οπής.



Το χυτό κινούμενο σαγόνι με ελαττώματα στην επιφάνεια του.



Το δεύτερο χυτό κινούμενο σαγόνι χωρίς κανένα ελάττωμα.

ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΑΜΜΟ



Το πρότυπο μετακινήθηκε με άμμο προσκολλημένη στην επιφάνεια του.



Η κοιλότητα που κατασκευάστηκε με το πρότυπο.

ΜΗΧΑΝΟΠΟΙΗΣΗ

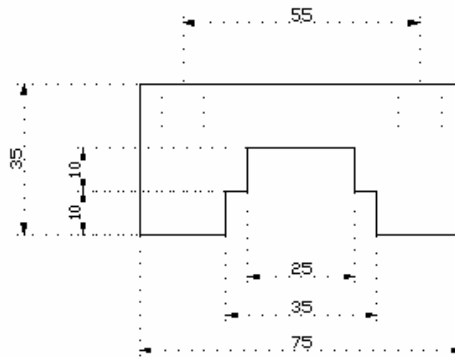
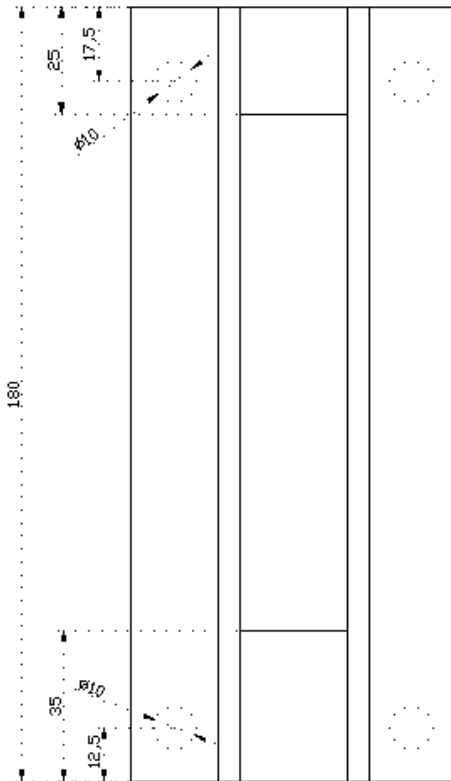
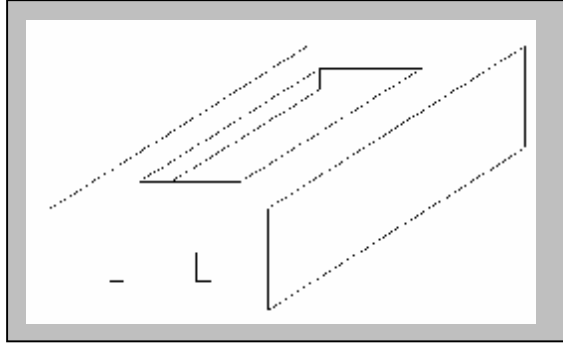


Η βάση καταργάστηκε για να μετατραπεί το χυτό σε κατάλληλη μέγενη.

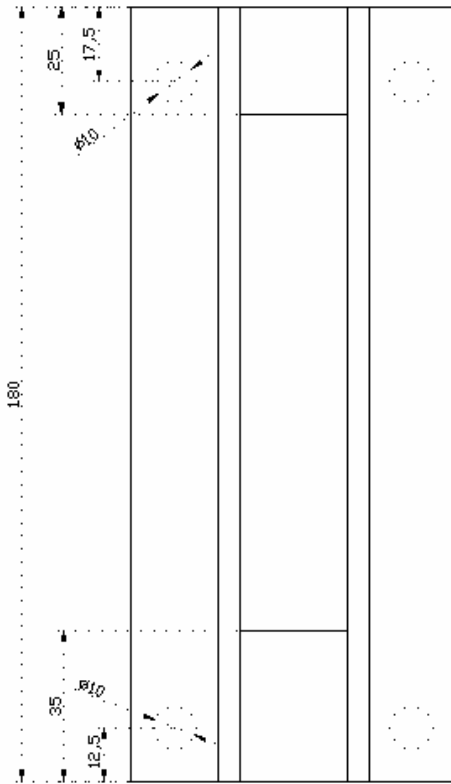
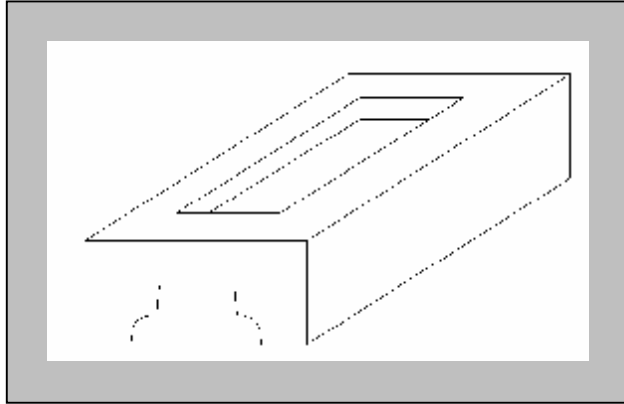


Το εξάρτημα κόβει επιφάνεια του υλικού για την κάνει λεία και επίπεδη.

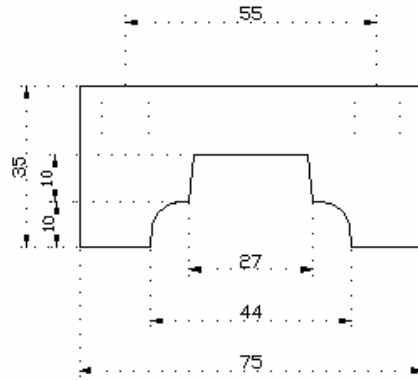
ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΕΓΓΕΝΗΣ



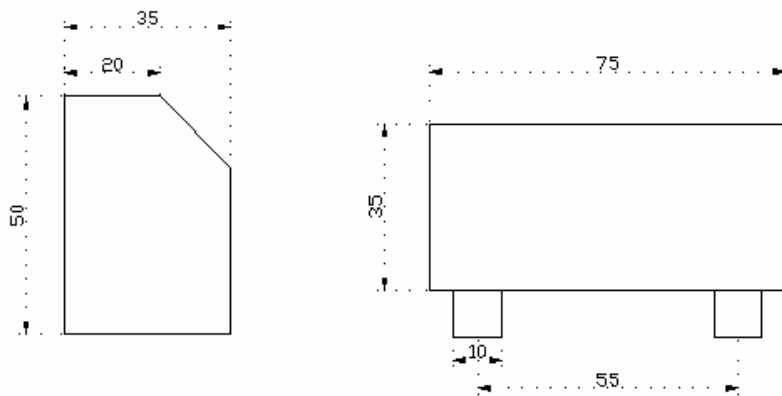
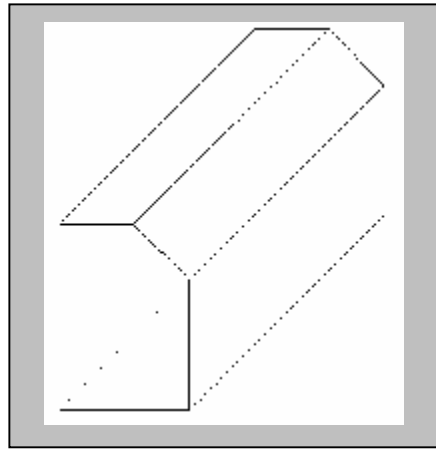
Όνομασία κομματιού: βάση
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



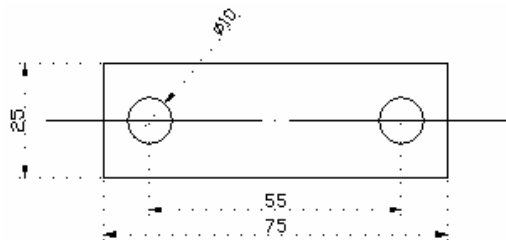
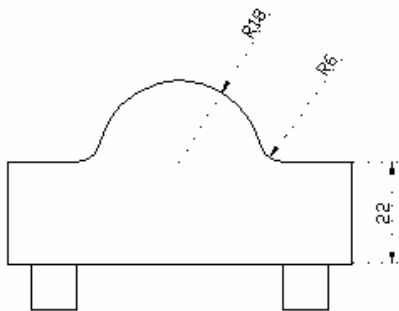
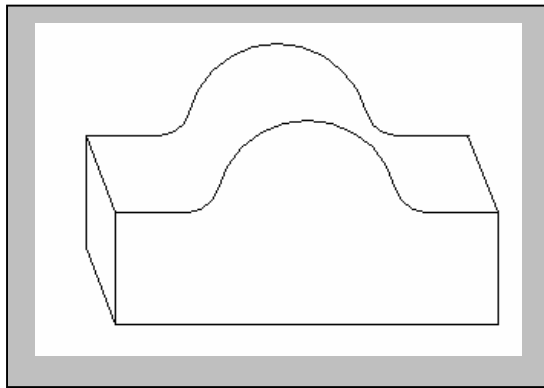
Διαστάσεις: mm



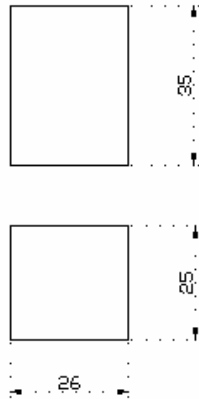
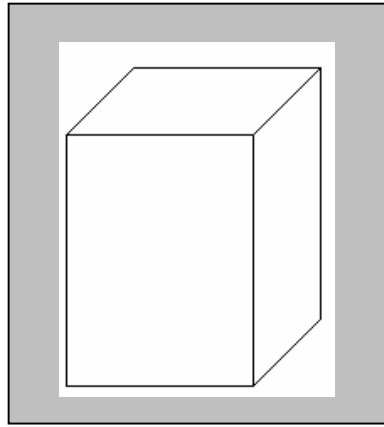
Όνομασία κομματιού: η τροποποιημένη βάση
 Κλίμακα 1:1
 Διαστάσεις: mm



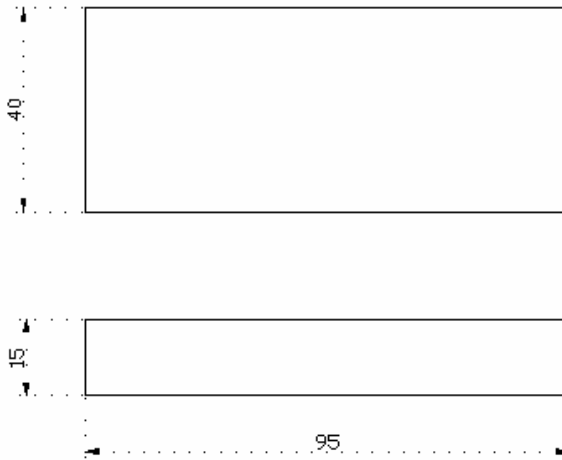
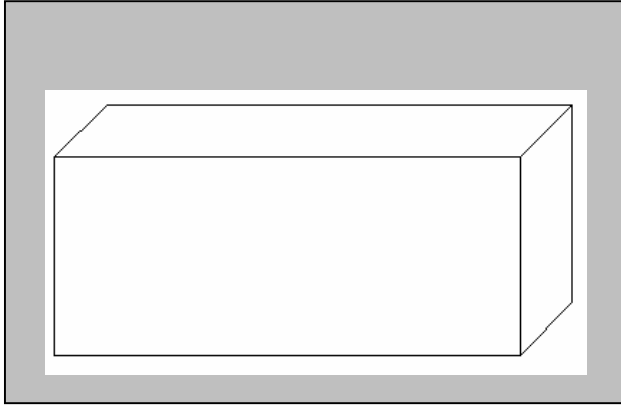
Όνομασία κομματιού: σταθερό και κινητό σαρόνι
(πλάγια όψη)
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



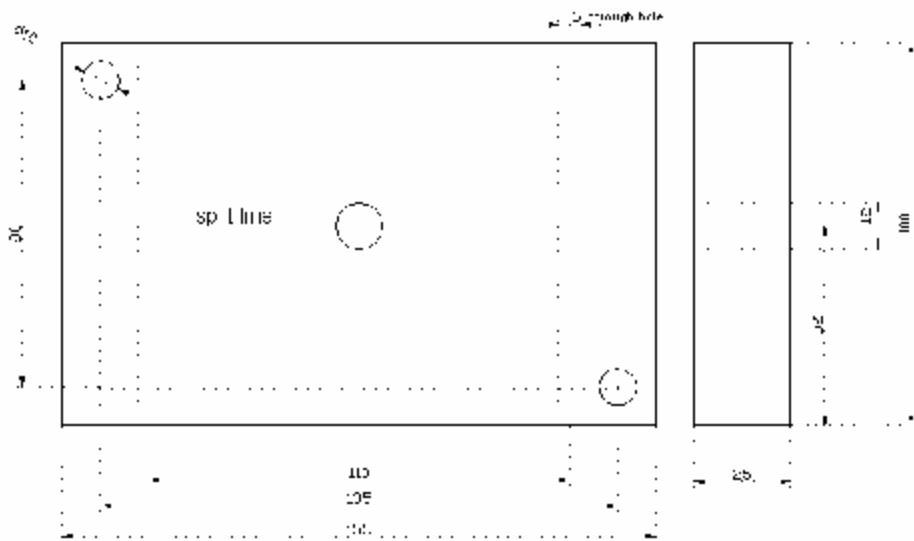
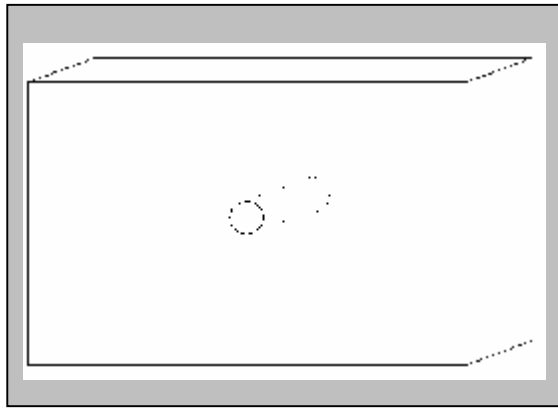
Όνομασία κομματιού: σπαστό κομμάτι
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



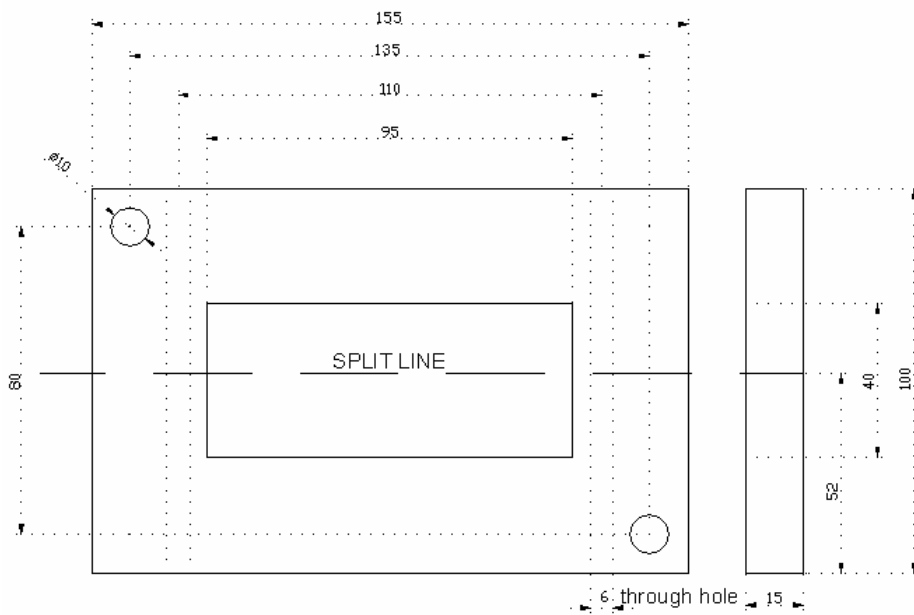
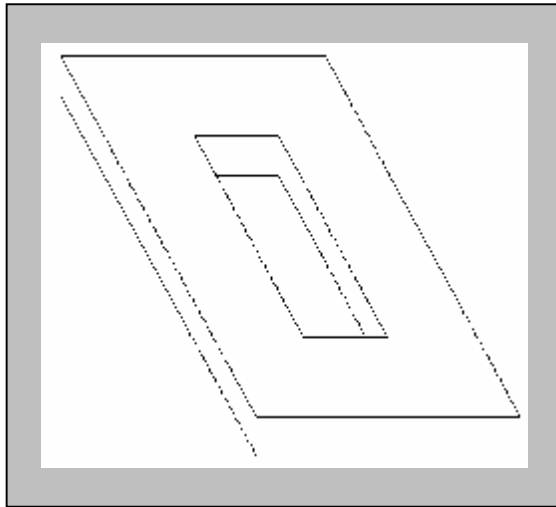
Όνομασία κομματιού: το τμήμα που σύρετε
του κινητού σαγονιού
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



Όνομασία κομματιού: τύπωμα πυρήνα
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



Όνομασία κομματιού: κιβώτιο πυρήνα (κάτω όψη)
Κλίμακα: 1:1
Διαστάσεις: mm



Όνομασία κομματιού: κιβώτιο πυρήνα (πάνω όψη)
 Κλίμακα: 1:1
 Διαστάσεις: mm

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Επιστήμη και τεχνολογία των μεταλλικών υλικών, Γιάννης Χρυσουλάκης καθηγητής Ε.Μ.Π. , Δημήτρης Παντελής Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π., εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2003.
2. Μηχανολογικό εργαστήριο, Πέτρου Πετρόπουλου καθηγητή πολυτεχνικής σχολής Α.Π.Θ. ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1979.
3. Μηχανολογικό εργαστήριο, Θεόδωρου Κουζέλη Μηχ. Ηλεκτρολόγου Ε.Μ.Π. , Γεωργίου Παρίκου καθηγητή Σ.Ε.Λ.Ε.Τ.Ε. , ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1989.
4. Μηχανουργική τεχνολογία, Πέτρου Πετρόπουλου καθηγητή πολυτεχνικής σχολής Α.Π.Θ. ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1994.

