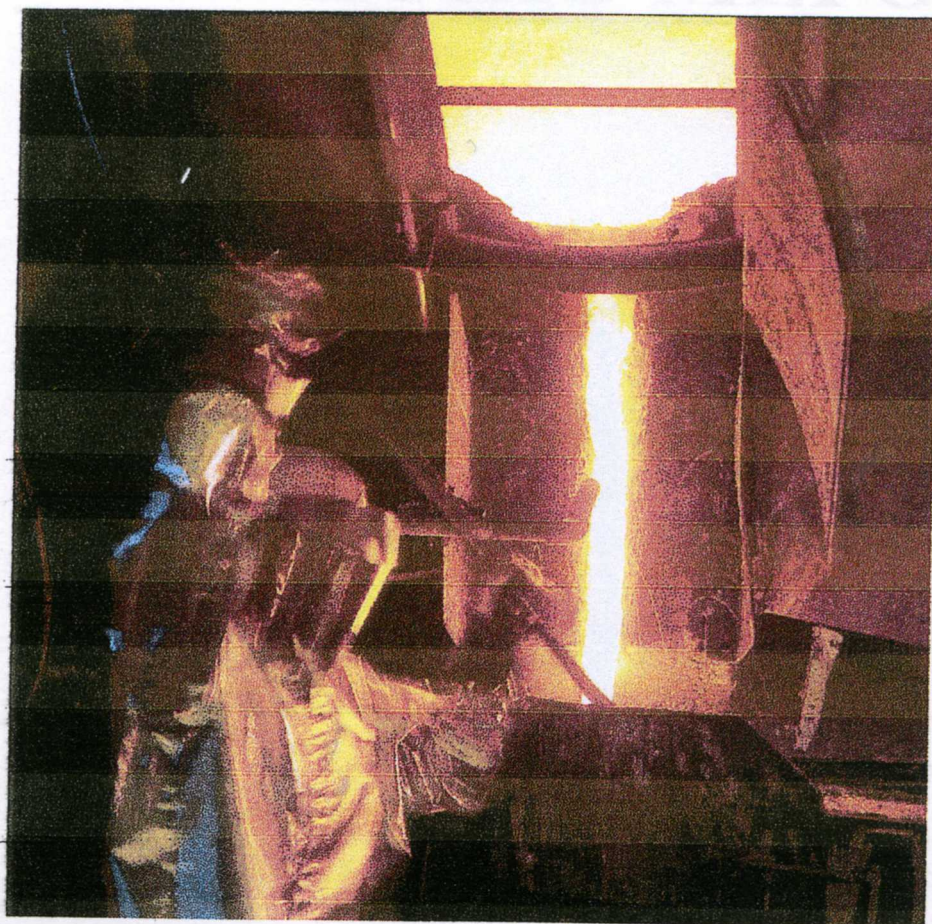


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Εισηγητής: Δρ. Αγριανίδης Παύλος

Σπουδαστές: Κοτσακωστούδης Βασίλειος
Παπαδάκης Εμμανουήλ



**Θέμα: Χύτευση μη φερίτικων ελαφρών μετάλλων,
μορφολογία και δομή αυτών.**

ΣΕΡΡΕΣ Σεπτέμβριος 2006

ΒΡΑΜΙΟΘΗΚΗ Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ
ΑΡΧ. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ 38311.....
ΗΜΕΡ. ΠΙΣΤΩΣΗΣ 15/6/2007.....
ΕΣΤΙΝ. ΑΡΙΘΜΟΣ 69.020.....

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΧΥΤΕΥΣΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

Οι πρώτοι μεταλλουργοί αγνοώντας τις δυνατότητες της τήξεως ή της εν θερμό σφυρηλατήσεως του μετάλλου χρησιμοποιούσαν τις μεθόδους «χονδροπελεκήσεως» και του τυπώματος με χτύπημα, που εφάρμοζαν με την χρησιμοποίηση λίθων. Αυτό εξηγεί την υπεροχή μαλακών μετάλλων, χρυσού και χαλκού κατά την περίοδο (2000 έως 1000 π.Χ)

Στη συνέχεια σκέφτηκαν να χρησιμοποιήσουν την φωτιά για να διαμορφώσουν τα μέταλλα με σφυρηλάτηση και χρησιμοποίηση καλουπιών. Το πρώτο κράμα τήξεως φαίνεται ότι είναι ο μπρούτζος ή ορείχαλκος (500 χρόνια π.Χ).



Η χύτευση του λιωμένου μετάλλου γινόταν αρχικά μέσα σε καλούπια από πέτρα.

Η διαδικασία της σφυρηλάτησης προσέφερε περιορισμένες δυνατότητες. Έπρεπε να βρεθούν μέθοδοι συνδέσεως. Οι οξυγονοκόλληση είναι μια από τις πρώτες μεθόδους συνδέσεως που ανακαλύφθηκαν. Οι μακρινοί πρόγονοι μας την εφάρμοσαν για να συνδέσουν μεταξύ τους διάφορα μεταλλικά στοιχεία χαμηλού βαθμού τήξης, πριν χρησιμοποιήσουν την συγκόλληση με σφυρηλάτηση του σιδήρου. Περνούν αιώνες μέχρι η εξέλιξη των εργαλείων να επιτρέψει την κοπή των μετάλλων με μηχανικά μέσα. Με Αυτό τον τρόπο εξυπηρετούνται οι συνδέσεις με την διαμόρφωση στο απαιτούμενο σχήμα των προς σύνδεση τεμαχίων.

ΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

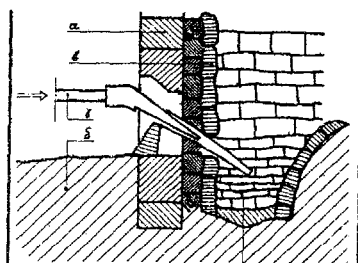
-Ο χρυσός και ο **άργυρος** είναι τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν.

-Ο χαλκός κατεργάζονταν στη Χαλδαία και στην Αίγυπτο(4000 π.Χ) και έπειτα στην Ευρώπη (3000 π.Χ). Τα πρώτα όπλα, και μεταλλικά αγροτικά εργαλεία, είναι από χαλκό.

Αλλά η αναζήτηση μεγαλύτερης σκληρότητας οδήγησε στην χρησιμοποίηση κράματος χαλκού και μπρούτζου (εποχή χαλκού, 500 π.Χ)

-Ο σίδηρος. Η πρώτη του χρησιμοποίηση στην κατάσταση μετεωρικού σιδήρου, εμφανίζεται 1000 χρόνια π.Χ στην Αίγυπτο. Ο «γήινος» σίδηρος υφίσταται κατεργασία πριν το 500 μ.Χ. στην Αρμενία και το 1000 μ.Χ στην Ευρώπη.

κατά τον 1ον μ.Χ. αιώνα χρησιμοποιήθηκαν οι πρώτοι φούρνοι τύπου «CATALAN» με την παροχή αέρα με αντλίες κινούμενες υδραυλικά με νερό, έγινε δυνατή η επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών εντός των φούρνων.



Φούρνος τύπου CATALAN

Με την χρησιμοποίηση των φούρνων επετεύχθη συνδυασμός σιδήρου-άνθρακα, ο οποίος οδήγησε στην παραγωγή του χάλυβα.

-Ο χάλυβας. Στην αρχαιότητα ήταν εμπειρικά γνωστή επίδραση της φύσης του σιδηρομεταλλευματος στην ποιότητα του μετάλλου και η παραγωγή του χάλυβα είναι συνδεδεμένη με τη χρησιμοποίηση ενός ειδικού μεταλλεύματος επεξεργασμένου όπως και στη παραγωγή του σιδήρου.

μέχρι το 1730 ο χάλυβας παραγόταν υπό μορφή όγκου (μάζας πηκτής και σπογγώδους) εκλεπτιζομενης και συγκολλούμενης με σφυρηλάτηση.

1740:Μέθοδος BESSEMER. Κατασκευή χάλυβα από ρευστό κράμα. Η Μέθοδος αυτή εφαρμοζόταν σε μη φωσφορούχα κράματα.

1864:Μέθοδος MARTIN: Κατασκευή χάλυβα σε φούρνο πολύ μεγάλης θερμοκρασίας: χρησιμοποίηση άχρηστων τεμαχίων χάλυβα.

1877:Μέθοδος THOMAS GILCHRIST, παράγωγο της μεθόδου BESSEMER, που επιτρέπει την επεξεργασία φωσφορούχων κραμάτων.

-Το αλουμίνιο (αργίλιο).

Ανακαλύφθηκε το 1827 από τον WHOEHLER και γίνεται βιομηχανικό προϊόν το 1866, με την ανακάλυψη μεθόδου κατεργασίας του με ηλεκτρόλυση.

Η παραγωγή του αλουμινίου παρουσιάζει στη συνέχεια μια τάχιστη εξέλιξη που δεν έφτασε ποτέ κανένα άλλο μέταλλο.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Η μεταλλουργία του σιδήρου ακολουθεί τις εξής δυο φάσεις:

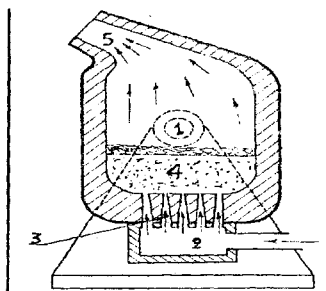
- Παραγωγή χυτοσιδήρου από τα σιδηρομεταλλεύματα (πρωτογενής χυτοσίδηρος).
- Επεξεργασία πρωτογενούς χυτοσιδήρου.

Για την παραγωγή πρωτογενούς χυτοσιδήρου χρησιμοποιούνται δυο μεγέθη:

1. Η μέθοδος με την υψικάμινο
2. Η μέθοδος Κρουπ-Ρεν για φτωχά σιδηρομεταλλεύματα

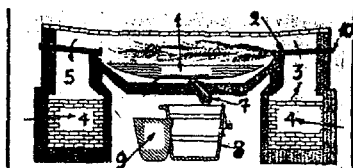
A) Η μέθοδος με την υψικάμινο.

Από το στόμιο τροφοδότησης της υψικαμίνου εισάγονται σε εναλλασσόμενα στρώματα το μέταλλευμα, άνθρακας (κωκ) και συλλιπασματα.



Κάμινος

Το είδος των συλλιπασματων εξαρτάται από τις ξένες προσμίξεις που περιέχει το σιδηρομεταλλευμα. Από το κάτω μέρος της υψικαμίνου εισάγεται αέρας προθέρμανσης 800°C. Με τον αέρα αυτό καίγεται το πρώτο στρώμα άνθρακα.



Κάμινος

Μετά από διάφορες χημικές αντιδράσεις από την καύση του άνθρακα τήξη του σιδήρου του μεταλλεύματος και την επίδραση των συλλιπασμάτων στο κατώμερος της υψικάμινου συγκεντρώνεται ρευστός χυτοσίδηρος με επιπλεουσα ρευστή σκουριά.

Η μεν σκουριά εξάγεται πλευρικά και αποχωρίζεται τον χυτοσίδηρο, ο δε χυτοσίδηρος από κατάλληλο στόμιο χύνεται σε κάδους.

Τα εξερχόμενα καυσαέρια με υψηλό ποσοστό μονοξειδίου του άνθρακα (έως 24%) είναι καύσιμη ύλη η οποία καίγεται καταλληλακαι προθερμαίνει τον εισαγόμενο αέρα στην υψικάμινο.

B) Ημεθοδος Κρουπ-Ρεν

Είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σε αντίθεση προς την υψικάμινο με την κατεργασία φτωχών σιδηρομεταλλευμάτων.

Από το υψηλότερο μέρος της κάμινου εισάγεται κονιοποιημένο μείγμα από μετάλλευμα λιγνίτη και συλλιπασματα, ενώ από το κάτω μέρος της εκτοξεύονται και καίγονται αέρια που παράγονται από λιγνίτη σε ειδικές εγκαταστάσεις.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΩΝ

Ο λιωμένος χαλκός απορροφά αέρια που σχηματίζουν στη μάζα του φυσαλίδες κατά την στερεοποίηση. Γι' αυτό ο καθαρός χαλκός είναι ακατάλληλος για χύτευση σε καλούπια.

Για χύτευση χρησιμοποιούμε μερικά κράματα του χαλκού όπως είναι οι ορείχαλκοι, οι μπρούτζοι, το χαλκοαργίλιο και χαλκονικέλιο ορισμένες αναλογίες.

Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή αλουμινίου είναι ο βωξίτης. Με επεξεργασία του βωξίτη περνούμε την αλουμινα. Από την αλουμινα με ηλεκτρόλυση περνούμε το αλουμίνιο. Τα κράματα του αλουμινίου που χυτευονται είναι με περιεκτικότητα 10-12% πυριτίου, με χαλκό 4% και νικέλιο 2%, καθώς και με 5 ή 12% πυρίτιο και προσθήκη χαλκού μαγνησίου και νικελίου ή μαγνησίου και μαγγανίου.

Αλλά χυτευτικα κράματα είναι κράματα μαγνησίου, ψευδάργυρου, μόλυβδου-κασσιτέρου, νικελίου και αντιτριβικα κράματα.

Μέθοδοι παραγωγής

Για το λιώσιμο των μετάλλων και την παραγωγή κραμάτων χρησιμοποιούμε κάμινους ανάλογος με αυτούς της τήξεως των σιδηρούχων μετάλλων.

Οι κάμινοι αυτοί περιγράφονται παρακάτω:

-Περιστροφική κάμινος.

Είναι όμοια με αυτή που χρησιμοποιούμε για παραγωγή χυτοσιδήρου. Είναι κατάλληλη για το λιώσιμο χαλκού, αλουμινίου, καθώς και των κραμάτων τους.

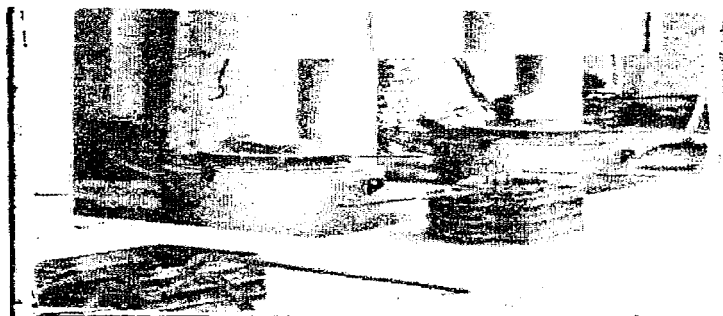
-Αντανακλαστική κάμινος.

Η οροφή της κάμινου είναι από πυρίμαχο υλικό το οποίο απορροφά θερμότητα από τις φλόγες του καυστήρα την οποία και αντανακλά στο ρευστό ή το λιωμένο μέταλλο.

-Αντανακλαστική κάμινος τύπου φρεατίου.

Ένα από τα κύρια μειονεκτημα είναι ότι τα πολύ μικρά άχρηστα τεμάχια (γρεζια) όταν έρχονται σε επαφή με τη φλόγα οξειδώνονται, για το λόγο αυτό πρέπει πρώτα να εμβαπτίζονται σε λιωμένο αλουμίνιο. Η θερμότητα παρέχεται όπως την κλασσική Αντανακλαστική κάμινου. Στο ένα άκρο του κεντρικού θαλάμου της κάμινου υπάρχει ένα τμήμα στέγνης εστίας που τοποθετείται μια ράβδος για να λιώσει και να δημιουργήσει το ρευστό αλουμίνιο. Στο άλλο άκρο της κάμινου δημιουργείται ένα καλυμμένο φρεάτιο που χωρίζεται από το κύριο θάλαμο μέσω ενός βυθιζόμενου τόξου ώστε να εμποδίζεται η έξοδος της φλόγας. Τα ρινίσματα των μετάλλων φορτώνονται στο φρεάτιο και όταν έρχονται σε επαφή με το λιωμένο μέταλλο λιώνουν.

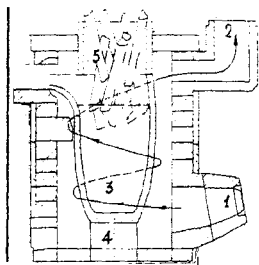
-Ανασικωνομένες κάμινοι.



Σε αυτό τον τύπο κλιβάνου το μέταλλο φτάνει στο απαιτούμενο σημείο θερμοκρασίας εγχύσεως το στρεφόμενο κάλυμμα το οποίο διαθέτει ένα μικρό άνοιγμα για την εξαγωγή αερίων, στρέφεται προς μια πλευρά και η χοάνη που περιέχει το μέταλλο ανασηκώνεται προς τα έξω με ειδικές λαβίδες και μεταφέρεται στα καλούπια προς έγχυση.

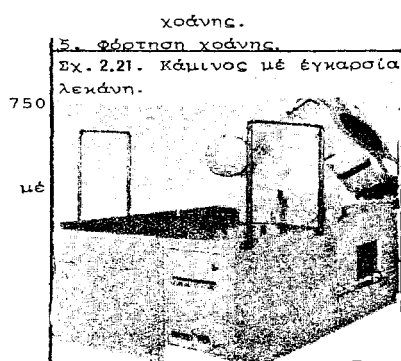
Πλεονεκτούν στο ότι μπορούμε να χρησιμοποιούμε διάφορες χοάνες για ειδικά κράματα.

-Κάμινοι με άξονα εγκάρσιας κλίσης.

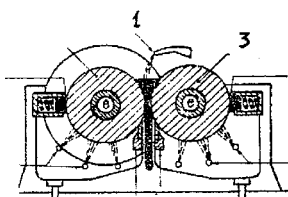


Αυτοί οι κάμινοι είναι μελετημένοι με τέτοιο τρόπο ώστε η κάμινος να κλίνει γύρω από ένα άξονα σε γραμμή με το στόμιο αποδύσεως. Η κάμινος με άξονα εγκάρσιας κλίσης επειδή είναι εκτός ισορροπίας για να κλίνει κινείται υδραυλικά.

-Κάμινοι (φούρνοι) με εγκάρσια λεκάνη.



Αυτές οι κάμινοι είναι μια εξέλιξη των καμίνων με άξονα εγκάρσιας κλίσης. Το πλεονέκτημα αυτών των καμίνων είναι ότι έχουν φαρδύτερη χοάνη και έχουν χωρητικότητα 1000 kg αλουμινίου, επίσης χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για την τήξη κραμάτων με βάση τον χαλκό και ψευδάργυρο.



Σχηματική παράσταση εγκαταστάσεως συνεχούς χυτεύσεως πλατιών προϊόντων χάλυβα.

Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Τα μηχανικά μέρη που συνθέτουν τα μηχανήματα και τις συσκευές που κατασκευάζονται από τα συνεργεία μηχανών και ηλεκτρικών κατασκευών κατασκευάζονται από μια από τις κατώτερες μεθόδους .

1. Χύτευση μετάλλων
2. Προσίσιμο και συμπίεση μεταλλικών κονεων
3. Πλαστική παραμόρφωση των μετάλλων
4. Κατεργασία σε εργαλειομηχανες
5. Συναρμολόγηση μορφοποιημένων μετάλλων
6. Παραγωγή πλαστικών



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΧΥΤΕΥΣΗ

Το ρευστοποιημένο μέταλλο εγχυεται σ'ένα καλούπι που φέρει το αποτύπωμα του τεμαχίου που θα κατασκευασθεί. Αφού στερεοποιηθεί το μέταλλο αφαιρούμε το τεμάχιο από το καλούπι.

Οι δυο κυριότερες εργασίες του χυτηρίου είναι συνεπώς:

1. Η κατασκευή του καλουπιού
2. Η έγχυση του μετάλλου στο καλούπι

Τα καλούπια: Ταξινομούνται ανάλογα με την χρήση του καθενός.

-καλούπι μιας χρήσης: Απαιτείται ένα καλούπι για κάθε τεμάχιο. Είναι η περίπτωση του καλουπιού από άμμο, καλουπιού με μάσκα και χαμένο κερί.

-καλούπι διαρκούς χρήσεως: Με το ίδιο καλούπι κατασκευάζεται μεγάλος αριθμός τεμαχίων. Είναι η περίπτωση των μεταλλικών καλουπιών.

Η χύτευση του μετάλλου: Τα χυτήρια διαιρούνται σε χυτήρια κραμάτων χάλυβα, μετάλλων χαλκού, κραμάτων αλουμινίου και μαγνησίου και κραμάτων ψευδάργυρου.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΨΙΣΗΜΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΟΝΕΩΝ.

Η διαδικασία αυτή συνίσταται στην συσσώρευση στο καλούπι του προς κατασκευή τεμαχίου μιας σκόνης από πολλά συστατικά υλικά, που το ένα τουλάχιστον είναι μεταλλικό.

Για το σκοπό αυτό η σκόνη συμπιέζεται μέσα στα καλούπια που φέρουν το αποτύπωμα του προϊόντος που θέλαμε. Στην συνέχεια ο σωρός της σκόνης θερμαίνεται σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία, για να δώσει στην μεταλλική σκόνη τέτοια συνοχή, ώστε να δύναται το τεμάχιο να αντισταθεί στις προβλεπόμενες καταπόνησης.

ΕΚΛΟΓΗ ΒΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ

Προκείμενου να κατασκευασθεί ένα μεταλλικό προϊόν, πρέπει να λαμβάνετε υπ' όψιν:

1. Η προσαρμογή των φυσικών χημικών και μηχανικών ιδιοτήτων του μετάλλου στις συνθήκες κατεργασίας του τεμαχίου.
2. Η ικανότητα του μετάλλου να υποστεί κατεργασία με οικονομική και εύκολη μέθοδο, Προκείμενου να επιτευχθεί η κατασκευή του απαιτούμενου τεμαχίου.

Η εκλογή αυτή συχνά προέρχεται από έναν συμβιβασμό, διότι συμβαίνει η μορφή του μετάλλου να εμποδίζει την εκλογή της διαδικασίας κατασκευής και αντιστρόφως.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΕ ΚΙΝΔΥΝΟ ΜΕ ΤΗΝ ΧΥΤΕΥΣΗ

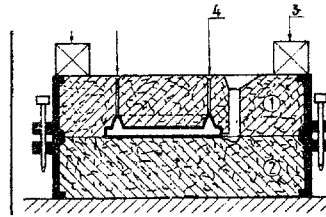
1. **Εκχυτικότητα:** Η ικανότητα των ρευστών μετάλλων να γεμίζουν τα κοιλώματα στα οποία χυτευονται. Προσδιορίζεται εμπειρικά από τα μήκος του «ελικοειδούς» του μετάλλου που επιτυγχάνεται από την συσκευή. Η εκχυτικότητα κατά μεγάλο μέρος εξαρτάται από την ρευστότητα που γενικά αυξάνει με την θερμοκρασία.
2. **Ευτικτικότητα:** ικανότητα μετάβασης από την στερεή στην ρευστή κατάσταση υπό την επίδραση της θερμότητας, που χαρακτηρίζεται από την θερμοκρασία τήξεως. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τήξεως τόσο λιγότερο ευτικτικο είναι το μέταλλο.

ΤΥΠΩΜΑ ΣΕ ΑΜΜΟ ΜΕ ΤΟ ΧΕΡΙ

Γνωρίζουμε ότι στο χυτήριο εγχυνεται το υπό τήξη μέταλλο ή κράμα μέσα σε καλούπι το οποίο έχει κοιλώματα όμοια με του τεμαχίου που θα δημιουργηθεί. Αφού κρυώσει και στερεοποιηθεί το τεμάχιο βγαίνει από το καλούπι. Τέλος γίνεται η αφαίρεση των πλεονασμάτων (γρεζιών) και έτσι επιτυγχάνουμε παντός είδους και περίπλοκου σχήματος χυτά τεμάχια, από χυτοσίδηρο, χάλυβα, κράματα χαλκού, ελαφρά κράματα, κράματα ψευδάργυρου, κράματα κασσίτερου και μόλυβδου.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι τυπώσεως

- Τύπωμα με άμμο (με κερί ή μηχανικά) (καλούπια μιας χρήσης)
- Ειδικά τυπώματα (με μάσκα η κερί) (καλούπια μιας χρήσης)
- Τυπώματα με μεταλλικά καλούπια (καλούπια διαρκείας)



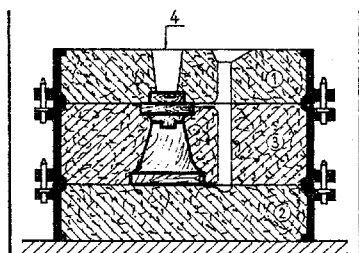
Τύπωμα σε πλαίσιο.

Τα πλαίσια (σκελετός) του τυπώματος

Είναι σκληρά πλαίσια προοριζόμενα να περιέχουν και να συγκρατούν την άμμο που αποτελεί το καλούπι. Είναι φτιαγμένα συνήθως από χυτοσίδηρο, χυτοχάλυβα, αλουμίνιο, καμία φορά από ξύλο και τις περισσότερες φορές έχουν έχουν τετραγωνικό ή ορθογώνιο σχήμα. Ένα πλήρες πλαίσιο περιλαμβάνει τουλάχιστον δυο μέρη:

- Το άνω μέρος
- Το κάτω μέρος

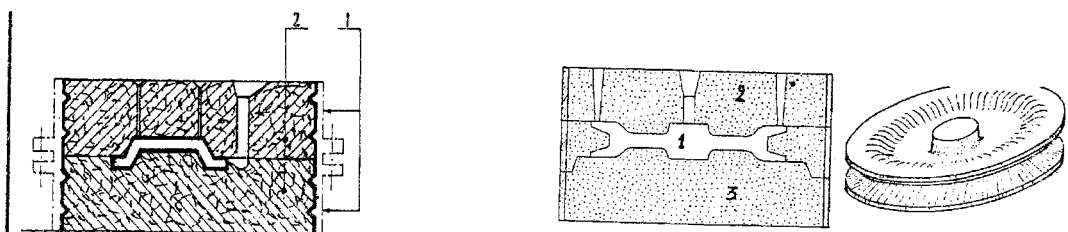
ανάλογα με την περίπτωση όταν οι συνθήκες του καλουπώματος το επιτρέπουν, προσθέτουμε ένα ή δυο ενδιάμεσα μέρη.



Τύπωμα σε περίβλημα.

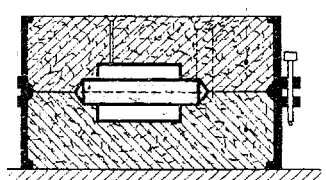
Τα πλαίσια που αποτελούν αυτά τα μέρη του καλουπιού φέρουν διάτρητα αυτιά για ακριβή εντόπιση με την βοήθεια ακίδων ή κοχλιών. Υπάρχουν επίσης και χειρολαβές στα πλαίσια και καρφιά συνδέσεως για το σφίξιμο των συνδετήρων για να μην ανοίγουν με την πίεση του υγρού μετάλλου.

ΤΥΠΟΙ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΜΜΟ



τύπωση τροχαλίας.

1. Τύπωμα σε υγρή άμμο: συνίσταται στην έγχυση του μετάλλου σε καλούπι μη φουρνισμένο μόλις αυτό τελειώσει. Διαδικασία γρήγορη, οικονομική, δίνει τεμάχια ακρίβειας, χωρίς γρεζία, αλλά το γρήγορο κρύωμα μπορεί να προκαλέσει επιτόλαια σκλήρυνση.
2. Τύπωμα εντός υγρής άμμου, στεγνωμένο: Είναι ένα ΤΥΠΩΜΑ μέσα σε υγρή άμμο με ένα επιτόλαιο στέγνωμα με φλόγα του αποτυώματος του καλουπιού
3. Το φουρνισμένο ΤΥΠΩΜΑ: Γίνεται σε καλούπια στεγνωμένα σε φούρνο. Το στέγνωμα αυτό δίνει μεγάλη αντοχή στο ΤΥΠΩΜΑ και επιτρέπει την έγχυση υψηλών και βαριών τεμαχίων. Δεν υπάρχει κίνδυνος επιτόλαιος σκληρύνσεις, αλλά το κόστος παραγωγής είναι μεγάλο.



Τύπωμα με πυρήνα.

Η ΑΜΜΟΣ Ή ΤΟ ΧΩΜΑ ΧΥΤΗΡΙΩΝ

Η άμμος ή το γόμα χυτηρίων πρέπει να έχει κάποιες ιδιότητες οι οποίες είναι:

1. Να είναι πορώδες για την απελευθέρωση των αερίων και υδρατμών που δημιουργούνται από την ροή του λιωμένου μετάλλου.
2. Να είναι εύπλαστο και να μπορούμε να το δίνουμε το σχήμα που επιθυμούμε.
3. Να είναι συνεκτικό για να μπορούν οι κόκκοι να είναι συνδεδετικοί μεταξύ τους και με το πλαίσιο.
4. Να είναι πυρίμαχο για να μην λιώνει όταν έρχεται σε επαφή με το λιωμένο μέταλλο.

Οι άμμοι και το χώμα χυτηρίων είναι μείγματα από πυρίτιδα (χαλαζία) και «μαύρο φυτικό» ή μπετονιτη. Η αναλογία αυτών των συστατικών είναι συνήθως για κάθε 100kg πυρίτιδα 10% άργιλος (άμμος) και 5-7% μαύρο φυτικό.

Το μαύρο φυτικό είναι ένα μείγμα σκόνης ξυλάνθρακα και ειδικής σκόνης για την επίτευξη καθαρών επιφανιών.

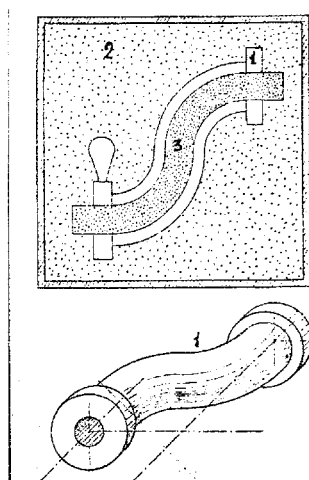
Η ανάμειξη των ανωτέρω συστατικών γίνεται με τα χέρια και με ειδικά φτυάρια.

Η άργιλος χρησιμεύει ως συνδεδετικό των κόκκων τις πυρίτιδας, στοιχεία δυσδιάλυτα και το φυτικό μαύρο εξασφαλίζει τους πόρους που είναι αναγκαίοι για την εκκένωση των αερίων.

Για να είναι το χώμα περισσότερο συνεκτικό φροντίζουμε ώστε η άμμος να έχει μια σχετική υγρασία, για να το επιτύχουμε αυτό προσθέτουμε στην άμμο χυτηρίου 5% νερό.

Για να μην προσκολλάται η άμμος στις επιφάνειες του χυτού αντικειμένου αλείφουμε τις επιφάνειες του τυπώματος με γραφίτη.

Η άμμος για τους πύρινες (καρδιές) αποτελείται από ψιλή άμμο θαλάσσης σε πρόσμιξη με λινέλαιο.



τύπωση σωλήνως με καρδιά.

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΑΜΜΟ

A) Κατάστροφωση προτύπου

Η συστολή: Το Τύπωμα στο χέρι με άμμο απαιτεί την κατασκευή ενός μοντέλου κατά κανόνα από ξύλο το οποίο αντιπροσωπεύει το προς κατασκευή τεμάχιο του οποίου όμως οι διαστάσεις θα πρέπει να λάβουν υπ'οψιν την συστολή του μετάλλου όταν κρυσταλλωθεί μέσα στο καλούπι.

Αυτή η συστολή έχει τις παρακάτω αναλογίες:

-10% (10mm στο μέτρο) για τον χυτοσίδηρο.

-15 έως 20% (15 έως 20 mm στο μέτρο) για χάλυβα.

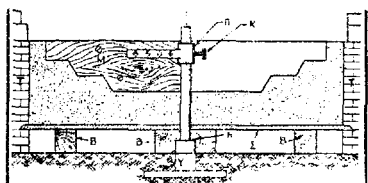
-12 έως 15% (12 έως 15mm στο μέτρο) για κράματα αλουμινίου και χαλκού.

Όλες οι αναλογίες του πρότυπου είναι αυτές του τεμαχίου προσαυξημένες κατά τα άνω ανάλογα με το προς χύτευση μέταλλο. Επίσης παντού προβλέπεται η επεξεργασία με εργαλιομηχανή όπου πρέπει να προστεθούν «πρόσθετα πάχη» λίγων χιλιοστών.

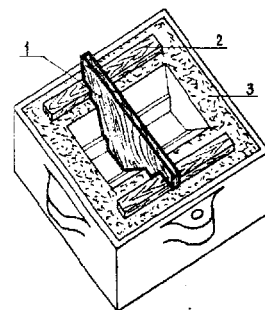
Το πρότυπο πρέπει να εξέρχεται άνετα από το καλούπι χωρίς να τραβήξει μαζί του την άμμο (κλίση 1 έως 10% στα πλευρά).

B) Λιωμένα (αποσυναρμολογούμενα) μέρη: Το πρότυπο αποτελείται συχνά από πολλά λειωμένα μέρη προς την διευκόλυνση της αποτυπώσεως.

Γ) Τύπωμα με οδηγό: Για μεγάλα τεμάχια σχήματος στέρεου εκ περιστροφής ή αυτά που έχουν σταθερό προφίλ, αντικαθιστούμε καμιά φορά το πρότυπο με έναν περιστροφικό αγωγό ή ορθογώνιο, διαμετρήματος που θα δίνει την μορφή του τεμαχίου.



Περιστροφικό τύπωμα.

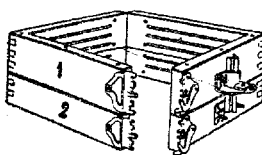


Ορθογώνιο
τύπωμα.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΧΥΤΗΡΙΟΥ

Όπως και στις άλλες τεχνικές ειδικότητες οι τεχνικές που εργάζονται στα χυτήρια χρησιμοποιούν εργαλεία που έχουν επινοηθεί για να βοηθούν την δουλειά τους.

-Για την συγκράτηση της άμμου τυπώσεως χρησιμοποιούμε ένα πλαίσιο. Το πλαίσιο είναι ξύλινο ή μεταλλικό, είναι ορθογωνίου σχήματος και αποτελείται από δυο μέρη.



-Τα πρότυπα γίνονται μονοκόμματα ή αν είναι μεγάλα γίνονται σε δυο μέρη και συναρμολογούνται.



-Για να μετακινήσετε την άμμο από τον σωρό και να την βάλετε στο πλαίσιο ή στο κόσκινο χρησιμοποιείτε ένα μυστήρι ή ένα φτυάρι.

-Το κόσκινο έχει ξύλινο πλαίσιο και ο πυθμένας είναι από σύρμα διχτυωτό. χρησιμοποιείτε για να διαχωρίζει την άμμο και να την μετατρέπει σε λεπτούς κόκκους καθώς ταλαντεύεται στο κόσκινο.

-Ο κόπανος χρησιμοποιείτε για να τακτοποιείτε την άμμο γύρω από το πρότυπο εντός του πλαισίου.

-Το ειδικό μυστήρι χρησιμοποιείτε για την τακτοποίηση των επιφανιών διαχωρισμού μεταξύ των δυο μερών του καλουπιού.

-Για την διαμόρφωση των ανοιγμάτων και των οπών εγχύσεως από όπου θα διέλθει το λιωμένο μέταλλο για να πάει στο αποτύπωμα χρησιμοποιούμε τεμάγια κυλινδρικά ή κωνικά, ξύλινα ή και μεταλλικά ακόμη.

-Με μια βελόνα δημιουργούμε οπές στο πάνω μέρος του καλουπιού για να διευκολύνεται η διαφυγή του ατμού και των αερίων όταν το μέταλλο είναι λιωμένο.

-Η σπάτουλα με το κουτάλι χρησιμοποιούνται για να επιδιορθώσουν ένα καλούπι που έπαθε ζημία.

-Ο βολβοειδής σπόγγος χρησιμοποιείται για να υγραίνει την άκρη του καλουπιού πριν σηκωθεί το πρότυπο.

1.



-Ο διαμορφωτής αυλακιών είναι ένα λεπτό ελασματο τεμάχιο διαμορφωμένο σε σχήμα U, χρησιμοποιείται για να χαράσσει το αυλάκι μεταξύ του αποτυπώματος και του πυθμένα των ανοιγμάτων και των οπών εγχύσεως.

-Το φουσερό χρησιμοποιείται για να δημιουργεί ρεύμα αέρα και να απομακρύνει τυχόν κόκκους άμμου που έχουν πέσει μέσα στο καλούπι.



Σχ.7.7. Κοσκίνισμα άμμου.



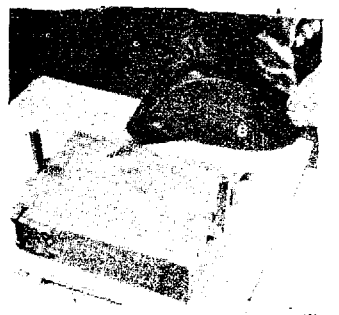
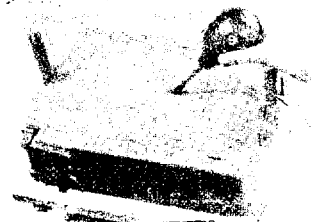
Σχ.7.9. Τίναγμα πούδρας.



Σχ.7.8. Διευθέτηση άμμου με τόν κόπανο.



Σχ.7.10. Χρησιμοποίηση βολβοειδούς σπόγγου.

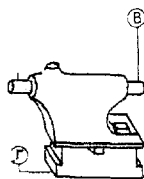


ΤΡΟΠΟΙ ΧΥΤΕΥΣΕΩΣ ΤΕΜΑΧΙΟΥ ΣΕ ΑΜΜΟ ΜΕ ΤΟ ΧΕΡΙ

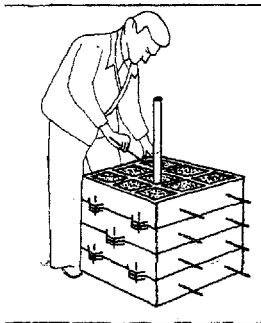
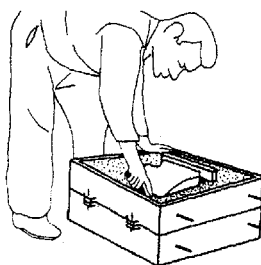
-Για την χύτευση του παρακάτω εικονιζόμενου χυτοσιδήρου τεμαχίου ακολουθούμε τις παρακάτω φάσεις.



-Κατασκευή πρότυπου Α,Β,Γ. Τα βάρη των πύρινων επί του πρότυπου.

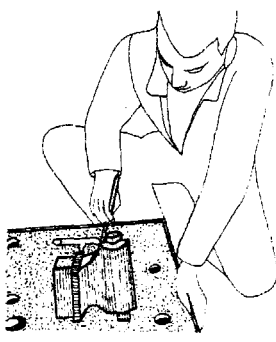
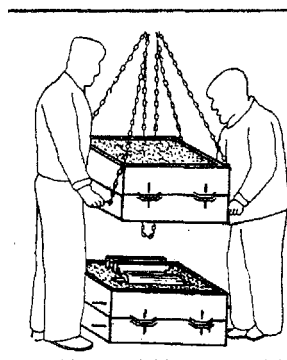


-Τύπωμα. κατασκευή του καλουπιού από άμμο σε ένα πλαίσιο με την βοήθεια του πρότυπου. Διακρίνουμε το πρότυπο εντός της άμμου των πλαισίων.



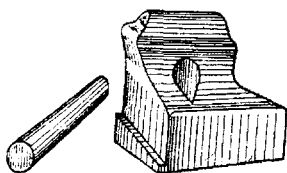
-Τοποθέτηση του άνω πλαισίου. Γέμισμα με άμμο. Το καλούπι είναι τελειωμένο και το πρότυπο βρίσκεται μέσα στην άμμο.

-Ξεκαλούπωμα. Άνοιγμα του καλουπιού για την αφαίρεση του προτύπου (λεπτή εργασία).

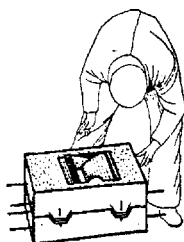


-Τελειοποίηση του καλουπιού (ρετουσαρίσματα).
Δημιουργία αυλακιού εκχύσεως του μετάλλου. Λείανση, πουδράρισμα.

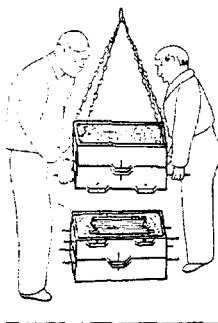
-Σχηματισμός πύρινων. Οι πύρινες από άμμο φουρνίζονται και μετά τοποθετούνται στο καλούπι.



-Οι πύρινες τοποθετούνται στο καλούπι.

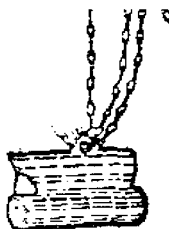


-Κλείσιμο του καλουπιού και σύσφιξη του με συνδετήρες.

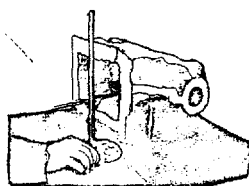


-Τήξη του μετάλλου που θα γεμίσει το καλούπι. Η παραλαβή του ζεστού μετάλλου γίνεται με πυρίμαχα δοχεία. Έγχυση του ρευστού μετάλλου από την οπή εγχύσεως.

-Αφαίρεση τεμαχίου.



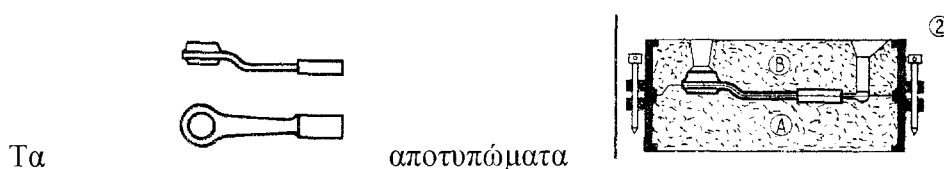
-Το χυτό τεμάχιο καθαρίζεται από τυχόν γράϊζια και ελέγχονται οι διαστάσεις του.



ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΤΥΠΩΜΑ ΣΕ ΑΜΜΟ

ΤΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΤΥΠΩΜΑ

Τα από άμμο καλούπια επειδή είναι μιας και μόνο χρήσης, θα πρέπει για την παραγωγή πολλών όμοιων τεμαχίων να κατασκευασθούν καλούπια όσα και τα τεμάχια. Για να γίνει αυτό πιο γρήγορα χρησιμοποιούμε μηχανές τυπώματος στις οποίες τα πλαίσια σφίγγουν την άμμο τους μηχανικά: με δονήσεις ή με μηχανική πίεση ή με συνδυασμό και των δυο μεθόδων.



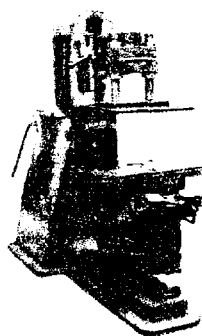
του τεμαχίου δεν γίνονται από ένα κοινό πρότυπο αλλά από ένα πρότυπο στηριγμένο σε ένα στήριγμα: το σύνολο αυτό ονομάζεται πλάκα-πρότυπο ή επίστρωση γύψου.

Διακρίνονται:

1. Σε επιστρώσεις γύψου: εξ' ολοκλήρου από γύψο ή με μεταλλικό πρότυπο.
2. Σε μεταλλικές πλάκες-πρότυπα διπλής όψεως.

Όσο για τους πυρήνες που μπορεί να είναι αναγκαίοι, αυτοί συνήθως εκτελούνται διαψησίματος της άμμου, με πεπιεσμένο αέρα, μέσα στα κουτιά των πυρήνων που έχουν κατασκευασθεί για τον σκοπό αυτό. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πυρήνες φουρνίζονται πριν τοποθετηθούν στο καλούπι.

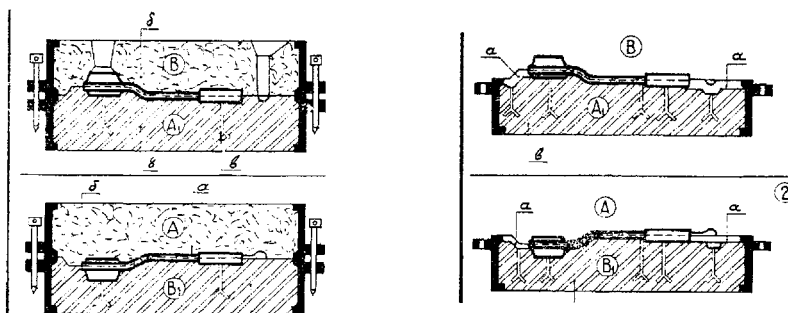
Το μηχανικό τύπωμα που εφαρμόζετε για την παραγωγή σειρών ομοίων τεμαχίων, απαιτεί ειδικά εργαλεία ανάλογα με την σπουδαιότητα των σειρών αυτών.



Οι επιστρώσεις ΤΟΥ ΓΥΨΟΥ (3 ΤΥΠΟΙ)

ΤΥΠΟΣ Νο 1: επιστρώσεις εξ'ολοκλήρου από γύψο (δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο για την εκτέλεση μικρών σειρών).

ΤΥΠΟΣ Νο 2: επιστρώσεις από γύψο με μεταλλικό πρότυπο (διατίθεται μεταλλικό πρότυπο αντί ενός ξύλου)



Τοποθετήστε το πρότυπο αυτό σε μια στρώση άμμου εξασφαλίζοντας την ένωση του τυπώματος και στην συνέχεια Τοποθετήστε ένα πλαίσιο πάνω σ' αυτή την στρώση άμμου, μέσα στο οποίο εγχυνετε ο γύψος. Το πρότυπο εφοδιασμένο με «άγκιστρα» είναι στέρεα τακτοποιημένο στην επιθυμητή θέση μέσα στο γύψο που αποτελεί ένα σώμα με το πλαίσιο. Το μέρος του μεταλλικού πρότυπου που προεξέχει πάνω στην επιφάνεια της ενώσεως του γύψου επιτρέπει την διαμόρφωση του ενός, εκ των δυο μερών του καλουπιού με άμμο που κατασκευάζεται.

Για την διαμόρφωση του δεύτερου μέρους του καλουπιού επαναλαμβάνετε η ίδια μέθοδος.

ΤΥΠΟΣ Νο 3: Στρώσεις από γύψο με μεταλλικό πρότυπο (με μεταλλική ένωση).

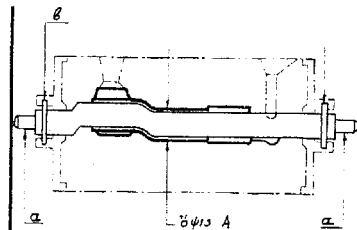
Το μεταλλικό ανάγλυφο που δίνει το αποτύπωμα σε καθένα από τα δυο μέρη του καλουπιού, το οποίο ξεπερνάει την ένωση στις Στρώσεις από γύψο, αντιστέκεται καλά στην διάβρωση που οφείλετε στην άμμο. Αντίθετα η ένωση αυτή καθ' εαυτή, από γύψο υφίσταται διάβρωση και αλλοιώνετε γρήγορα. Την προστατεύουμε με ένα αληθινό κέλυφος από μέταλλο, το οποίο περιλαμβάνει και το μοντέλο και την ένωση και την σφραγίζουμε με άγκιστρα μέσα στον γύψο που γεμίζει το πλαίσιο.

ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ ΠΡΟΤΥΠΑ

Μπορούν να κατασκευασθούν από μπρούντζο, χυτοσίδηρο, χάλυβα, ελαφρά κράματα.

A) πλάκα-πρότυπο διπλής όψεως

Είναι μια μεταλλική πλάκα από την μια όψη το σχήμα της ένωσης του ανάγλυφου που δίνουν το ένα από τα δυο μέρη του καλουπιού και από την άλλη όψη την ένωση και το ανάγλυφο του άλλου μέρους του καλουπιού. Πρέπει τα δυο αυτά μέρη του καλουπιού να συμφωνούν απολύτως κατά την συναρμολογήσει. Η πλάκα-πρότυπο διπλής όψεως συχνά φέρει στροφείς οι οποίοι είναι μονταρισμένοι στα «κουζινέτα» της μηχανής τυπώματος και επιτρέπουν στην πλάκα να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της.

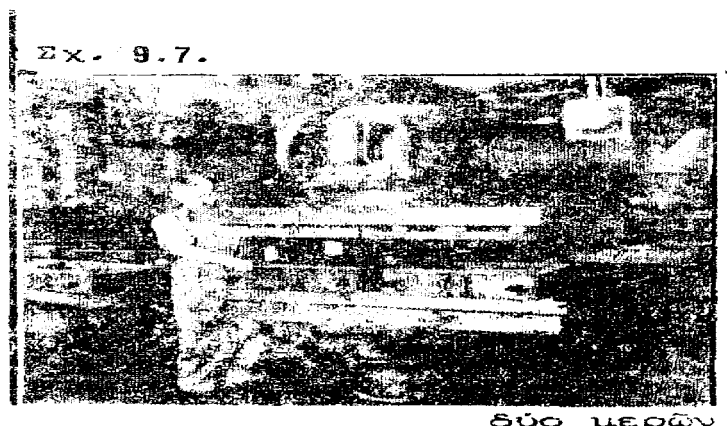


B) Αναστρεφόμενη πλάκα-πρότυπο.

Αυτή η πλάκα φέρει την ίδια όψη, τα πρότυπα των δυο όψεων της πλάκας διπλής-όψεως, διευθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε το καλούπι, που επιτρέπει την έγχυση των δυο τεμαχίων ταυτοχρόνως αποτελείται από δυο όμοια μέρη στραμμένα το ένα Αντίθετα στο άλλο και τα δυο κατασκευασμένα επί της ανατρεφόμενης πλάκας-πρότυπου.

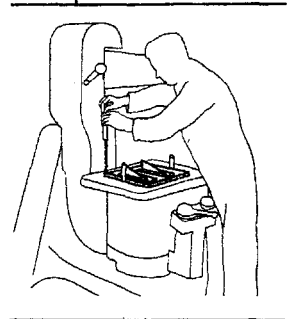
ΜΗΧΑΝΕΣ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ

Υπάρχουν σε διάφορους τύπους. Όλα τα σύγχρονα μηχανήματα σφίγγουν την άμμο μηχανικά με δόνηση κα πίεση. Το αποτύπωμα πραγματοποιείτε με κάθετα στοιχεία υποστήριξης που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα.

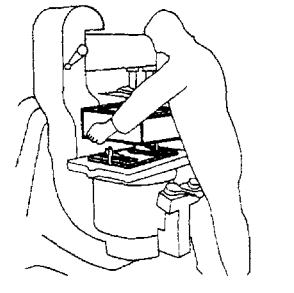


ΤΡΟΠΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΜΜΟ

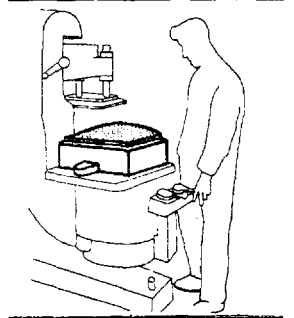
-Συναρμολόγηση πλάκας-πρότυπου.



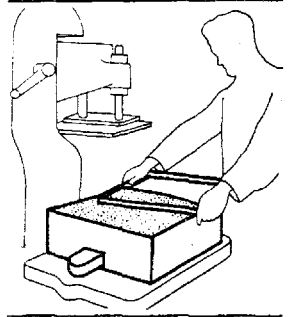
-Τοποθέτηση πλαισίου.



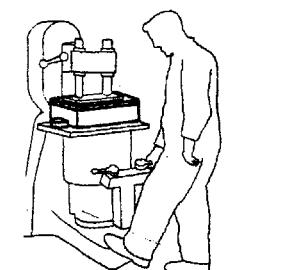
-Πλήρωση του πλαισίου με άμμο και δόνηση αυτού.



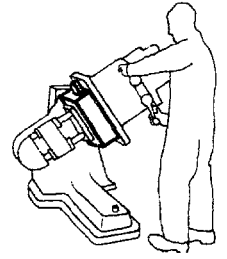
-Ισοπέδωση της άμμου.



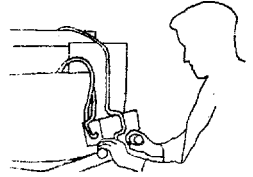
-Συμπίεση της άμμου εντός του πλαισίου.



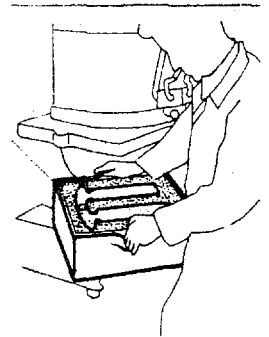
-Ανάστροφη του πλαισίου.



-Ανύψωση της πλάκας-πρότυπου.



-Το αποτύπωμα στο ένα πλαίσιο είναι έτοιμο. Σημείωση:
για την διαμόρφωση του άλλου μισού αποτυπώματος εργαζόμαστε
κατά τον ίδιο τρόπο στο άλλο μισό πλαίσιο.



ΤΥΠΩΜΑ ΜΕ ΜΑΣΚΕΣ

Το τύπωμα με μάσκα που επίσης ονομάζεται «τύπωμα σε καλούπια» ή «τύπωμα μέσω της μεθόδου CRONING » έχει εφευρεθεί από το Γερμανό John CRONING που το τελειοποίησε κατά τη διάρκεια του Β΄ παγκοσμίου πολέμου και εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ το 1947.



Μηχανή διαμόρφωσης масκών.

Αυτή η μέθοδος όπως το μηχανικό τύπωμα με άμμο συνίσταται στη ταχεία εκτέλεση λεπτών και ανθεκτικών καλουπιών αρχίζοντας από τις μεταλλικές πλάκες πρότυπα. Η βασική διάφορα βρίσκεται στην προσθήκη μιας εν θερμό σκληρυνομενης ρητίνης μέσα στην άμμο που αποτελεί το καλούπι. Αυτή η ρητίνη επιτρέπει την σκλήρυνση μιας στρώσεως άμμου μερικών χιλιοστών η οποία σχηματίζει τη μάσκα που "αγκαλιάζει" τέλεια την πλάκα – πρότυπο και δίνει στο κομμάτι το μισό σχήμα.

Μετά την σκλήρυνση η μάσκα χωρίζεται από την πλάκα πρότυπο και στη συνέχεια συναρμολογείται σε μια συμπληρωματική μάσκα για να αποτελέσει το καλούπι μέσα στο οποίο εγχυεται το μέταλλο.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΑΣΚΑ

1) Θερμαίνουμε την μεταλλική πλάκα -πρότυπο η οποία είναι δουλεμένη με ακρίβεια , σε μια θερμοκρασία μεταξύ 150οC και 300οC, αφού την ψεκάσουμε με ένα γαλάκτωμα που εμποδίζει το εκ των υστέρων "κόλλημα" της μάσκας

2) Στρέφουμε την πλάκα-πρότυπο και την στερεώνουμε με μια σφήνα σε ένα κιβώτιο – δοχείο, το οποίο περιέχει ένα στεγνό και ομογενές μείγμα άμμου (90-95%) και θερμοσκληρυνομενη ρητίνη σε σκόνη (5-10%)

3) Αναποδογυρίζουμε το σύνολο, και πετυχαίνουμε το μείγμα ρητίνης – άμμου να πέσει στην πλάκα – πρότυπο. Όταν το ανάγλυφο της πλάκας – πρότυπου είναι σημαντικό , πετυχαίνουμε το αναγκαίο ύψος πτώσεως χρησιμοποιώντας βαθιά κιβώτια.

4) Η ρητίνη λιώνει πάνω στη θερμή επιφάνεια της πλάκας – πρότυπου συσσωρεύοντας την άμμο και σχηματίζοντας ένα "όστρακο" (μάσκα πάχους 3-5 χιλ.) μερικώς σκληρυνομενο. Η διάρκεια αυτής της πολύ γρήγορης εργασίας ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία της πλάκας – πρότυπου για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους.

5) Αναποδογυρίζουμε στη συνέχεια το σύνολο για να αφήσουμε να ξαναπέσει το μείγμα άμμου και ρητίνης που περισεύει στο βάθος του κιβώτιου.

6) Αφαιρούμε την πλάκα – πρότυπο με το κολλημένο της όστρακο και τοποθετούμε το σύνολο σε φούρνο όπου ξέρω πολυσυμπυκνώσεως το όστρακο σκληραίνει πλήρως και γίνεται και άκαμπτη και σκληρή μάσκα, ενώ η εσωτερική επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με την πλάκα – πρότυπο γίνεται τελείως λεία.

7) Όταν η μάσκα είναι αρκετά άκαμπτη και σκληρή , αποκολλάται από την πλάκα – πρότυπο (συνήθως με εξολκκα) που ξαναειναι έτοιμη για τον νέο κύκλο.

Το καλούπι με ένωση κατακόρυφη σχηματίζεται από δυο συμπληρωματικές μάσκες συναρμολογούμενες (μετά από ενδεχόμενη τοποθέτηση των πυρήνων) και εντοπιζόμενες με

ακρίβεια χάρης στις αρσενικές και θηλυκές σφήνες, σχήματος κορμού κώνου που έρχονται από το τύπωμα των αντιθέτων μερών.

Τα καλούπια τοποθετούνται τότε όρθια μέσα σε ορθογώνια ικριώματα και γεμίζουμε με άμμο η ψήγματα μετάλλου τα κενά μεταξύ καλουπιών για να ισορροπηθούν. Μπορούμε χωρίς δυσκολία να εναποθηκεύσουμε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα τα καλούπια εν αναμονή της εγχύσεως, Μετά την έγχυση οι μάσκες σπανέ εύκολα.

Τα τεμάχια που τυπώνονται με μάσκα, χυτευονται και φινιρονται όπως και τα τεμάχια που τυπώνονται με άμμο, Δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας για την εκκένωση των αερίων, γιατί οι μάσκες είναι αδιάβροχες.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Αυτή η μέθοδος επιτρέπει την επίτευξη γεωμετρικής ακρίβειας καθώς και διαστάσεων , μεγαλύτερης από του τυπώματος με κοινή άμμο. Τα τεμάχια είναι ακέραια, οι επιφάνειες λείες , όλα τα μέρη ακόμα και τα πιο λεπτά χυτευονται καλά και η επεξεργασία με εργαλειομηχανες συχνά απλοποιείται σε μεγάλο βαθμό.

Το τύπωμα με μάσκα επιτρέπει επίσης μια μεγάλη ταχύτητα παραγωγής και μια οικονομία του χρησιμοποιημένου συσσωρευτικού (μείγμα άμμου ρητίνης).

Αντίθετα στοιχίζει περισσότερο λόγο της τιμής των ρητινών, αλλά παραμένει αποδοτικότερο όταν πρόκειται για την παραγωγή μεγάλων σειρών τεμαχίων από χυτοσίδηρο η χάλυβα.

ΜΕΤΑΛΛΑ ΠΟΥ ΧΥΤΕΥΟΝΤΑΙ ΜΕ ΜΑΣΚΕΣ

Όλα τα κράματα χυτηρίου σιδηρούχα και μη μπορούν να χυτευθουν με μάσκα. Χρησιμοποιούνται ρητίνες με βάση την ουρίνη για τα ελαφρά και υπέρ ελαφρά κράματα , και ρητίνες με φαινόλη για τα αλλά μέταλλα και κράματα. Τα τεμάχια που τυπώνονται με μάσκα είναι συνήθως μικρών ή μετρίων διαστάσεων.

Ζεύγη μασκών-πλάκα πρότυπο.



ΠΛΑΚΕΣ ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΕ ΜΑΣΚΕΣ

Μπορούν να είναι από ορείχαλκο, αλουμίνιο, χάλυβα ή χυτοσίδηρο.

Ο χάλυβας ή ο χυτοσίδηρος μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν πρόκειται για σημαντικές σειρές. Οι πλάκες – πρότυπα από αλουμίνιο επιτρέπουν την παραγωγή σειρών μέχρι 5000 καλούπια και τα πρότυπα χρησιμοποιούνται από 2-3 φορές. Για αλουμινένια πλάκα πρότυπο εγχυεται στο γύψο πράγμα που περιορίζει το κόστος παραγωγής για μια πιο σημαντική σειρά αποφεύγεται και κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο ή χάλυβα, οι οποίοι στοιχίζουν περισσότερο.

ΜΗΧΑΝΕΣ

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία μηχανημάτων τυπώσεως των μασκών, αρχίζοντας από αυτές που κινούνται με το χέρι μέχρι αυτές με πολλαπλούς αυτόματους χειρισμούς και ηλεκτρική ή με πεπιεσμένο αέρα ενέργεια, που κατασκευάζουν 8-10 καλούπια το λεπτό.

ΤΥΠΩΜΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΜΕ ΚΕΡΙ

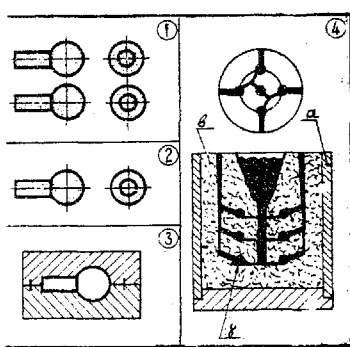
Η μέθοδος αυτή τυπώματος επινοήθηκε από τους Έλληνες. Το καλούπι αποτελείται από δυο η περισσότερα μέρη και το υλικό τους είναι το κερί. Τα τυπώματα με χαμένο κερί δεν είναι υψηλής ακρίβειας είναι της τάξης του ± 0.07 χιλ



ΑΡΧΗ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΑΜΕΝΟ ΚΕΡΙ

Το καλούπι κατασκευάζεται γύρω από ένα κέρινο ομοίωμα το οποίο στη συνέχεια απομακρύνεται με τήξη οπότε καταλαβαίνουμε ότι το κέρινο πρότυπο κατασκευάζει μόνο ένα τεμάχιο.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΥΠΩΜΑΤΟΣ



1. Το πρότυπο κατά κανόνα πρέπει να είναι τελείως λείο και οι διαστάσεις να καθορίζονται λαμβάνοντας υποψιν την υποχώρηση του κεριού.
2. Το κέλυφος είναι αποσυναρμολογούμενο αναπαράγοντας αυστηρά το κύριο πρότυπο.
3. Κατασκευή των εγχυτηρων μετάλλου αυλακιών όπως και στα μοντέλα από κέρι αλλά πιο χονδροειδή.
4. Για ομαδική παραγωγή συναρμολογείται τα μοντέλα με μια ζεστή σπάτουλα (με ελαφρά επιτόπου τήξη του κεριού) και συναθροίζετε σε μια ομάδα όσα περισσότερα πρόσωπα γίνεται.
5. Για κατασκευή καλουπιού: η ομάδα τοποθετείται σε ένα έλασμα με το στόμιο της οπής εγχύσεως προς τα κάτω, περικυκλωμένη με ένα δακτύλιο ικανοποιητικής διαμέτρου και ύψους.
6. Φούρνισμα μονοκόμματου καλουπιού για τη τήξη και απομάκρυνση της ομάδας των προτύπων.
7. Θέρμανση του καλουπιού σε υψηλή θερμοκρασία πριν γίνει δεκτό το μέταλλο που έχει ρευστοποιηθεί προηγουμένως σε μικρούς φούρνους οι οποίοι κλίνουν προς το καλούπι ώστε το μέταλλο να εισέλθει στο καλούπι το συντομότερο.
8. Σπάσιμο του καλουπιού με την στερεοποίηση και ψύξη.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Όλα τα σιδηρούχα μέταλλα μπορούν να τυπωθούν με αυτόν τον τρόπο: χυτοσίδηρος, χάλυβας, χάλυβας εργαλείων, ανοξείδωτος χάλυβας, πυρίμαχος χάλυβας και κράματα μη σιδηρούχα.

Οι εφαρμογές ταξινομούνται από την φύση των κραμάτων:

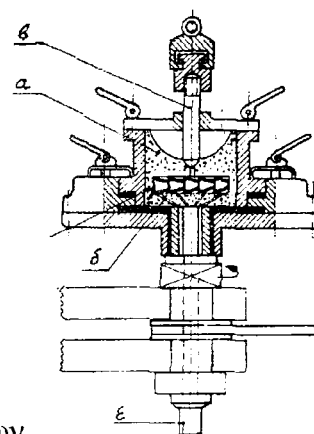
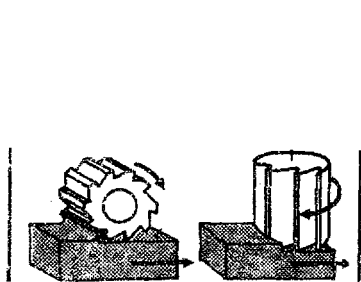
A) Κράματα που είναι αδύνατο ή δύσκολο να σφυρηλατηθούν ή να υποστούν κατεργασία σε εργαλιομηχανή.

B) Κράματα που μπορούν να επεξεργαστούν εύκολα, των οποίων η μετέπειτα κατεργασία είναι πολύ δαπανηρή.

Αυτή η διαδικασία επιτρέπει το τύωμα τεμαχίων περίπλοκου σχήματος που δεν μπορούν να κατασκευασθούν με άλλες διαδικασίες τυπώματος.

Ιδού δυο ειδικές εφαρμογές:

A) Η ταχεία κατασκευή εργαλείων από χάλυβα ή η υπερταχεία κατασκευή κοπτικών εργαλείων από ειδικά κράματα (κοπτήρες φρεζών) χωρίς άλλη επεξεργασία εκτός του ακονίσματος.



B) Η κατασκευή σε πολύ μεγάλη σειρά πτερυγίων στροβίλου για πολύ δύσκολες συνθήκες (20000 rpm, 900 °C).

ΤΥΠΩΜΑ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ

- Έγγυση με ατμοσφαιρική πίεση

Το ρευστό μέταλλο εγχύεται απευθείας στο καλούπι που λέγεται όστρακο. Είναι η χύτευση σε κέλυφος με τη βαρύτητα.

- Έγγυση υπό πίεση

Το ρευστό μέταλλο εγχυεται στο καλούπι με υψηλή πίεση

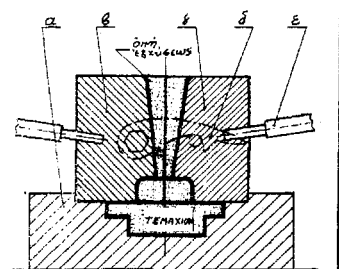
- Μέταλλα που εγχυονται (με την βαρύτητα ή υπό πίεση).

ΕΓΧΥΣΗ ΜΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

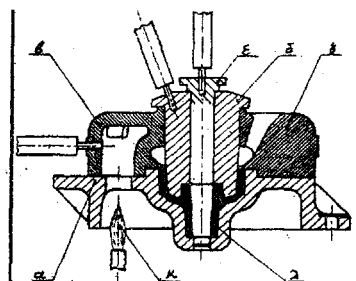
Σύνθεση του καλουπιού.

Το καλούπι αποτελείται από δυο ή περισσότερα μέρη συναρμολογούμενα κατά την διάρκεια της εγχύσεως του μετάλλου, το οποίο γεμίζει τα κοιλώματα υπό την επίδραση του ίδιου του βάρους. Αυτά τα κοιλώματα περιλαμβάνουν - εκτός του σχήματος του προς κατασκευής τεμαχίου - τα αυλακιά εγχύσεως και τα μέρη που έχουν επιλέγει με επιμέλεια. Το έργο αυτών είναι να εξασφαλίζουν καλύτερη τροφοδοσία των βαρέων μερών του τεμαχίου κατά τη στερεοποίηση του όταν αυτό ψυχθεί μέσα στο καλούπι.

- Το καλούπι ή όστρακο περιλαμβάνει.



Μεταλλικό καλούπι.



Θερμαινόμενο μεταλλικό καλούπι.

1. Το σώμα του καλουπιού: αυτό έχει γενικά μια βάση που φέρει ράβδους οι οποίες χωρίζονται με κάθετες ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις έχουν γραμμωτή επιφάνεια πράγμα που επιτρέπει την εκκένωση του αέρα κατά την έγχυση του μετάλλου. Οι βάσεις και οι ράβδοι είναι κατά κανόνα από φαιό χυτοσίδηρο με πυκνούς κόκκους, για να αντέχουν στη παραμόρφωση και στα θερμικά χτυπήματα που οφείλονται στην έγχυση.
2. Οι πυρήνες: έχουν σχήμα περίπου κυλινδρικό και ονομάζονται άξονες. Μερικοί πυρήνες « εξωτερικοί» επιτρέπουν την επίτευξη των εξωτερικών επιφανειών κάποιων τεμαχίων που έχουν περίπλοκο σχήμα. σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις, πυρήνες που δεν αποσυναρμολογούνται είναι από άμμο.

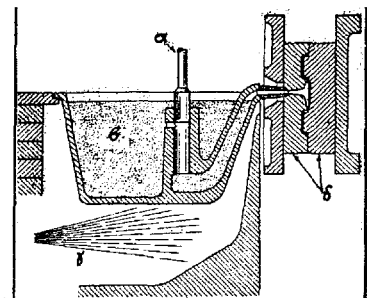
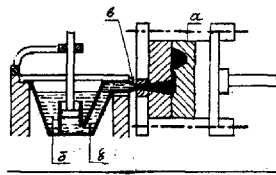
- Χρησιμοποίηση του καλουπιού.

Αυτό προθερμαίνεται στους 350 °C πριν την έγχυση του μετάλλου. Σε ορισμένα καλούπια η Θέρμανση πρέπει να συνεχίζεται κατά τη διάρκεια της

εγχύσεως με φλόγα αερίου. Αντίθετα οι πυρήνες πρέπει να κρυώσουν. Το καλούπι τοποθετείται σε ένα σταθερό τραπέζι επικλινές που επιτρέπει την αιώρηση – προς εξασφάλιση ήσυχης εισόδου του μετάλλου – και όταν τελειώσει το γέμισμα επανέρχεται στη θέση του.

ΕΓΧΥΣΗ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ

Επιτρέπει την κατασκευή ακριβών σχημάτων και διαστάσεων συμπιέζοντας το μέταλλο, ρευστό ή πολτώδες μέσα σε ένα μεταλλικό καλούπι με μια μηχανή εγχύσεως υπό πίεση. Η στερεοποίηση προκαλείται με ψύξη στο αποτύπωμα του καλουπιού, που ψύχεται με την κυκλοφορία νερού. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στα τεμάχια είναι της τάξης του 0.05 χιλ.



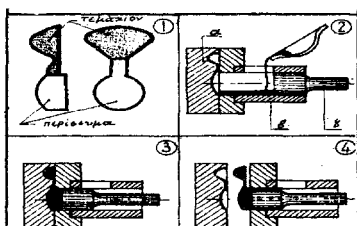
Μηχανές εγχύσεως υπό πίεση με θερμό θάλαμο.

- Μηχανές εγχύσεως υπό πίεση.

1. Οι μηχανές με ψυχρό θάλαμο: χρησιμοποιούνται συνήθως για την έγχυση των κραμάτων ορειχάλκου ή αλουμινίου των οποίων το σημείο τήξης είναι πολύ υψηλό. Λειτουργούν υπό πίεση 400-1200 kp/cm^2 . Αυτές οι μηχανές περιλαμβάνουν μηχανισμό κλεισίματος και ανοίγματος του καλουπιού με δυνατό σφίξιμο την στιγμή εγχύσεως του μετάλλου.
2. Οι μηχανές με θερμό θάλαμο : είναι μηχανές με έμβολο, εγχυουν τα κράματα ψευδάργυρου με πίεση 70-120 kp/cm^2 και επιτρέπουν ρυθμό παραγωγής 1000 τεμάχια ελαφρού όγκου την ώρα.

Μηχανή εγχύσεως υπό πίεση με ψυχρό θάλαμο.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ



Το καλούπι αποτελείται από δυο μπλοκ, το ένα είναι στερεωμένο στη μηχανή προς της πλευρά

τροφοδότησης : είναι το μπλοκ όπου το αποτύπωμα πρέπει να είναι ελάχιστο το άλλο μπλοκ είναι μονταρισμένο στο κινητό φορτίο της μηχανής εγχύσεως και φέρει το μεγαλύτερο μέρος του αποτυπώματος όπως επίσης τους εκτοξευτές του ρευστού μετάλλου.

Τα μέρη του καλουπιού αντιθέτως προς την έννοια του αποκαλουπώματος αποτελούν το αντικείμενο ειδικών μηχανισμών – μηχανικών ή μέσω πεπιεσμένου αέρα , που εξασφαλίζουν τη μετακίνηση τους και την εξαγωγή του τεμαχίου μέσω οδοντωτών κανόνων, λοξών δακτύλων, συρταριών.

ΚΟΙΝΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι επιφάνειες του καλουπιού που έρχονται σε επαφή με το ρευστό μέταλλο για την προστασία τους αλείφονται με ειδικές ουσίες.

Τοποθετήσεις: είναι δυνατών να τοποθετηθούν στο καλούπι πριν την έγχυση μεταλλικά στοιχεία για:

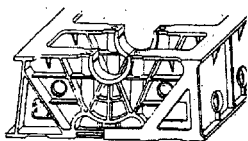
-Να εξασφαλίσετε μεγαλύτερη αντοχή, σκληρότητα ή άλλη ιδιότητα (άξονες από χάλυβα, δακτυλίδια από μπρούντζο).

-Να επιτύχετε σωλήνες.

- Να εξασφαλίσετε μια συναρμολόγηση που θα ήταν δυσκολότερη και πιο δαπανηρή με άλλο τρόπο.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΧΥΤΕΥΣΕΩΣ

- Επίτευξη τεμαχίων περίπλοκης κατασκευής
- Επίτευξη σειρών μεγάλων ομοίων τεμαχίων
- Επίτευξη χονδρών τεμαχίων (πλαισίων μηχανών, βολάν).



Χυτή βάση και σώμα μηχανής.



Στην προκειμένη περίπτωση τα σχήματα των τεμαχίων είναι μελετημένα και σχεδιασμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε όχι μόνο να εξυπηρετούν την χρήση άλλα και το τύπωμα τους να είναι εύκολο και το κόστος όσο το δυνατόν μικρότερο.

Η διαδικασία του τυπώματος επιλέγεται βάση:

1. Του προς έγχυση μετάλλου
2. Του αριθμού των προς κατασκευή τεμαχίων
3. Των σχημάτων και των ειδικών προφυλάξεων που μπορούν να απαιτήσουν
4. Της απαιτούμενης ακρίβειας τα σχήματα και μεγέθη.

Επιλογή τρόπου εγχύσεως.

Αυτή η επιλογή κανονίζεται από τη φύση του μετάλλου και των αριθμών τεμαχίων. Αν τα καλούπια είναι πολλά γίνεται έγχυση σε καλούπια διαρκείας .

ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΜΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

A) Τύπωμα σε άμμο: τα καλούπια μιας χρήσης χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις και εφαρμόζονται τόσο καλά στα σιδηρούχα μέταλλα όσο και στα κράματα χαλκού ή ελαφρών κραμάτων, αλλά χρειάζεται να γίνει ένα καλούπι ανά τεμάχιο.

Διακρίνονται:

1. Τύπωμα με «πράσινη άμμο»
2. Τύπωμα σε «φουρνιστή άμμο»
3. Τύπωμα στη «γη»
4. Τύπωμα στο «λάκκο»
5. Μηχανικό καλούπωμα

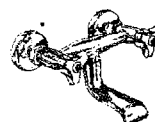
B) Ειδικά τυπώματα

Το προς έγχυση μέταλλο επιβάλει τη μέθοδο τυπώματος όταν θέλουμε να επιτύχουμε ακρίβεια σχημάτων και διαστάσεων και λεία επιφάνεια των χυτών τεμαχίων.

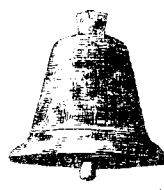
Διακρίνονται:

-Τύπωμα με μάσκα για σιδηρούχα κράματα (μπαταρίες, κρουνοί)

-Τύπωμα με χαμένο κερι



-Η μέθοδος SHAW (καμπάνα)



ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

1. Το τύπωμα σε όστρακο με «βαρύτητα» χρησιμοποιείται για τα κράματα αλουμινίου. ένα όστρακο καλά κατασκευασμένο μπορεί να παράγει 20000-40000 κομμάτια από αλουμίνιο. Αυτή η μέθοδος επιβάλλει όταν τα τεμάχια έχουν ακανόνιστα πάχη ή απαιτείται πυρήνας που δεν αποσυναρμολογείται και είναι κατά ανάγκη από άμμο (ουραία όπλων).
2. Το τύπωμα σε μεταλλικά καλούπια υπό πίεση, είναι κατάλληλο για κράματα από ψευδάργυρο, αλουμίνιο, μαγνήσιο και χαλκό. Αυτή η διαδικασία παράγει 10000 τεμάχια τουλάχιστον σε κάθε σειρά. Τα σχήματα των τεμαχίων πρέπει να μελετηθούν ιδιαίτερος και ο όγκος των τεμαχίων που χυτεύονται με αυτή τη μέθοδο να μην υπερβαίνει τα 20 kg.
3. Το τύπωμα με φυγόκεντρης. Το χρησιμοποιούμε για την έγχυση σιδηρούχων κραμάτων σε όστρακα από χάλυβα (σωλήνας οχετών), και σε χιτώνια κυλίνδρων των αυτοκινήτων που δίνει λεπτούς κόκκους και υψηλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Ο τρόπος αυτός είναι πολύ δαπανηρός και επιβάλλει παραγωγή μεγάλων σειρών τεμαχίων.

ΑΡΧΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Ο όρος **τεχνικά υλικά** αναφέρεται στα υλικά εκείνα που βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευαστική βιομηχανία και περιλαμβάνει δύο μεγάλες οικογένειες: τα **μεταλλικά τεχνικά υλικά** (μέταλλα και κράματά τους) και τα **μη μεταλλικά τεχνικά υλικά** (κεραμικά, γυαλιά, πολυμερή και σύνθετα).

Στη σημερινή εποχή, η ποικιλία των διατιθέμενων τεχνικών υλικών είναι πολύ μεγάλη και καθιστά δύσκολη την επιλογή τους, ακόμη και για μια, σχετικά, απλή κατασκευή. Τα τελευταία χρόνια, η συσσώρευση επιστημονικών γνώσεων, επαγγελματικής εμπειρίας, καθώς και τα σύγχρονα υπολογιστικά μέσα, έχουν καταστήσει εφικτό και τον πολυπλοκότερο θεωρητικό σχεδιασμό ενός προϊόντος, με μεγάλη ακρίβεια. Τα προβλήματα παρουσιάζονται στο στάδιο της υλοποίησης. Όταν μελετάται η κατασκευή ενός προϊόντος τίθενται δύο ερωτήματα: πώς θα κατασκευαστεί το συγκεκριμένο προϊόν και από ποιά υλικά, ώστε να πληροί τις αναγκαίες προϋποθέσεις για τη σωστή του λειτουργία. Καθήκον του σχεδιαστή μηχανικού είναι να συνεργαστεί με επιστήμονες ειδικευμένους στην επιστήμη και την τεχνολογία των υλικών, προκειμένου τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να καλύπτουν τις πραγματικές απαιτήσεις του σχεδιασμού της συγκεκριμένης εφαρμογής. Επιπλέον, η κατάλληλη επιλογή τεχνικών υλικών απαιτεί συνεχή επανεκτίμηση, λόγω των ραγδαίων τεχνικοοικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών εξελίξεων:

- Νέα υλικά αναπτύσσονται συνεχώς, άλλα υλικά παύουν να είναι διαθέσιμα, ενώ το κόστος τους, συνεχώς, μεταβάλλεται. Η απαίτηση της σύγχρονης κατασκευαστικής βιομηχανίας για μείωση του βάρους των κατασκευών, εξοικονόμηση ενέργειας και αυξημένη αντοχή σε καταπονήσεις και σε διάβρωση, αποτελούν από τους κυριότερους παράγοντες που ώθησαν την έρευνα για ανάπτυξη νέων υλικών .

- Νέοι παράγοντες, όπως η προστασία του περιβάλλοντος, η ανακύκλωση, η υγιεινή και ασφάλεια εργασίας παρεμβαίνουν δυναμικά, τα τελευταία χρόνια, στις παραγωγικές διαδικασίες .

- Οι εγχώριες και διεθνείς οικονομικές τάσεις, το άνοιγμα νέων αγορών και το κλείσιμο παλαιότερων, τα αναπτυξιακά έργα σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, επιβάλλουν τη συνεχή αναθεώρηση της χρήσης διαφόρων τεχνικών υλικών.

Οι παράμετροι επιλογής υλικών είναι ποικίλλες, συχνά, ανταγωνιστικές μεταξύ τους και, σε αρκετές περιπτώσεις, είναι δύσκολο να καθοριστούν με ακρίβεια. Πολλές φορές, το πρόβλημα επιλογής υλικού για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, δεν έχει μοναδική λύση. Η πολυπλοκότητα της διαδικασίας επιλογής επιτείνεται από το μεγάλο πλήθος των διαθέσιμων υλικών, που μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικά μεταξύ τους, αλλά να καλύπτουν, σε γενικές γραμμές, τις λειτουργικές απαιτήσεις του σχεδιασμού. Τις περισσότερες φορές, η τελική επιλογή αποτελεί συμβιβαστική λύση μεταξύ των διαφόρων απαιτήσεων, γεγονός που προϋποθέτει τη σωστή τοποθέτηση του προβλήματος εξ'αρχής.

Κάθε φορά θα πρέπει να είναι, εκ των προτέρων, γνωστές οι κύριες ιδιότητες του υλικού που βαρύνουν στην συγκεκριμένη εφαρμογή του, οι ακριβείς τιμές τους στο περιβάλλον και τη θερμοκρασία λειτουργίας της κατασκευής, η επίδραση του συνδυασμού τους στην τελική συμπεριφορά της κατασκευής και, φυσικά, το οικονομικό κόστος κάθε δυνατής επιλογής υλικού. Μια παράληψη ή μια λανθασμένη εκτίμηση, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλές δαπάνες, ή και σε σοβαρά ατυχήματα. Η εμπειρία από τη χρήση ενός υλικού, σε παρόμοιες εφαρμογές, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, στη διαδικασία επιλογής, ενώ, πολύ προσεκτικά, θα πρέπει να εξετάζονται προτεινόμενες καινοτομικές λύσεις. Οι απαντήσεις στο πρόβλημα επιλογής υλικών δεν είναι προφανείς. Είναι, συνήθως, σύνθετες και εμπεριέχουν ένα βαθμό αβεβαιότητας. Σε κάθε επιλογή, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι τεχνικοί και οικονομικοί περιορισμοί, και να συνεκτιμώνται όλες οι εναλλακτικές λύσεις.

Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι είναι αναγκαία η ανάπτυξη μεθοδολογίας εύρεσης κριτηρίων για την ορθή επιλογή υλικών. Για να είναι δυνατόν αυτό, πρέπει είναι πλήρως γνωστή η φυσικοχημική και μηχανική συμπεριφορά των διαφόρων υλικών, τα χαρακτηριστικά, που αφορούν κάθε εφαρμογή τους, οι διεργασίες

με τις οποίες τα υλικά μπορούν να αποκτήσουν τις απαιτούμενες ιδιότητες, καθώς και οι διαδικασίες με τις οποίες αυτά μπορούν να μορφοποιηθούν στο επιθυμητό σχήμα .

Οι βασικές παράμετροι επιλογής ενός υλικού είναι:

- οι δυνατότητες της συγκεκριμένης βιομηχανίας να χρησιμοποιήσει με ορθό τρόπο το συγκεκριμένο υλικό (οικονομικά μέσα, τεχνολογία και εργασιακό περιβάλλον).
- η διαθεσιμότητα πρώτων υλών ή προϊόντων μεταποίησης (σύρματα, πλάκες, σωλήνες, σκόνες, κλπ), το κόστος και η ευκολία διοχέτευσής τους στα σημεία χρήσης τους.
- τα έξοδα μεταφοράς και οι τυχόν καθυστερήσεις στην παραλαβή.
- το κόστος των διαδικασιών μορφοποίησης, και των πιθανά αναγκαίων θερμικών και επιφανειακών κατεργασιών.
- το κόστος πιθανά απαιτούμενων συμπληρωματικών επενδύσεων, το ενεργειακό κόστος και τα εργατικά.
- το κόστος συντήρησης και αποθήκευσης του προϊόντος.
- η τιμή διάθεσης του τελικού προϊόντος στην αγορά, καθώς και τα περιθώρια κέρδους.
- η προστασία του περιβάλλοντος, η εξασφάλιση των όρων υγιεινής και ασφάλειας για τους εργαζόμενους και ασφαλούς χρήσης για τους αγοραστές του προϊόντος.

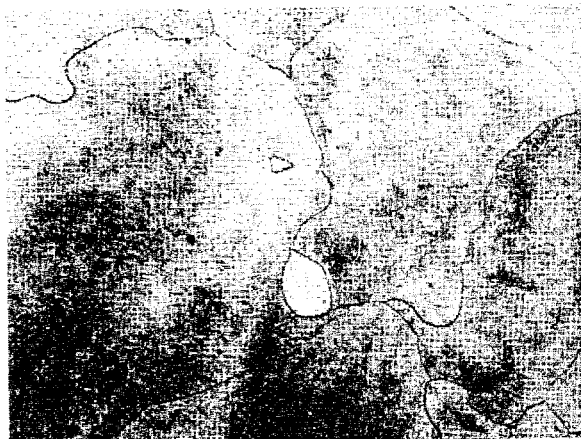
Τέτοιοι παράμετροι βρίσκονται σε διαρκή αξιολόγηση, καθώς εξαρτώνται, τόσο από εγχώριες, όσο και από διεθνείς, οικονομικές, κοινωνικές και πολιτικές συγκυρίες. Κάθε παράμετρος πρέπει να αξιολογείται, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες τη χρονική περίοδο, κατά την οποία λαμβάνεται η απόφαση και γίνεται η επιλογή του υλικού.

ΠΙΝΑΚΑΣ Κυριότερα είδη χημικών δεσμών και χαρακτηριστικές ιδιότητες που απορρέουν, σε διάφορα υλικά: T_m η θερμοκρασία τήξης ($^{\circ}\text{C}$), E το μέτρο ελαστικότητας (GPa) και β ο συντελεστής Γραμμικής θερμικής διαστολής ($\chi 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$).

ΥΛΙΚΟ	T_m (OC)	E (GPa)	β ($10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)
ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΙ & ΕΤΕΡΟΠΟΛΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ			
TiC	3180	315	7,4
SiC	>2800	480	4,7
MgO	2850	210	13,5
ZrO ₂	2750	205	10,0
C (ίνες)	>2500	400	
AlP ₃	2050	380	8,8
SiO ₂ (γυαλί)	>1600	72	0,5
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ			
Μα	2610	324	4,9
B	2030	400	8,3
Ti	1660	116	8,4
Fe	1535	210	11,8
Ni	1453	210	13,3
Cu	1083	110	16,5
Al	660	70	23,6
Mg	649	44	25,2
Zn	420	84	39,7
Pb	327	14	29,3
Sn	232	43	23,0
ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΔΕΣΜΟΙ (van der Waals και γέφυρες υδρογόνου)			
Πολυαιθυλένιο	115	0,2	210
PVC	130	2,4	54
Εποξυδική ρητίνη	-	2,4	72
Πολυεστέρας	-	5,0	75
Αραμίδια (ίνες)	-	130	

ΠΙΝΑΚΑΣ Θερμοκρασίες ανακρυστάλλωσης και τήξης για διάφορα μέταλλα και κράματα.

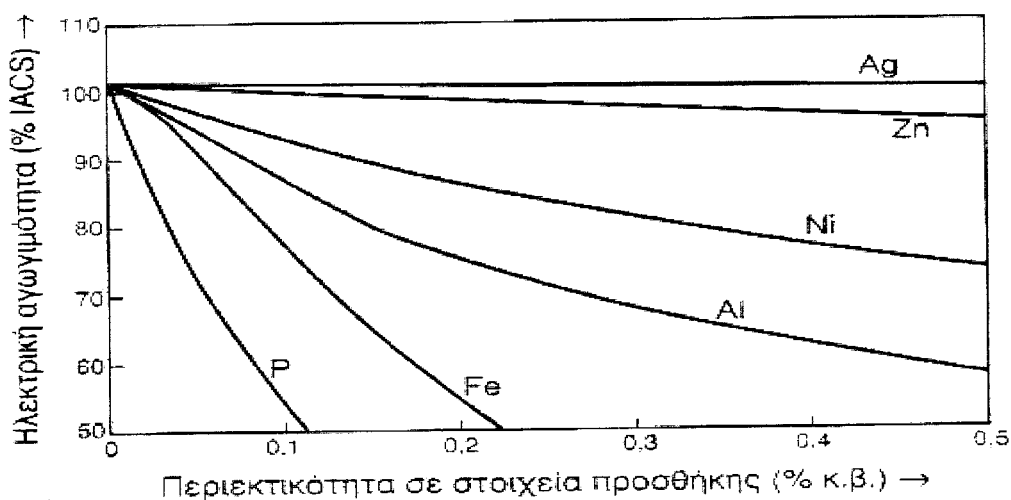
ΜΕΤΑΛΛΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΗΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΤΗΞΗΣ
Pb	-4	327
Sn	-4	232
Zn	10	420
Al (καθαρότητας 99,99%)	80	660
Cu (καθαρότητας 99,99%)	120	1085
Ορείχαλκος (60%Cu-40%Zn)	475	900
Ni (καθαρότητας 99,99%)	370	1455
Fe	450	1538
W	1200	3410



Κόκκοι ανακρυστάλλωσης μέσα σε αρχική μεταλλική μήτρα που έχει υποστεί ενδοτράχυνση. Πρόκειται για ηλεκτρολυτικό σίδηρο ανοπτιμένο στους 575°C μετά από ψυχρή παραμόρφωση 15%

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΑΛΚΟΥ

Ο χαλκός ήταν το πρώτο μέταλλο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, σε καθαρή μορφή ή υπό μορφή κράματος. Παρουσιάζει εξαιρετική ηλεκτρική αγωγιμότητα και θαυμάσια θερμική αγωγιμότητα, γι'αυτό και η μισή περίπου παγκόσμια παραγωγή του Cu χρησιμοποιείται για την κατασκευή αγωγών, μετασχηματιστών, γεννητριών, ηλεκτρικών εξαρτημάτων, κ.λ.π. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό εδροκεντρωμένο σύστημα και είναι μέταλλο που μορφοποιείται εύκολα. Η επίδραση διαφόρων ακαθαρσιών στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του Cu φαίνεται στο σχήμα:



Επίδραση διαφορών ακαθαρσιών στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του βιομηχανικού χαλκού.

ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΧΑΛΚΟΥ- ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ως προς τα μετέχοντα στο κράμα στοιχεία, οι κύριες κατηγορίες κραμάτων χαλκού είναι:

- τα κράματα Cu-Zn, τα οποία ονομάζονται **ορείχαλκοι**

- τα κράματα Cu-Sn, τα οποία ονομάζονται μπρούντζοι
- το κράμα Cu-Al, το οποίο ονομάζεται χαλκοαλουμίνιο
- το κράμα Cu-Ni, το οποίο ονομάζεται χαλκονικέλιο
- τα κράματα Cu-Zn-Ni, τα οποία ονομάζονται **Maillechorts**
- το κράμα Cu-Be, το οποίο ονομάζεται χαλκοβηρύλλιο και
- το κράμα Cu-Si, το οποίο ονομάζεται χαλκοπυρίτιο.

Ως προς τη μέθοδο μορφοποίησης, τα κράματα χαλκού διακρίνονται σε: **κράματα διαμόρφωσης** και σε **κράματα χύτευσης**.

ΠΙΝΑΚΑΣ Χαρακτηρισμός ελασμάτων και συρμάτων χαλκού, με βάση το ποσοστό ενδοτράχυνσης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ΕΝΔΟΤΡΑΧΥΝΣΗ %	
	ΕΛΑΣΜΑΤΑ	ΣΥΡΜΑΤΑ
Ακατέργαστο (0)	0	0
Σκληρυμένο κατά 1/4	11	21
Σκληρυμένο κατά 1/2	21	37
Σκληρυμένο κατά 3/4	30	50
Σκληρό 4/4	37	60
Υπέρσκληρο	50	75
Ελατήριο	60	84
Υπέρσκληρο Ελατήριο	69	90

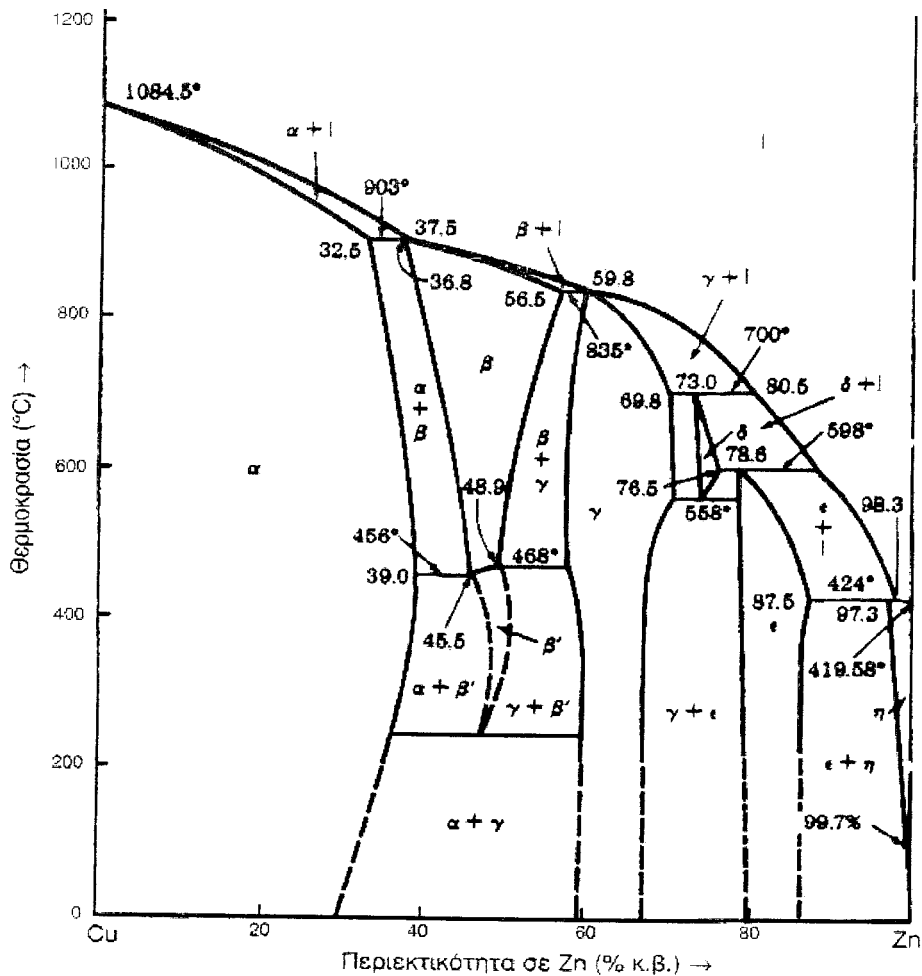
Για την τυποποίηση των κραμάτων χαλκού, ο αμερικάνικος οργανισμός CDA (Copper Development Association), χρησιμοποιεί το γράμμα C, ακολουθούμενο από τρεις αριθμούς, εκ των οποίων ο πρώτος αναφέρεται στην κατηγορία του κράματος (κύρια στοιχεία που μετέχουν σ'αυτό), ενώ οι δύο επόμενοι (χχ) στην υποκατηγορία του κράματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ονοματολογία κραμάτων χαλκού, κατά την τυποποίηση CDA.

<u>ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ</u>	<u>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΡΑΜΑΤΟΣ</u>
<u>Κράματα διαμόρφωσης</u>	
C1XX	Καθαρός χαλκός (min. 99,3%Cu) και κράματα χαλκού με 96-99,3%Cu
C2XX	Κράματα Cu-Zn (ορείχαλκοι)
C3XX	Κράματα Cu-Zn-Pb (ορείχαλκοι με μόλυβδο)
C4XX	Κράματα Cu-Zn-Sn (ορείχαλκοι με κασσίτερο)
C5XX	Κράματα Cu-Sn (μπρούντζοι)
C6XX	Κράματα Cu-Al (χαλκοαλουμίνιο) και κράματα Cu-Si (χαλκοπυρίτιο)
C7XX	Κράματα Cu-Ni (χαλκονικέλιο) και κράματα Cu-Ni-Zn (Maillechorts)
<u>Κράματα χύτευσης</u>	
C8XX	Χυτός χαλκός, κράματα χαλκού με μικρά ποσοστά προσθηκών, ορείχαλκο διαφόρων τύπων, μπρούντζοι με Mn και κράματα Cu-Zn-Si
C9XX	Χυτά κράματα Cu-Sn, Cu-Sn-Pb, Cu-Sn-Ni, Cu-Al-Fe, CuNi-Fe και Cu-Ni-Zn.

ΚΡΑΜΑΤΑ Cu-Zn (Ορείχαλκοι)

Οι ορείχαλκοι αποτελούν κράματα Cu-Zn, στα οποία το ποσοστό του Ψευδαργύρου, στην πράξη, δεν υπερβαίνει το 45% μπορεί, όμως, θεωρητικά να φθάσει και το 68%. Στο σχήμα 15.23, παρουσιάζεται το διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων Cu-Zn.



Για ποσοστά ψευδαργύρου μέχρι 39% κ.β. (μέγιστη διαλυτότητα στους 454°C), σχηματίζεται στερεό διάλυμα φάσης α. Η φάση α κρυσταλλώνεται στο κυβικό εδροκεντρωμένο σύστημα και ο μονοφασικός ορείχαλκος φάσης α παρουσιάζει καλή ολκιμότητα εν ψυχρώ.

Για ποσοστά ψευδαργύρου 46-51 % και θερμοκρασία υψηλότερη των 454°C, σχηματίζεται η φάση β, του κυβικού χωροκεντρωμένου συστήματος, η οποία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες μετασχηματίζεται σε φάση β'.

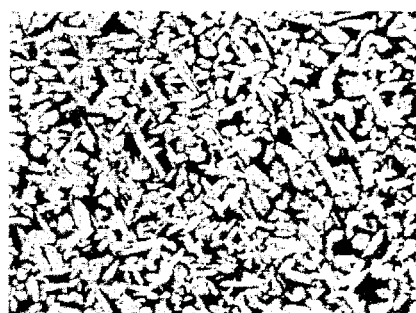
Η φάση β έχει καλή ολκιμότητα εν θερμώ, ενώ η β' είναι σκληρή και εύθραυστη. Όταν το ποσοστό του ψευδαργύρου κυμαίνεται μεταξύ 56% και 68%, σχηματίζεται η φάση γ, η οποία είναι εξαιρετικά εύθραυστη.

Πρακτική χρησιμότητα έχουν δύο είδη ορείχαλκου: **μονοφασικός ορείχαλκος φάσης α** (με 5-39% Zn) και **διφασικός α+β'** (με 40-45% Zn). Ορείχαλκοι αμιγούς φάσης β και διφασικοί β+γ δεν βρίσκουν εφαρμογές, λόγω της

ευθραυστότητάς τους.



A)



B)

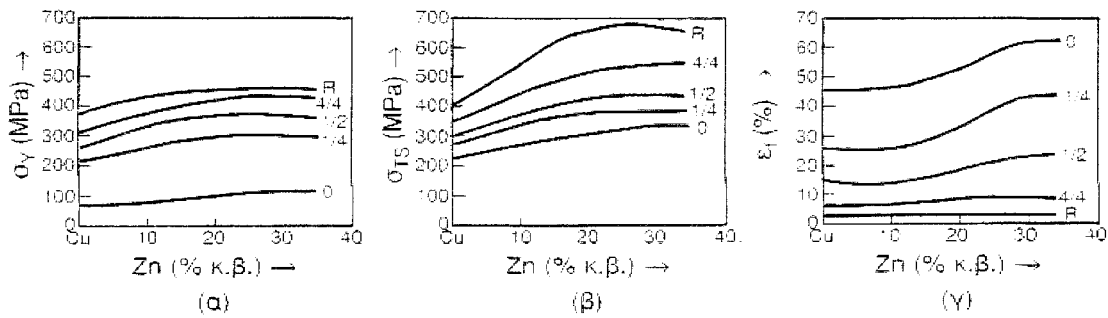
ΣΧΗΜΑ (α)Μικρογραφία ορείχαλκου (61%Cu-33%Zn), φάσης α, μετά από έλαση και ανόπτηση (X60). (β) Μικρογραφία χυτού ορείχαλκου (60%Cu-40%Zn), φάσης α+β', όπου η φάση α είναι ανοιχτόχρωμη και η β' σκουρόχρωμη..

Γενικά, οι ιδιότητες των ορειχάλκων μεταβάλλονται κατά συνεχή τρόπο, με την αύξηση της περιεκτικότητας του Zn.

Αυξανόμενου του ποσοστού σε Zn, το χρώμα των ορειχάλκων μεταβάλλεται από κόκκινο σε κίτρινο, ενώ η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα ελαττώνεται, γεγονός που τους καθιστά ακατάλληλους για ηλεκτρικές εφαρμογές.

Επίσης, με την αύξηση της περιεκτικότητας σε Zn αυξάνεται η σκληρότητα και η ολκιμότητα, για ορείχαλκο με περιεκτικότητα σε Zn μέχρι 2830%. Με περαιτέρω αύξηση της περιεκτικότητας σε Ψευδάργυρο, η σκληρότητα ελαττώνεται, ενώ η ολκιμότητα συνεχίζεται αυξανόμενη.

Στο σχήμα παρουσιάζονται οι μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων των μονοφασικών ορειχάλκων, για διάφορα ποσοστά ενδοτράχυνσης, συναρτήσει της περιεκτικότητάς τους σε Ψευδάργυρο. Παρατηρείται ότι οι μέγιστες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων εμφανίζονται στον ορείχαλκο που περιέχει 30%Zn. Το κράμα αυτό εμφανίζει άριστη συμπεριφορά κατά την κοίλανση.



ΣΧΗΜΑ Μεταβολή (α) του ορίου διαρροής, (β) της αντοχής σε εφελκυσμό και (γ) της επιμήκυνσης θραύσης, των μονοφασικών ορειχάλκων, συναρτήσει της περιεκτικότητάς τους σε Ψευδάργυρο, για διάφορα ποσοστά ενδοτράχυνσης.

Γενικά, οι ορειχάλκοι παρουσιάζουν αντοχή σε διάβρωση, σε διάφορα είδη διαβρωτικού περιβάλλοντος. Η αντοχή σε διάβρωση των ορειχάλκων βελτιώνεται με την προσθήκη 1% Sn ή Al (π.χ. το κράμα Cu-22% Zn-2% Al). Επιπλέον αντιδιαβρωτική προστασία τους επιτυγχάνεται με τη δημιουργία προστατευτικών ηλεκτρολυτικών επικαλύψεων από Ni, Cr ή Au.

Οι ορείχαλκοι που περιέχουν ψευδάργυρο σε ποσοστό μεγαλύτερο από 10%, εμφανίζουν το **φαινόμενο της εργοδιάβρωσης**: Όταν ο ορειχάλκος βρίσκεται υπό καθεστώς τάσεων, διαβρώνονται τα όρια των κόκκων (περικρυσταλλική διάβρωση) από την υγρασία της ατμόσφαιρας, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι τάσεις αυτές μπορεί να προέρχονται είτε από εξωτερική καταπόνηση, είτε από την ενδοτράχυνση του κράματος. Η διάβρωση είναι ταχύτερη στην περίπτωση αμμωνιακής ατμόσφαιρας ή ατμόσφαιρας αλάτων υδραργύρου. Ονομάζεται και **εποχιακή ρωγμάτωση**, διότι παρατηρείται σε εποχές μεγάλης υγρασίας. Η εργοδιάβρωση αντιμετωπίζεται εάν ο ορειχάλκος μετά την διαμόρφωσή του ανοπτηθεί σε θερμοκρασία 275°C, για μισή ώρα, ώστε να ελαττωθούν οι εσωτερικές τάσεις από ενδοτράχυνση, χωρίς ταυτόχρονη μείωση της σκληρότητας του κράματος.

Οι α-ορείχαλκοι διαμορφώνονται εύκολα εν ψυχρώ και δυσκολότερα εν θερμώ. Οι ορειχάλκοι α+β, διαμορφώνονται εύκολα εν θερμώ (700-750°C), διότι σε υψηλές θερμοκρασίες η εύθραυστη φάση β', μετασχηματίζεται στην όλκιμη φάση β. Γενικά η μορφοποίηση των μονοφασικών ορειχάλκων γίνεται εν ψυχρώ, με ενδιάμεσες ανοπτήσεις, ενώ των διφασικών γίνεται εν θερμώ.

Στην περίπτωση που ένα έλασμα ορειχάλκου πρόκειται να υποστεί βα-

θεία κοίλανση, θα πρέπει να ελεγχθεί το μέγεθος των κόκκων του. Πολύ λεπτόκοκκο κράμα διαμορφώνεται δύσκολα, ενώ χονδρόκοκκο κράμα, μετά από βαθεία κοίλανση, αποκτά ανώμαλη εξωτερική επιφάνεια, η οποία καλείται "δέρμα πορτοκαλιού". Η ρύθμιση του μεγέθους των κόκκων, μετά από την εν ψυχρώ έλαση, γίνεται με ανακρυστάλλωση του κράματος σε θερμοκρασία 600-700°C, για μισή περίπου ώρα .

Το συχνότερα χρησιμοποιούμενο διφασικό κράμα είναι το **κράμα του MUNTZ**, το οποίο περιέχει 40% Zn, είναι σκληρό και μη όλκιμο, λόγω της ύπαρξης της φάσης β'. Το κράμα αυτό μορφοποιείται εύκολα σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ η κατεργασιμότητά του βελτιώνεται με την προσθήκη Pb, σε ποσοστό 0,4-3%. Ο μόλυβδος δεν σχηματίζει στερεό διάλυμα με το χαλκό, αλλά βρίσκεται διασκορπισμένος, σε σφαιρική μορφή, στη μάζα του ορείχαλκου, γεγονός που διευκολύνει τον τεμαχισμό των αποβλίτων της κοπής, μειώνοντας έτσι τη φθορά τόσο του κοπτικού εργαλείου όσο και του αντικειμένου. Στο σχήμα φαίνεται χαρακτηριστική δομή τέτοιου κράματος.



α)

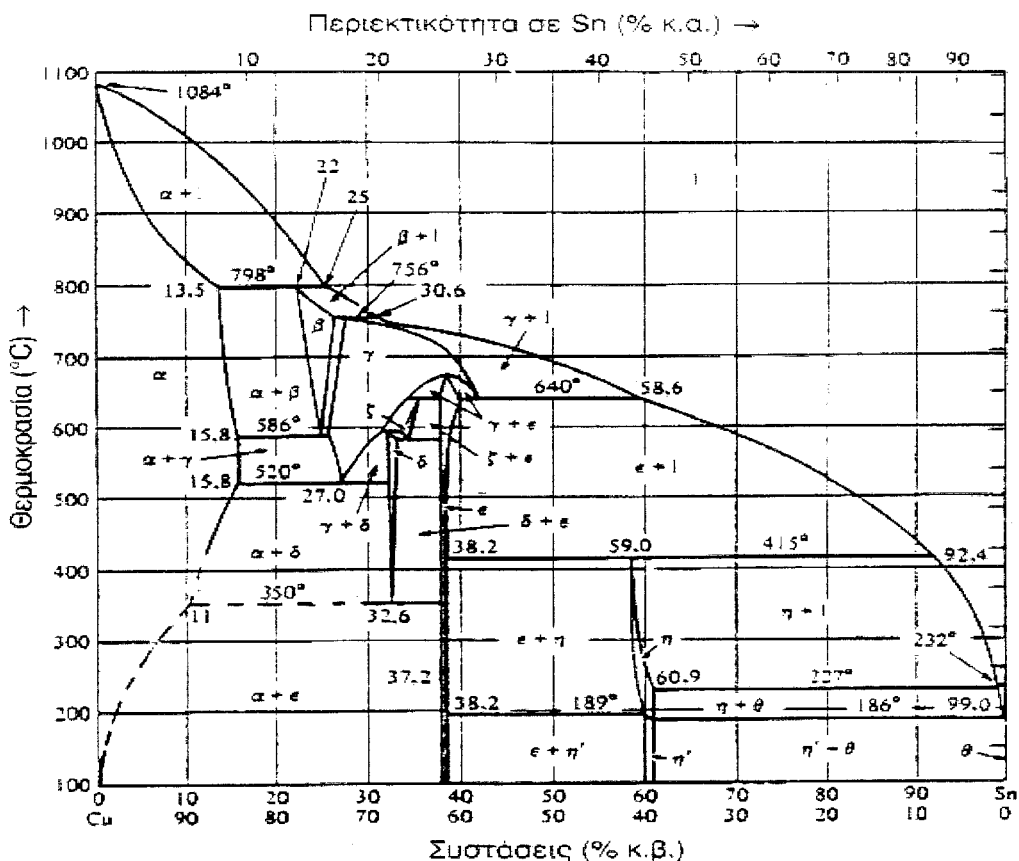


β)

ΣΧΗΜΑ Μικροδομή ορείχαλκου MUNTZ (60%Cu-40%Zn), (α) χωρίς και (β) μετά από θερμική κατεργασία.

ΚΡΑΜΑΤΑ Cu -Zn (Μπρούντζο)

Από τη μελέτη του διμερούς διαγράμματος ισορροπίας των φάσεων του συστήματος Cu-Sn (σχήμα), προκύπτει ότι για ποσοστά μικρότερα του 13,5% σε Sn υπάρχει μόνον η φάση α, μετά από στερεοποίηση. Για μεγαλύτερα ποσοστά σε κασσίτερο, κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης, εμφανίζεται η φάση β που μετατρέπεται σε φάση γ και, εν συνεχεία, σε φάση δ. Ο μετασχηματισμός της δ σε φάση ε και η κατακρήμνιση της ε, στη μάζα της φάσης α, δεν πραγματοποιούνται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 350°C, διότι οι ταχύτητες των μετασχηματισμών είναι πολύ μικρές.

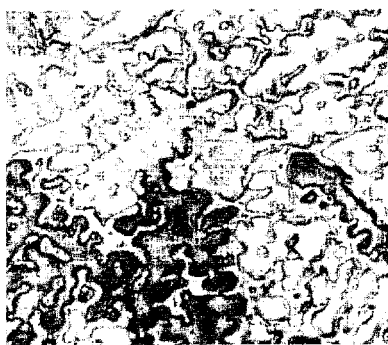


ΣΧΗΜΑ Διμερές διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων, για το διμερές σύστημα Cu-Sn.

Στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τα κράματα Cu-Sn είναι μονοφασικά, φάσης α, για περιεκτικότητα Sn μικρότερη του 10% και διφασικά, φάσεων α+δ, για

περιεκτικότητες Sn μεγαλύτερες του 10% (σχήμα). Συνήθως, η περιεκτικότητα του κασσιτέρου δεν υπερβαίνει το 16%. Οι μπρούντζοι, συχνά, εμπεριέχουν P, σε ποσοστό μικρότερο του 0,1%, το οποίο δεσμεύει οξυγόνο, κατά την χύτευσή τους.

Τα φωσφορούχα κράματα διαμόρφωσης Cu-Sn, που περιέχουν 1,25-10%Sn, είναι μονοφασικά και μπορούν να σκληρυνθούν με ενδοτράχυνση. Παρουσιάζουν καλύτερη μηχανική αντοχή και αντοχή σε θαλάσσια διάβρωση από τα κράματα Cu-Zn, ωστόσο είναι ακριβότερα, διότι ο Sn στοιχίζει πιο ακριβά από τον Zn. Όταν η περιεκτικότητα του Sn υπερβεί το 10%, τα κράματα Cu-Sn είναι αδύνατο να μορφοποιηθούν με πλαστική παραμόρφωση, λόγω της παρουσίας της σκληρής και εύθραυστης δ' φάσης. Τέτοια κράματα με Sn έως 16%, παρασκευάζονται με χύτευση, η οποία διευκολύνεται από την καλή τους εύροια, η οποία διατηρείται ακόμη και παρουσία προσθηκών Zn και Pb.



α)



β)

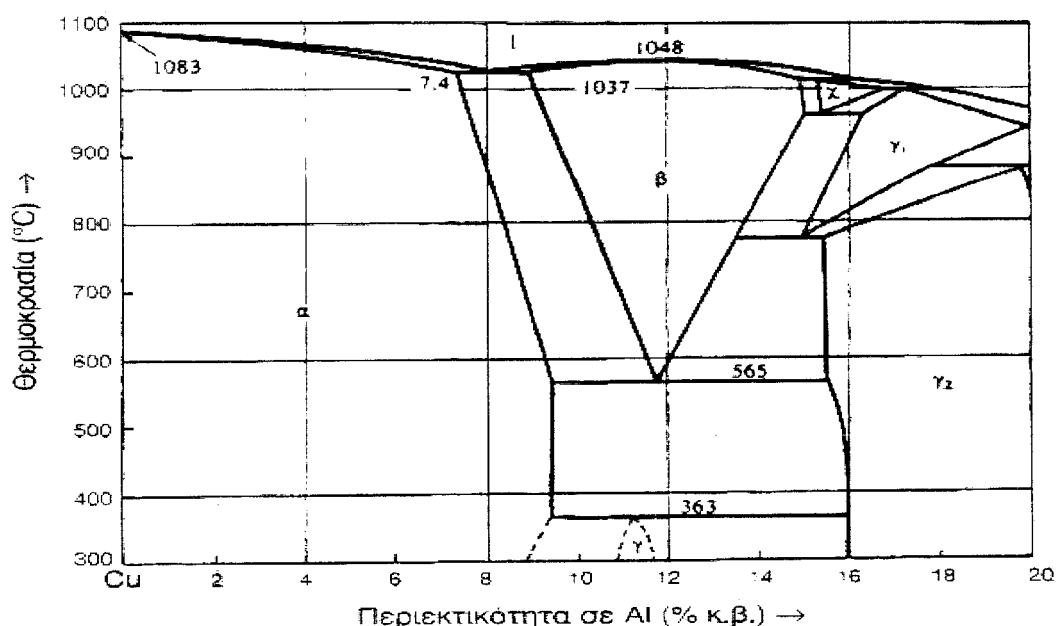
ΣΧΗΜΑ (α) Μικρογραφία χυτού μπρούντζου (95%Cu-5%Sn), δενδριτικής και ετερογενούς φάσης α. (β) Μικρογραφία χυτού μπρούντζου (85%Cu-15% Sn), φάσης α+δ, όπου η φάση α είναι δενδριτική και ετερογενής).

Μπρούντζοι με προσθήκες ψευδαργύρου και μολύβδου χρησιμοποιούνται σε υδραυλικές εργασίες, λόγω των καλών μηχανικών τους ιδιοτήτων, της αντοχής τους σε τριβή και φθορά και της καλής αντοχής τους σε διάβρωση.

ΚΡΑΜΑ Cu-Al (Χαλκοαλουμίνιο)

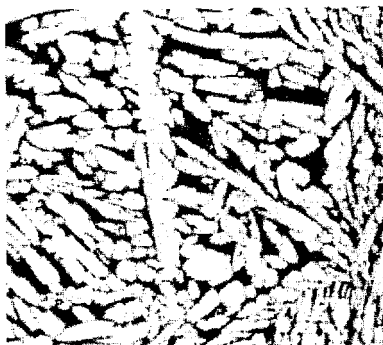
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων (σχήμα), τα κράματα Cu-Al που περιέχουν λιγότερο από 9,4% Al σχηματίζουν στερεό διάλυμα φάσης α , που κρυσταλλώνεται στο κυβικό εδροκεντρωμένο σύστη'μα (σχήμα). Παρουσιάζουν ολκιμότητα και δυσθραυστότητα, καθώς και καλή αντοχή σε φθορά και κόπωση. Λόγω του σχηματισμού επιφανειακού στρώματος αλούμινας (Al_2O_3), εμφανίζουν καλή αντοχή σε ατμοσφαιρική και θαλάσσια διάβρωση, καθώς και σε βιομηχανική διαβρωτική ατμόσφαιρα.

Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των $565^\circ C$ και για υψηλότερα ποσοστά σε Al, εμφανίζεται η φάση β , που κρυσταλλώνεται στο κυβικό χωροκεντρωμένο σύστημα, η οποία έχει καλή κατεργασιμότητα εν θερμώ. Στους $565^\circ C$, λαμβάνει χώρα ο ευτηκτοειδής μετασχηματισμός $\beta \rightarrow \alpha + \gamma_2'$ ο οποίος, όπως στην περίπτωση των χαλύβων, δημιουργεί δομή "περλιτικού τύπου". Η φάση γ_2 είναι μεσομεταλλική ένωση, σκληρή και εύθραυστη και παρουσιάζει μέτριες μηχανικές ιδιότητες. Εάν η φάση β υποστεί βαφή σε νερό, μετασχηματίζεται σε "μαρτενσίτη" β , εξαγωνικής δομής, ο οποίος, αντίθετα απ'ό,τι συμβαίνει στους χάλυβες, είναι λιγότερο σκληρός από τον "περλίτη". Η σκληρότητα, καθώς και οι μηχανικές του ιδιότητες, βελτιώνονται μετά από αναθέρμανση στους $500^\circ C$, η οποία προκαλεί κατακρήμνιση λεπτομερούς φάσης γ_2' .



ΣΧΗΜΑ Τμήμα του διαγράμματος ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συ-

στήματος Cu-Al.



α)

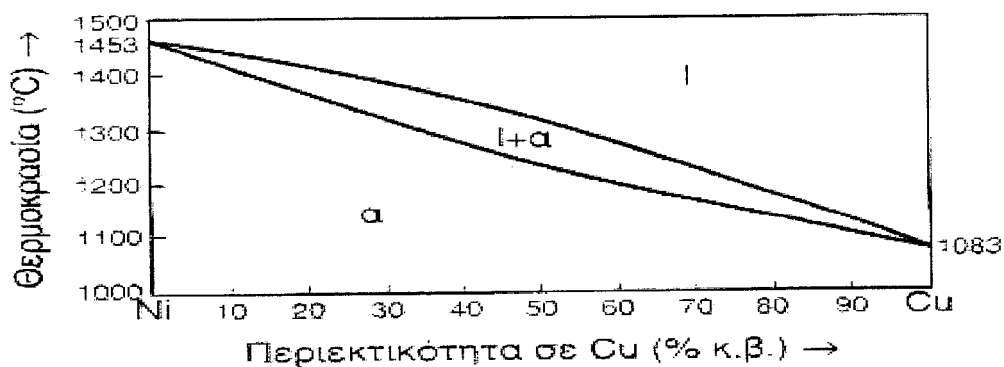


β)

ΣΧΗΜΑ (α) Μικρογραφία χυτού χαλκοαλουμινίου (90%Cu-10%Al), φάσης α.
(β) Μικρογραφία του (α), μετά από θερμική κατεργασία ανόπτησης στους 550°C (περλιτικού τύπου μικροδομή).

ΚΡΑΜΑΤΑ Cu-Ni (Χαλκονικέλιο) και Cu-Zn-Ni (Maillechorts)

Τα κράματα Cu-Ni περιέχουν Νί, σε ποσοστό 10-30%. Ο χαλκός και το νικέλιο είναι μέταλλα πλήρως αναμίξιμα, στην υγρή και τη στερεά κατάσταση (σχήμα), και συνεπώς, τα κράματα αυτά είναι μονοφασικά. Το σχηματιζόμενο στερεό διάλυμα κρυσταλλώνεται στο κυβικό εδροκεντρωμένο σύστημα. Αύξηση της περιεκτικότητας σε νικέλιο, προκαλεί αύξηση της μηχανικής αντοχής και της αντοχής σε θαλάσσια διάβρωση του κράματος.

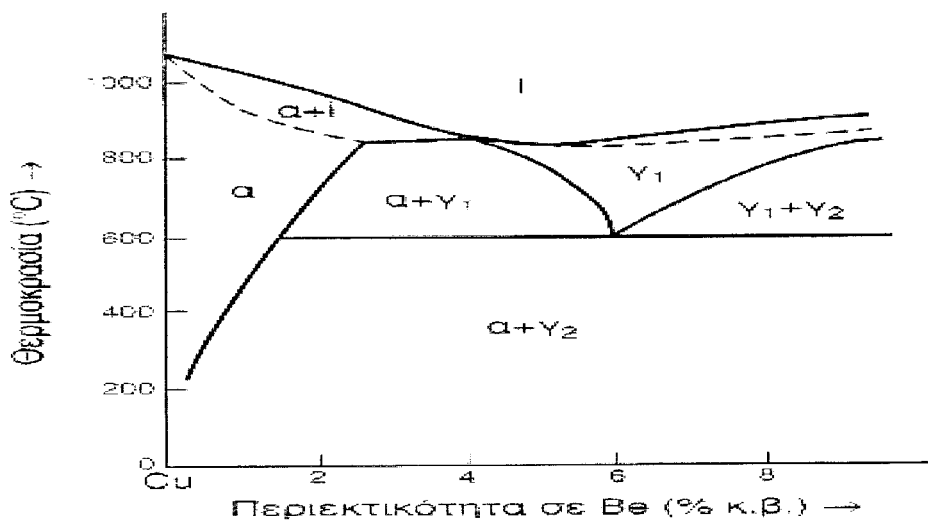


ΣΧΗΜΑ Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συστήματος Cu-Ni.
Στα τριμερή κράματα Cu-Zn-Ni, η περιεκτικότητα του Zn κυμαίνεται από 17%

έως 27%, και του Νί από 8% έως 18%. Τα κράματα αυτά είναι μονοφασικά. Η παρουσία του Νί προκαλεί μεταβολή του χρώματος του κράματος, από κίτρινο, που είναι το τυπικό χρώμα των κραμάτων CU-Zn, σε λευκό. Τα κράματα Cu-Zn-Ni παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή σε διάβρωση, αλλά μέτριες μηχανικές ιδιότητες. Χρησιμοποιούνται στην ωρολογοποιία, την οπτική, στην κατασκευή κοσμημάτων και στην παραγωγή αντιστάσεων, λόγω της χαμηλής ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας.

ΚΡΑΜΑ Cu-Be (Χαλκοβηρύλλιο)

Τα κράματα Cu-Be περιέχουν 0,6-2% Be και 0,2-2,5% Co. Τα κράματα αυτά υφίστανται σκλήρυνση λόγω κατακρήμνισης και γήρανσης, και είναι δυνατό να υποβληθούν και σε ενδοτράχυνση (σχήμα). Με τις κατεργασίες αυτές, μπορεί να επιτευχθεί τιμή της σ_{TS} ίση με 1463 MPa, η οποία αποτελεί την υψηλότερη τιμή για όλα τα κράματα του χαλκού.



ΣΧΗΜΑ Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συστήματος Cu-Be.

Το χαλκοβηρύλλιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή εργαλείων μεγάλης σκληρότητας. Λόγω της μεγάλης αντοχής του σε διάβρωση και κόπωση, χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ελατηρίων διαφραγμάτων βαλβίδων, είναι όμως σχετικά ακριβό υλικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.16. Χημική σύσταση και μέσες τιμές διαφόρων ιδιοτήτων					
ΚΡΑΜΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑ CDA	% κ.β. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ	
			ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	$\sigma_{0,2}$ (MPa)	δ_{10} (MPa)
Χαλκό ς	C101	Cu: > 99,9	Ακατέργαστο ς	70	220
			Σκληρός	365	455
Ορείχαλκος	C230	85Cu+ 15 Zn	Ακατέργαστος	70	270
			Σκληρός	435	725
	C260	70Cu+30 Zn	Ακατέργαστο ς	75	300
			Σκληρός	450	900
	C280	60Cu+40 Zn	Ακατέργαστος	145	375
			1/2 Σκληρός	350	490
C464	60Cu+39,2Zn+0,8Sn	Ακατέργαστο ς	175	380	
		1/2 Σκληρός	390	550	
Μπρούντζος	C521	92Cu+8Sn+0,02P	Ακατέργαστος	165	380
			Σκληρός	550	965
	C524	90Cu+ 1 OSn+0,02P	Ακατέργαστο ς	193	450
Χαλκοαλουμίνιο	C614	91 Cu+7 Al+2Fe	Ακατέργαστο	230	525
			Σκληρό	415	615
	C623	87Cu+ 1 OAl+3Fe	Θ. Κ.	600	750
Χαλκονικέλιο	C715	70Cu+30 Νί	Ακατέργαστο	140	370
			Σκληρό	480	520
Κράμα Cu-Zn-Ni	C770	55Cu+27Zn+ 18Νί	Ακατέργαστο	190	420
			Σκληρό	600	1000
Χαλκοβηρύλλιο	C172	97,9Cu+ 1,98e+0,2Co	Ακατέργαστο	170	470
			Θ.Κ.	1345	1460

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΧΑΛΚΟΥ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τιμές χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των κυριότερων κραμάτων του χαλκού. Ο πίνακας 15.16 αφορά κράματα διαμόρφωσης και ο πίνακας παρακάτω αφορά κράματα χύτευσης ορισμένων κραμάτων διαμόρφωσης του χαλκού.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ε(%)	E (GPa)	ΧΡΗΣΕΙΣ
55 4	118 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ, χρησιμοποιείται στην κατασκευή ηλεκτρικών συρμάτων, εναλλακτών θερμότητας, επικαλύψεων οροφών.
55 3	112 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ, χρησιμοποιείται στην κατασκευή αγωγών άντλησης, σωλήνων εναλλακτών θερμότητας.
66 3	108 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ, χρησιμοποιείται στην κατασκευή αντικειμένων με βαθεία κοίλανση, κλειδαριών, κλπ.
52 15	105 -	Υφίσταται κατεργασίες εν θερμώ, χρησιμοποιείται στην κατασκευή πλακών πυκνωτών, σωλήνων εναλλακτών θερμότητας.
50 20	105 -	Υφίσταται κατεργασίες εν θερμώ, χρησιμοποιείται στη ναυπηγική, Π.χ. για την κατασκευή προπέλλων.
80 24	112 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ, χρησιμοποιείται στην κατασκευή σημάτων.
70 3	112 -	Υφίσταται κατεργασίες εν θερμώ, χρησιμοποιείται όπου υπάρχει απαίτηση για αυξημένη μηχανική αντοχή.
45 32 12	126 - -	Υφίστανται κατεργασίες εν θερμώ και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εδράνων και οδηγών βαλβίδων, σε τμήματα αντλιών.
45 15	154 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ και εν θερμώ και χρησιμοποιείται στην κατασκευή αγωγών θαλασσίου ύδατος.
40 20	126 -	Υφίσταται κατεργασίες εν ψυχρώ, χρησιμοποιείται στην οπτική και την ηλεκτρολογία.
48 1	119 -	Χρησιμοποιείται στην κατασκευή ελατηρίων και διαφραγμάτων βαλβίδων.

ΠΙΝΑΚΑΣ Χημική σύσταση, μέσες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων και τυπικές χρήσεις ορισμένων κραμάτων χύτευσης του χαλκού.

ΚΡΑΜΑ ΚΑΤΑ CDA	ΜΕΣΗ % Κ.Β. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			Κύριες χρήσεις
		0,2 (MPa)	σ _{TS} (MPa)	ε (%)	
C801	>94,25Cu+0,9Co+0,9Ni+1Ag	62	170	40	Ηλεκτρολογικές εφαρμογές
C817	>94,25Cu+0,9Co+0,9Ni+1Ag	470	630	8	Ηλεκτρολογικές εφαρμογές. Έχει υψηλότερη μηχανική αντοχή από τον C801.
C836	85Cu+5Sn+5Zn+5Pb	105	240	32	Σωληνώσεις αντλίες, μικρά γρανάζια
C844	81Cu+3Sn+9Zn+7Pb	90-115	200-270	18-30	Αγωγοί, βαλβίδες χαμηλής πίεσης.
C858	58Cu+ 1 Co+40Ni+ 1 Pb	210	380	15	Εφαρμογές ναυπηγικής
C863	63Cu+25Zn+3Fe+6Al+3Mn	570	820	18	Γρανάζια, κουζινέτα, υδραυλικά κυκλώματα
C922	88Cu+6Sn+4,5Zn+ 1	110	280	45	Δοχεία υπό πίεση, ως τους 300 AC
C937	80Cu+10Sn+10Pb	125	270	30	Μεγάλα γρανάζια, ρότορες αντλιών, μικροί έλικες.
C952	88Cu+9Al+3Fe	185	550	35	Έδρες βαλβίδων, αντλίες, κουζινέτα.
C964	66Cu+25Ni+5Sn+2Zn+2Pb	255	400	20	Βαλβίδες, αντλίες, σωλήνες.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

ΕΛΑΦΡΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ

Το αλουμίνιο, το μαγνήσιο και το τιτάνιο ανήκουν στην κατηγορία των ελαφρών μετάλλων, των μετάλλων, δηλαδή, των οποίων η πυκνότητα έχει χαμηλές τιμές. Πιο συγκεκριμένα, οι πυκνότητες των Al, Mg και Ti είναι, αντίστοιχα, 2,7, 1,7 και 4,5g/cm³. Η σημασία τους για την κατασκευαστική

βιομηχανία είναι πολύ μεγάλη, διότι τα μέταλλα αυτά, καθώς και τα κράματά τους, παρουσιάζουν υψηλό ειδικό μέτρο ελαστικότητας (E/ρ) και υψηλή ειδική μηχανική αντοχή ($\sigma T_s/P$) σε σχέση με τα άλλα μέταλλα και κράματα. Έχουν, επίσης, καλή αντοχή σε διάβρωση.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΤΟΥ

Το καθαρό αλουμίνιο είναι μέταλλο ελαφρύ και πολύ όλκιμο. Οι μηχανικές ιδιότητες του είναι καλές, αλλά οι ιδιότητες αυτές είναι ελαφρώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των κράματων αλουμινίου. Η αντοχή των μηχανικών ιδιοτήτων αυτών του χημικού κράματων αλουμινίου ισούται με την αντοχή αυτής του χημικού αλουμινίου. Η χαμηλή πυκνότητα, το αλουμίνιο έχει καλή θερμική αγωγιμότητα. Έχει μεγάλη χημική συγγένεια με το οξυγόνο, οπότε στον αέρα οξειδώνεται ταχέως, δίνοντας ένα λεπτό επιφανειακό προστατευτικό φιλμ από Al_2O_3 , το οποίο είναι αδιαπέραστο από το οξυγόνο και παρέχει στο μέταλλο αντιοξειδωτική προστασία.

Τα κράματα του αλουμινίου, διακρίνονται σε κράματα θερμικής επεξεργασίας 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 την ακολουθούμενη θερμική κατεργασία, ενώ οι ιδιότητες των δεύτερων εξαρτώνται από το ποσοστό ενδοτράχυνσης που έχουν υποστεί.

Όπως το καθαρό αλουμίνιο, έτσι και τα κράματά του έχουν χαμηλή πυκνότητα, καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα και υψηλή αντοχή σε διάβρωση. Οι κύριες προσθήκες των κραμάτων αλουμινίου είναι ο χαλκός, ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το μαγνήσιο το πυρίτιο και ο ψευδάργυρος. Η επίδραση των προσθηκών στις ιδιότητες του αλουμινίου φαίνονται στον πίνακα.

Κύριες προσθήκες κραμάτων αλουμινίου και η επίδρασή τους.

ΧΑΛΚΟΣ

Σε ποσοστό έως 12%, προκαλεί βελτίωση της μηχανικής αντοχής και της κατεργασιμότητας. Η σκλήρυνση επιτυγχάνεται με κατακρήμνιση.

ΣΙΔΗΡΟΣ

Σε μικρά ποσοστά βελτιώνει την αντοχή και τη σκληρότητα και, ταυτόχρονα, μειώνει τις πιθανότητες θερμής ρωγμάτωσης κατά τη χύτευση.

ΜΑΓΓΑΝΙΟ

Βελτιώνει την ολκιμότητα και, σε συνδυασμό με το σίδηρο, τη χυτευσιμότητα.

ΜΑΓΝΙΣΙΟ

Βελτιώνει τη μηχανική αντοχή και την αντοχή σε διάβρωση. Σε ποσοστό μεγαλύτερο από 6%, προκαλεί σκλήρυνση με κατακρήμνιση.

ΠΥΡΙΤΙΟ

Βελτιώνει, κατά πολύ, τη χυτευσιμότητα και την αντοχή σε διάβρωση.

ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Μειώνει τη χυτευσιμότητα, αλλά, σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία προσθήκης, βελτιώνει τη μηχανική αντοχή.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Οι κωδικές ονομασίες των κραμάτων αλουμινίου, σύμφωνα με την Aluminium Association (A.A.), αποτελούνται από δύο μέρη, τα οποία χωρίζονται με παύλα.

Το πρώτο μέρος αποτελείται από τέσσερις αριθμούς, των οποίων η σημασία εξαρτάται από το εάν πρόκειται για κράμα διαμόρφωσης ή για κράμα χύτευσης:

(α) Στην πρώτη περίπτωση (κράματα διαμόρφωσης), ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει το κύριο στοιχείο προσθήκης (πίνακας 15.19). Ο δεύτερος χρησιμοποιείται για να δηλώσει τροποποιήσεις των ορίων περιεκτικότητας των ακαθαρσιών. Τέλος, οι δύο τελευταίοι αριθμοί, στην περίπτωση της σειράς 1XXX, δίνουν τα δεκαδικά ποσοστά, για περιεκτικότητες αλουμινίου υψηλότερες του 99,00%, ενώ στην περίπτωση κραμάτων αλουμινίου άλλων σειρών, οι δύο τελευταίοι αριθμοί χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον προσδιορισμό της ειδικής κατηγορίας του κράματος της οικείας ομάδας .

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.19 Κωδικοποίηση, κατά το σύστημα **A.A.**, των κραμάτων διαμόρφωσης του αλουμινίου, ανάλογα με τα κύρια στοιχεία προσθήκης.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΣΘΙΚΗ
1XXX	Αλουμίνιο ελάχιστης καθαρότητας 99,00%
2XXX	Χαλκός
3XXX	Μαγγάνιο
4XXX	Πυρίτιο
5XXX	Μαγνήσιο
6XXX	Μαγνήσιο και πυρίτιο
7XXX	Ψευδάργυρος
8XXX	Άλλα στοιχεία
9XXX	Μη χρησιμοποιούμενη σειρά

(β) Στη δεύτερη περίπτωση (κράματα χύτευσης), ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει, επίσης, το κύριο στοιχείο προσθήκης (πίνακας 15.20). Ο δεύτερος και τρίτος αριθμός δείχνουν την ειδική κατηγορία του κράματος της οικείας

ομάδας. Ο τέταρτος αριθμός, ο οποίος χωρίζεται με τελεία από τους τρεις πρώτους, αφορά τη μορφολογία του προϊόντος της χύτευσης: Με μηδέν (0) υποδηλώνεται ότι πρόκειται για χυτό, το οποίο έχει αποκτήσει την τελική του μορφολογία με κατ' ευθείαν χύτευση, ενώ με ένα (1) υποδηλώνεται ότι πρόκειται για πλίνθωμα. Μετατροπή της αρχικής χημικής σύστασης υποδηλώνεται με ένα γράμμα μπροστά από τον κωδικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.20. Κωδικοποίηση, κατά το σύστημα **A.A.**, των κραμάτων χύτευσης του αλουμινίου, ανάλογα με τα κύρια στοιχεία προσθήκης.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ
1XX.X	Αλουμίνιο ελάχιστης καθαρότητας 99,00%
2XX.X	Χαλκός
3XX.X	Πυρίτιο και χαλκός ή μαγνήσιο
4XX.X	Πυρίτιο
5XX.X	Μαγνήσιο
6XX.X	Μη χρησιμοποιούμενη σειρά
7XX.X	Ψευδάργυρος
8XX.X	Κασσίτερος
9XX.X	Άλλα στοιχεία

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.21. Κωδικοποίηση, κατά το σύστημα **A.A.**, των κραμάτων αλουμινίου, ανάλογα με τις κατεργασίες που έχουν υποστεί.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ
F	Προϊόν όπως παρήχθη, χωρίς μηχανική ή θερμική κατεργασία.
O	Ανόπτηση
H	Ενδοτράχυνση, μόνο για τα κράματα διαμόρφωσης
H1X	Μόνον ενδοτράχυνση, (το X αναφέρεται στο βαθμό ενδοτράχυνσης): H11: Κράμα ελάχιστης σκληρότητας H12: Κράμα σκληρυμένο κατά 25% H14: Κράμα σκληρυμένο κατά 50% H16: Κράμα σκληρυμένο κατά 75% H18: Κράμα σκληρυμένο κατά 100% H19: Υπέρσκληρο κράμα
H2X	H2X Ενδοτράχυνση ακολουθούμενη από ανόπτηση αποκατάστασης. Το X κυμαίνεται από 1 έως 8, υποδηλώνοντας το βαθμό σκλήρυνσης μετά την ανόπτηση.
H3X	H3X Ενδοτράχυνση ακολουθούμενη από θερμική κατεργασία σταθεροποίησης σε χαμηλή θερμοκρασία, προκειμένου να αποφευχθεί σκλήρυνση λόγω γήρανσης. Το X κυμαίνεται από 1 έως 8, υποδηλώνοντας το βαθμό σκλήρυνσης πριν από τη σταθεροποίηση.
T	Θερμική κατεργασία σκλήρυνσης με γήρανση.
T1	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης και φυσική γήρανση.
T2	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης, μηχανική κατεργασία εν ψυχρώ και φυσική γήρανση.
T3	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, κατεργασία εν ψυχρώ και φυσική γήρανση.
T4	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή και φυσική γήρανση.
T5	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης και τεχνητή γήρανση, σε θερμοκρασία υψηλότερη αυτής του περιβάλλοντος.

T6	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή και τεχνητή γήρανση, σε θερμοκρασία υψηλότερη αυτής του περιβάλλοντος.
T7	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, θερμική κατεργασία σταθεροποίησης.
T8	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, κατεργασία εν ψυχρώ και τεχνητή γήρανση.
T9	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, τεχνητή γήρανση και κατεργασία εν ψυχρώ.
T10	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης, κατεργασία εν ψυχρώ και τεχνητή γήρανση.
W	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης. Χρησιμοποιείται μόνο για τα κράματα, που υφίστανται σκλήρυνση με γήρανση .

ΚΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Κράματα ΑΙ που δεν υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία.

Πρόκειται για τα κράματα των σειρών 1000, 3000 και 5000 (πίνακας 15.16). Τα κράματα αυτά είναι μονοφασικά, με μικρά ποσοστά εκγλεισμάτων ή μεσομεταλλικών ενώσεων. Οι μηχανικές τους ιδιότητες ρυθμίζονται με κατεργασίες σκλήρυνσης, με τη δημιουργία οριακών στερεών διαλυμάτων και, κυρίως, με την επακολουθούσα ενδοτράχυνση. Στον πίνακα 15.22, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων και οι κύριες χρήσεις ορισμένων κραμάτων της κατηγορίας αυτής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.22. Μέσες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων και κύριες χρήσεις κραμάτων ΑΙ που δεν υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ*	ΧΡΗΣΕΙΣ
	$\sigma_{0,2}$	σ_{TS}	ϵ		
	(MPa)	(MPa)	(%)		
1060-0	28	70	40		Σε βιομηχανίες χημικές, τροφίμων, κρουογενεπικής. Για κατασκευή δεξαμενών.
1060-H16	90	110	12		
1060-H18	125	130	6		
1100-0	35	80	35	30	Συνήθη προ ιόντα, όπου δεν απαιτούνται αυξημένες αντοχές.
1100-H14	90	130	9	50	
1100-H18	130	150	6	60	Επενδύσεις κτιρίων.
3003-0	40	110	30	45	Ιδίες χρήσεις με τη σειρά 1100, έχουν, όμως, καλύτερες μηχανικές ιδιότητες.
3003-H14	145	155	8	62	
3003-H18	185	200	4	70	
3004-0	70	180	22	65	Όπως και η σειρά 3003.
3004-H14	200	245	9	110	
3004-H18	250	285	4	115	
5050-0	55	145	26	60	Στην οικοδομική και τη σωληνοουργία.
5050-H34	165	190	8	110	Περιέχουν 1,4% Mg.
5050-H38	200	220	6	120	
5052-0	90	190	25	110	Στη σωληνοουργία και λεβητοποιία.
5052-H34	210	265	10	120	Περιέχουν 2,5%Mg και 0,25%Cr.
5052-H38	255	280	7	135	
5454-0	115	240	22	135	Για συγκολλητές κατασκευές και σωλήνες, που λειτουργούν σε θαλάσσιο περιβάλλον. Περιέχουν 2,7%Mg-0,8%Mn- 0, 12%Cr.
5454-H34	240	300	10	140	
5454-H38	275	340	7	150	

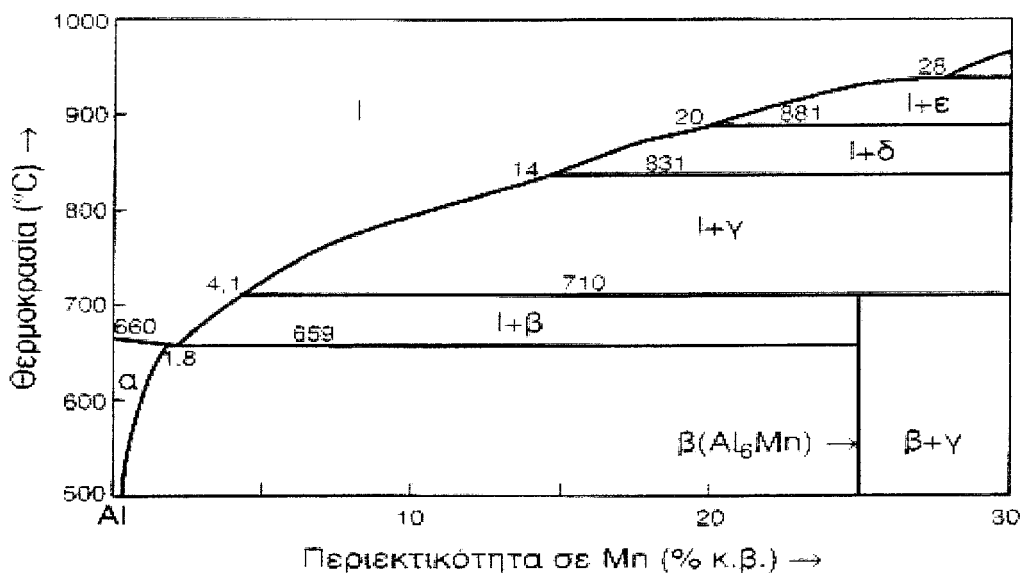
* Σε 5χ 108 κύκλους.

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 1000

Τα κράματα αυτής της σειράς περιέχουν τουλάχιστον 99% ΑΙ. Οι τιμές των μηχανικών τους ιδιοτήτων είναι χαμηλές, αλλά βελτιώνονται με ενδο-τράχυνση. Είναι κατάλληλα για κατεργασία εν ψυχρώ και αντέχουν σημαντικά σε υγρή και θαλάσσια ατμόσφαιρα. Παρουσιάζουν θαυμάσια ηλεκτρική αγωγιμότητα, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή συρμάτων, καλωδίων, κ.λ.π.,- θερμική αγωγιμότητα, -χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καλοριφέρ κ.λ.π.,- και καλή αντοχή σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι κυριότερες ακαθαρσίες που περιέχονται σ' αυτά τα κράματα είναι ο σίδηρος και το πυρίτιο, σε συνολικό ποσοστό έως 1% (κράμα 1100) .

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 3000

Πρόκειται για κράματα αλουμινίου, με κύρια προσθήκη το Mn. Η μέγιστη διαλυτότητα του Mn στο Al που είναι 1,8% στους 659°C, ελαττώνεται γρήγορα με τη θερμοκρασία (σχήμα 15.33).



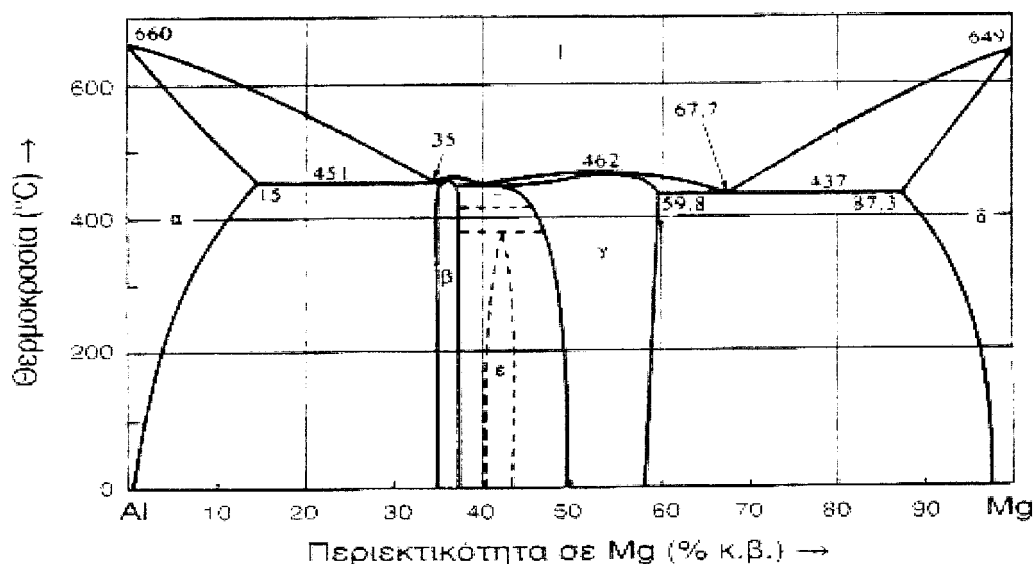
ΣΧΗΜΑ 15.33. Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συστήματος Al-Mn.

Το Mn ενώνεται με το Al, σχηματίζοντας τη μεσομεταλλική ένωση Al₆Mn. Η σκλήρυνση του Al με προσθήκη Mn, σε ποσοστά μικρότερα από 1,5%, οφείλεται στη διασπορά της ένωσης αυτής μέσα στην μεταλλική μήτρα του αλουμινίου. Συγχρόνως, η παρουσία της Al₆Mn προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του κράματος. Η προσθήκη χαλκού, σε ποσοστό 0,12%, προκαλεί αύξηση της μηχανικής τους αντοχής (κράμα 3003). Η προσθήκη Mg, σε ποσοστά μικρότερα από 1,2%, επιφέρει δευτερογενή σκλήρυνση, λόγω του σχηματισμού στερεού διαλύματος (κράμα 3004).

Τα κράματα Al-Mn μορφοποιούνται εύκολα, αντέχουν στην ατμοσφαιρική διάβρωση και συγκολλώνται εύκολα. Αντικαθιστούν τα κράματα της σειράς 1000, σε εφαρμογές όπου απαιτούνται βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 5000

Πρόκειται για κράματα αλουμινίου, με κύρια προσθήκη το μαγνήσιο, σε ποσοστά μικρότερα του 4%. Σ'αυτά (σχήμα 15.34), το μεγαλύτερο μέρος του Mg βρίσκεται στο στερεό διάλυμα και το υπόλοιπο μετέχει στη μεσομεταλλική ένωση Mg_2Al_3 (φάση β), η οποία είναι σκληρή και εύθραυστη.



ΣΧΗΜΑ 15.34. Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συστήματος Al-Mg.

Τα κράματα της σειράς 5000 παρουσιάζουν μέτρια μηχανική αντοχή, που βελτιώνεται με ενδοτράχυνση, σε βάρος, όμως, της ολκιμότητάς τους. Όταν βρίσκονται στη μεταλλουργική κατάσταση O, μπορούν να διαμορφωθούν εν ψυχρώ ή εν θερμώ. Συγκολλώνται εύκολα, έχουν υψηλή αντοχή σε θαλάσσια διάβρωση και παρουσιάζουν επιφάνεια καλής ποιότητας μετά από λείανση και ανοδίωση. Στην περίπτωση που πρόκειται να υποστούν τέτοιες επιφανειακές κατεργασίες, θα πρέπει τα ποσοστά του σιδήρου και του πυριτίου να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα.

Κράματα Al που υπόκεινται σε σκλήρυνση δομής με θερμικές κατεργασίες.

Πρόκειται για κράματα των σειρών 2000, 6000 και 7000. Στον

πίνακα 15.23, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων και οι κύριες χρήσεις ορισμένων κραμάτων της κατηγορίας αυτής.

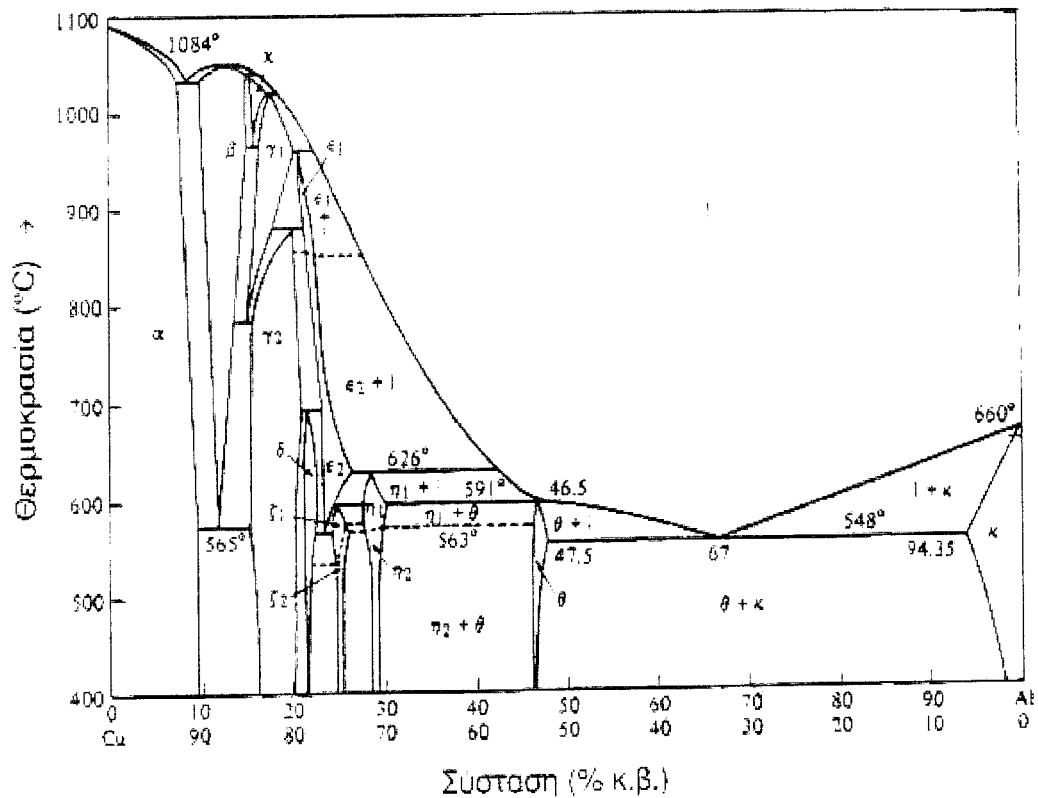
ΠΙΝΑΚΑΣ 15.23. Μέσες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων και κύριες χρήσεις κραμάτων Al που υπόκεινται σε σκλήρυνση δομής με θερμικές κατεργασίες.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ* (MPa)	ΧΡΗΣΕΙΣ
	$\sigma_{0,2}$ (MPa)	σ_{TS} (MPa)	ϵ (%)		
2014-0	100	200	20	90	Δομικά στοιχεία αεροσκαφών και
2014-T4	290	420	18	140	πλαϊσίων φορτηγών. Περιέχουν
2014-T6	430	480	12	125	4,4%Cu-0,5%Mg-0,8%Mn-0,8%Si.
2024-0	100	200	20	90	Στην αεροναυπηγική, σε σκελετούς
2024-T4	320	460	18	140	οικοδομών, κοχλίες, αθλητικά είδη.
2024-T6	390	475	10	125	Περιέχουν 4,4%Cu-1,5%Mg-0,6%Mn.
6061-0	55	125	25	50	Σε αμαξώματα αυτοκινήτων και
6061-T4	150	245	22	90	φορτηγών, στην οικοδομική, σε
6061-T6	275	410	17	100	πυλώνες και αγωγούς. Περιέχουν 1%Mg-0,6%Si-0,2%Cr-0,3%Cu.
6070-070	145	20	65		Σε συγκολλητές κατασκευές και
6070-T6	365	400	12	100	στη ναυπηγική. Περιέχουν 0,8%Mg-1,4%Si-0,7%Mn-0,3%Cu.
7005-0	85	200	20	-	Για υλικά οδικών και σιδηροδρομικών
7005-T6	295	360	13	155	μεταφορών. Περιέχουν 4,5%Zn-1,4%Mg-0,12%Cr-0,4%Mn-0,15%Zr.
7075-0	105	230	17	-	Στην αεροναυπηγική, στην κατασκευή
7075-T6	500	570	11	160	όπλων, βαλβίδων, αθλητικών ειδών. Περιέχουν 5,6%Zn-2,5%Mg-1,6%Cu-0,3%Cr.

* Σε 5x1 08 κύκλους .

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 2000

Πρόκειται για κράματα Al-Cu, όπου ο χαλκός περιέχεται σε ποσοστά 2,6-6,3%, και για κράματα Al-Cu-Mg, όπου το μαγνήσιο κυμαίνεται μεταξύ 0,5% και 1,5%. Η σκλήρυνση της δομής επιτυγχάνεται με κατακρήμνιση των ενώσεων CuAl_2 και CuMgAl_2 , που προσδίδουν στο κράμα εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, (πίνακας 15.23, σχήμα 15.35). Για παράδειγμα το κράμα 2024-T6 βρίσκει ευρεία χρήση στην αεροναυπηγική.



ΣΧΗΜΑ 15.35. Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς συστήματος Al-Cu.

Η προσθήκη Si και Mn, σε ποσοστά μικρότερα του 0,8% (κράμα 2014), ευνοεί τον σχηματισμό τετραμερών συστατικών τα οποία βρίσκονται σε διασπορά και βελτιώνουν τις ιδιότητες της μεταλλικής μήτρας.

Η παρουσία του Fe συχνά αποδεικνύεται βλαβερή εξαιτίας του σχηματισμού της ένωσης Cu_2FeAl_7 , η οποία στερεί από το στερεό διάλυμα μέρος του χαλκού, ελαττώνοντας τη δυνατότητα σκλήρυνσης της δομής. Εάν ωστόσο, προστεθεί συγχρόνως, και Ni, σχηματίζεται η ένωση Al_3FeNi , που προσδίδει στο κράμα πολύ καλή μηχανική αντοχή, μέχρι τους 230°C. Για παράδειγμα, το κράμα 2618, με σύσταση 2,3% Cu-1,6% Mg-1% Ni-1,1% Fe-O, 18% Si-0,07% Ti, χρησιμοποιείται για την κατασκευή στοιχείων των τουρμποκινητήρων των υπερηχητικών αεροπλάνων.

Τα κράματα της σειράς 2000, μετά από βαφή και γήρανση, έχουν μέτρια αντοχή στη διάβρωση και συγκολλώνται δύσκολα, διότι οι ζώνες, οι γειτονικές προς την περιοχή της συγκόλλησης, υπόκεινται σε ανόπτηση εξαιτίας του επιβαλλόμενου από τη συγκόλληση θερμικού κύκλου, με αποτέλεσμα οι μηχανικές τους ιδιότητες να εξασθενούν σημαντικά.

Στη σειρά 2000, ανήκουν και τα **κράματα AI-Li**. Το λίθιο είναι το ελαφρύτερο μεταλλικό στοιχείο. Για κάθε 1 % προσθήκης λιθίου στο αλουμίνιο, προκαλείται μείωση του βάρους του κατά ~3%, και αύξηση του ορίου ελαστικότητας κατά ~5%. Παρότι η μέγιστη διαλυτότητα του λιθίου στο αλουμίνιο είναι 4,2%, στα εμπορικά κράματα AI-Li, το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 1 % έως 3%.

Η ανάπτυξη των κραμάτων αυτών, ως αρχικό στόχο είχε τη μείωση του βάρους των αεροσκαφών και των δομικών στοιχείων των διαστημοπλοίων, λόγω της μικρής τους πυκνότητας, της υψηλής μηχανικής τους αντοχής και του υψηλού ειδικού μέτρου ελαστικότητας. Για παράδειγμα, το 25% των δομικών στοιχείων των ελικοπτέρων EH101 της British Westland (15% του συνολικού τους βάρους) κατασκευάζονται από το κράμα AA8090. Επίσης, κράματα AI-Li χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δομικών στοιχείων των ρωσικών στρατιωτικών αεροσκαφών Y AK-36 και MIG-29, των αεροσκαφών C-17 της McDonnell Douglas, των Boeing 777 και των A330 και A340 της Airbus Industries. Σήμερα τα κράματα AI-Li, βρίσκουν και πολλές άλλες εφαρμογές, λόγω της πολύ καλής αντοχής τους σε κόπωση και της υψηλής μηχανικής τους αντοχής σε χαμηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, η McDonnell Douglas κατασκευάζει από κράματα AI-Li τις δεξαμενές υγρού οξυγόνου DC-XA.

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 6000

Πρόκειται για κράματα AI-Mg-Si. Η σκλήρυνση της δομής τους οφείλεται στον σχηματισμό της ένωσης Mg_2Si , στην οποία, συνήθως, μετέχει το σύνολο της μάζας των στοιχείων Mg και Si, με λόγο μαζών (Mg/Si) ίσο προς 1,73. Κάποια περίσσεια Si, όπως, Π.χ. στο κράμα 6070, βελτιώνει τις μηχανικές ιδιότητες του κράματος, εις βάρος της αντοχής του σε διάβρωση.

Ορισμένα κράματα της σειράς αυτής, περιέχουν προσθήκες Mn, σε ποσοστό μικρότερο του 0,8%, και Cr, σε ποσοστό μικρότερο του 0,3%. Αυτές οι προσθήκες συντελούν στην βελτίωση της μηχανικής αντοχής, της δυσθραυστότητας και υποβοηθούν την εκλέπτυνση των κόκκων. Η προσθήκη χαλκού βελτιώνει, επίσης, τις μηχανικές ιδιότητες του κράματος, ωστόσο το ποσοστό του θα πρέπει να παραμένει μικρότερο του 0,5%, λόγω της ταυτόχρονης μείωσης της αντοχής σε διάβρωση, που προκαλεί.

Τα κράματα της σειράς 6000 μορφοποιούνται εν θερμώ και συγκολλώνται εύκολα, συγχρόνως δε, παρουσιάζουν καλή μηχανική συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά η χρήση τους περιορίζεται μέχρι τους 150°C. Τέλος, παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή σε ατμοσφαιρική διάβρωση και σε διάβρωση υπό μηχανική καταπόνηση .

• Σειρά κραμάτων αλουμινίου 7000

Πρόκειται για κράματα Al-Zn-Mg και για κράματα Al-Zn-Mg-Cu. Αυτά, μετά από κατάλληλες θερμικές κατεργασίες, παρουσιάζουν τις καλύτερες μηχανικές ιδιότητες απ'όλα τα κράματα του αλουμινίου.

Το ποσοστό του Zn μεταβάλλεται από 4% έως 8% και αυτό του Mg από 1% έως 3%. Η επιτυγχανόμενη σκλήρυνση δομής οφείλεται κυρίως στην κατακρήμνιση της ένωσης $MgZn_2$. Προσθήκη χαλκού, σε ποσοστό μικρότερο του 2%, προκαλεί σκλήρυνση λόγω της δημιουργίας στερεού διαλύματος και κατακρήμνισης. Ωστόσο, η παρουσία χαλκού μειώνει την εμβαπτότητα, τη συγκολλησιμότητα και τη δυσθραυστότητα των κραμάτων Al-MgZn. Παρουσία χρωμίου, σε ποσοστό μικρότερο του 0,3%, βελτιώνει την αντοχή των κραμάτων αυτών σε διάβρωση υπό μηχανική καταπόνηση, ενώ παρουσία Zn βελτιώνει τη συγκολλησιμότητά τους. Τα κράματα της σειράς 7000 υποβάλλονται εύκολα σε θερμικές κατεργασίες, λόγω του μεγάλου θερμοκρασιακού εύρους της περιοχής ομογενοποίησής τους, της καλής τους εμβαπτότητας, -ενίοτε η βαφή πραγματοποιείται στον αέρα,- και των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών γήρανσης, από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 160°C. Λόγω του συνόλου των ιδιοτήτων αυτών, τα χαρακτηριστικά των κραμάτων της σειράς 7000 δεν αλλοιώνονται κατά τη συγκόλλησή τους. Ωστόσο, η συγκολλησιμότητά τους παραμένει μέτρια. Το κυριότερο μειονέκτημα των κραμάτων αυτής της σειράς είναι η μειωμένη αντοχή εν θερμώ, έτσι, η θερμοκρασία χρήσης τους παραμένει χαμηλή (έως 120°C). Τα κράματα αλουμινίου της σειράς 7000 χρησιμοποιούνται, κυρίως, στην κατασκευή δομικών στοιχείων αεροσκαφών και τμημάτων κατασκευών που υφίστανται

ισχυρή καταπόνηση, όπου απαιτούνται υψηλή μηχανική αντοχή και αντοχή σε διάβρωση.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

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 ρωγματώσεων 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.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες τήξης των κραμάτων του αλουμινίου, επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση των καλουπιών χύτευσης που πραγματοποιείται με τρεις τρόπους:

- **Χύτευση σε άμμο.** Η μέθοδος εφαρμόζεται για την παραγωγή μικρής ποσότητας ομοίων χυτών αντικειμένων, πολύπλοκων εξαρτημάτων ή αντικειμένων ιδιαίτερης δομής .

- **Χύτευση σε μεταλλικό τύπο.** Το κράμα χυτεύεται με τη βοήθεια της βαρύτητας ή χαμηλής πίεσης. Με τη μέθοδο αυτή, τα παραγόμενα χυτά παρουσιάζουν μικρότερο πορώδες σε σύγκριση με την προηγούμενη μέθοδο χύτευσης. Ωστόσο, η μέθοδος αντενδείκνυται στην περίπτωση κατασκευής εξαρτημάτων, εργαλείων ή αντικειμένων πολύπλοκης γεωμετρίας .

- **Χύτευση υπό πίεση.** Με τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται λεπτόκοκκα χυτά, με λείες επιφάνειες και γεωμετρική ακρίβεια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.24. Μέσες τιμές μηχανικών ιδιοτήτων και χρήσεις, χαρακτηριστικών κραμάτων αλουμινίου, που παράγονται με διάφορες τεχνικές χύτευσης.

ΚΡΑΜΑ	ΤΕΧΝΙΚΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΧΡΗΣΕΙΣ
		$\sigma_{0,2}$ (MPa)	σ_{TS} (MPa)	ϵ (%)	
208.0-F	Σε άμμο	97	145	2,5	Για γενικές χρήσεις.
242.0-T21	Σε άμμο	125	185	1	
242.0-T571	Σε άμμο	205	220	0,5	Για την κατασκευή βαλβίδων,
242.0-T77	Σε άμμο	160	275	2	κυλινδροκεφαλών αυτοκινήτων,
242.0-T571	Σε μεταλλικό τύπο	235	205	1	εμβόλων, κλπ.
242.0-T61	Σε μεταλλικό τύπο	290	325	0,5	
295.0-T4	Σε άμμο	110	220	5	Για προϊόντα υψηλής αντοχής.
295.0-T6	Σε άμμο	165	250	2	
308.0-F	Σε μεταλλικό τύπο	110	195	2	Για γενικές χρήσεις.
319.0-F	Σε άμμο	125	185	2	Για τμήματα μηχανών
319.0-T6	Σε μεταλλικό τύπο	130	235	2,5	
	Σε άμμο	165	250	2	
	Σε μεταλλικό τύπο	185	280	3	
355.0-T6	Σε άμμο	175	240	3	Για την κατασκευή τμημάτων
355.0-T7	Σε μεταλλικό τύπο	190	290	4	μηχανών, αντλιών, πλαισίων
	Σε άμμο	250	265	0,5	στροφάλων, ζαντών τροχών
	Σε μεταλλικό τύπο	210	280	2	αυτοκινήτων, μουσικών οργάνων, κλπ.
356.0-T6	Σε άμμο	165	230	3,5	
	Σε μεταλλικό τύπο	185	265	5	
356.0-T7	Σε άμμο	210	235	2	
	Σε μεταλλικό τύπο	165	220	6	
360.0-F	Υπό πίεση	170	325	3	Όπως τα 355.0 και 356.0.
380.0-F	Υπό πίεση	165	330	3	Όπως τα 355.0 και 356.0.
413.0-F	Υπό πίεση	140	300	2,5	Για την κατασκευή μεγάλων χυτών, πολύπλοκης γεωμετρίας & μικρού πάχους, όπου απαιτείται υψηλή α-

Τα κράματα χύτευσης περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες στοιχείων κραμάτωσης, απ'ό,τι τα κράματα διαμόρφωσης. Τα στοιχεία αυτά σχηματίζουν ευτηκτικά, μειώνοντας έτσι, τις θερμοκρασίες χύτευσης. Τα κυριότερα κράματα χύτευσης του αλουμινίου είναι:

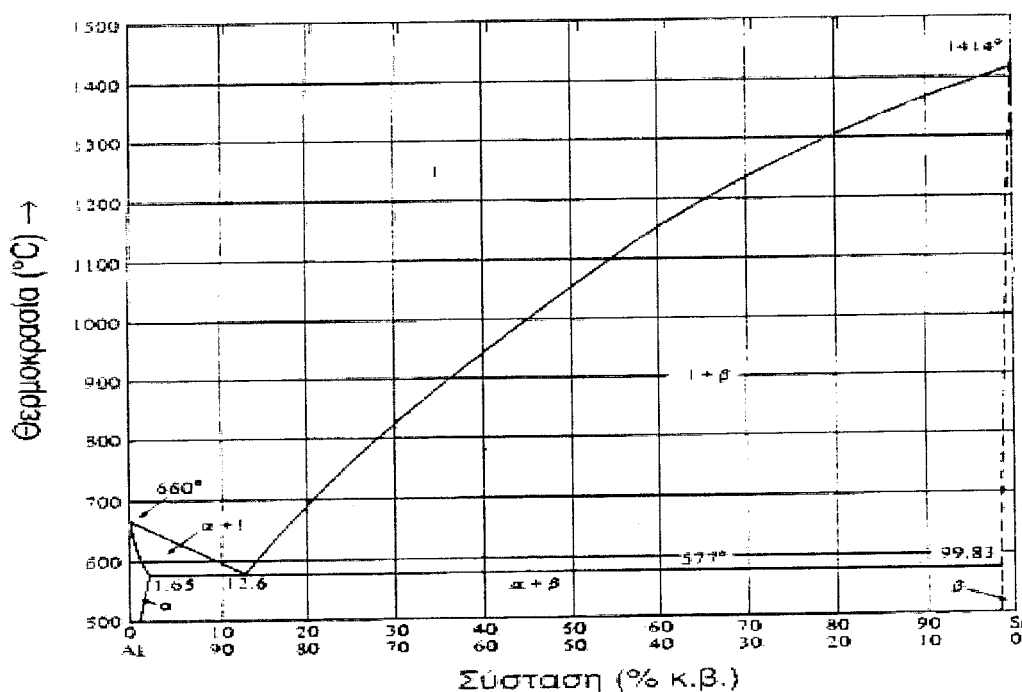
• **Κράματα αλουμινίου της σειράς 2XX.X**

Πρόκειται για κράματα Al-Cu, τα οποία χρησιμοποιούνται, πλέον, σπάνια, λόγω

της χαμηλής μηχανικής τους αντοχής και της κακής αντοχής σε διάβρωση .

• Κράματα αλουμινίου της σειράς 3XX.X

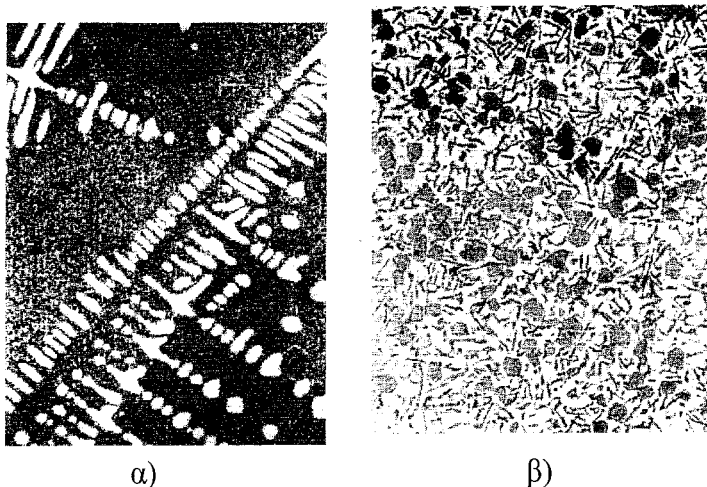
Πρόκειται για κράματα Al-Si, κράματα Al-Si-Mg και κράματα Al-Si-Cu. Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα είναι τα πρώτα. Αυτά περιέχουν πυρίτιο, σε ποσοστό 5-20%, αν και τις περισσότερες φορές προτιμούνται αυτά που έχουν ευτηκτική ή υποευτηκτική σύσταση (σχήμα 15.36), όπως για παράδειγμα το κράμα ALPAX, με 13%Si. Τα κράματα αυτά χυτεύονται εύκολα και έχουν καλή αντοχή σε διάβρωση.



ΣΧΗΜΑ 15.36. Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων, για το διμερές σύστημα Al-Si.

Προσθήκη Mg, σε ποσοστό 0,3-1%, ή Cu, σε ποσοστό 3-5%, βελτιώνει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων Al-Si. Κράματα Al-Si-Cu, η περιεκτικότητα των οποίων σε Si είναι γειτονική της ευτηκτικής σύστασης (12,7% Si), παρουσιάζουν καλή συμπεριφορά εν θερμώ και χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εμβόλων στις μηχανές εσωτερικής καύσης.

Η ρύθμιση των ιδιοτήτων των κραμάτων αυτών επιτυγχάνεται με συνδυασμό διαφόρων μηχανισμών: με τη δημιουργία στερεού διαλύματος, α φάσης, με τη διασπορά φάσης β και με τη ρύθμιση των συνθηκών στερεοποίησης (επίδραση στο μέγεθος των κόκκων και στο είδος των σχηματιζόμενων ευτηκτικών). Βιομηχανικά, η εκλέπτυνση των κόκκων γίνεται με την προσθήκη TiB_2 , ενώ η μεταβολή των ευτηκτικών, με προσθήκη Na, με τη μορφή NaF, ή Sr.



ΣΧΗΜΑ 15.37. (α) Μικροδομή ALPAX, δενδρίτες στερεού διαλύματος, φάσης α, μέσα στο ευτηκτικό Al-Si (X35). (β) Μικροδομή κράματος Al-20%Si-3,5%Cu. Διακρίνονται μικροί κρύσταλλοι Si ομογενώς διασκορπισμένοι μέσα στο ευτηκτικό Al-Si (X75).

• Κράματα αλουμινίου της σειράς 5XX.X

Πρόκειται για κράματα Al-Mg. Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι η εξαιρετική τους αντοχή σε θαλάσσιο περιβάλλον, -στην ατμόσφαιρα ή μέσα σε θαλασσινό νερό. Έχουν καλή κατεργασιμότητα, αλλά μέτρια χυτευσιμότητα .

• Κράματα αλουμινίου της σειράς 7XX.X

Πρόκειται για κράματα Al-Zn και κράματα Al-Zn-Mg. Αυτά

χυτεύονται δύσκολα, αλλά έχουν καλή αντοχή σε διάβρωση. Επιπλέον, υφίστανται φυσική γήρανση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, γι' αυτό και οι μηχανικές τους ιδιότητες λαμβάνουν τη μέγιστη τιμή τους μετά από 1 μέχρι 2 μήνες. Η ταχύτητα απόψυξης λίγο επηρεάζει τις μηχανικές τους ιδιότητες, οι οποίες παραμένουν σταθερές σε όλο το πάχος των χυτών αντικειμένων.

ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

ΓΕΝΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε, το μαγνήσιο, με πυκνότητα $1,7\text{g/cm}^3$, ανήκει στην κατηγορία των ελαφρών μετάλλων. Κρυσταλλώνεται στο μέγιστης πυκνότητας εξαγωνικό σύστημα (με $c/a=1,62$) και, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε συνθήκες εφελκυσμού, έχει τρία συστήματα ολίσθησης, είναι, άρα, ελάχιστα όλκιμο και μορφοποιείται δύσκολα. Σε συμπίεση, η πλαστική παραμόρφωση υποβοηθάται από φαινόμενα διδυμίας. Πάνω από τους 200°C , επειδή ενεργοποιούνται και άλλα συστήματα ολίσθησης, το μέταλλο εμφανίζει καλύτερη κατεργασιμότητα σε έλαση, σφυρηλάτηση και συρματοποίηση. Η ηλεκτρική του αγωγιμότητα φτάνει το 60% εκείνης του χαλκού, ενώ έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα. Η μηχανική του αντοχή είναι πολύ χαμηλή για τις απαιτήσεις των μηχανολογικών εφαρμογών και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται μόνον υπό τη μορφή των κραμάτων του. Στις συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες, το μαγνήσιο έχει καλή αντοχή σε διάβρωση, λόγω της δημιουργίας προστατευτικού στρώματος οξειδίου στην επιφάνειά του, το οποίο, όμως, καταστρέφεται παρουσία αλάτων.

Τα κράματα μαγνησίου έχουν, επίσης, μικρή πυκνότητα, γι' αυτό βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην αεροναυπηγική. Σε σχέση με τα κράματα αλουμινίου, έχουν μικρότερη πυκνότητα και χαμηλότερη μηχανική αντοχή, ωστόσο η ειδική μηχανική τους αντοχή (σ/ρ), είναι, γενικά, υψηλότερη. Έχουν, επίσης, καλύτερη κατεργασιμότητα και συγκολλησιμότητα, αλλά η αντοχή τους σε κόπωση, ερπυσμό και διάβρωση είναι μικρότερη.

Τα κύρια στοιχεία κραμάτωσης του μαγνησίου είναι το μαγγάνιο, το αλουμίνιο, ο ψευδάργυρος, το ζirkόνιο, το θόριο και ο άργυρος. Η σκλήρυνση επιτυγχάνεται με τη δημιουργία στερεού διαλύματος ή με κατακρήμνιση. Προσθήκη αλουμινίου οδηγεί σε σκλήρυνση λόγω κατακρήμνισης και γήρανσης, λόγω της κατακρήμνισης της ένωσης $Mg_{17}Al_{12}$. Ο ψευδάργυρος, το ζirkόνιο και το θόριο, προκαλούν, επίσης, σκλήρυνση, λόγω κατακρήμνισης των φάσεων που σχηματίζουν με το μαγνήσιο. Τα κράματα αυτά παρουσιάζουν υψηλή αντοχή μέχρι τους $427^{\circ}C$, περίπου.

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

Για την κωδικοποίηση των κραμάτων μαγνησίου, το σύστημα ASTM έχει υιοθετήσει ονομασίες που περιλαμβάνουν γράμματα και αριθμούς:

(α) Τα δύο πρώτα γράμματα αναφέρονται στα δύο κύρια στοιχεία προσθήκης και ακολουθούνται από δύο αριθμούς, ενδεικτικούς των ποσοστών, με τα οποία τα στοιχεία αυτά μετέχουν στο κράμα. Οι συμβολισμοί των κραματικών στοιχείων είναι οι ακόλουθοι: A (για το Al), B (για το Bi), C (για το Cu), O (για το Cd), E (για τις σπάνιες γαίες), F (για τον Fe), H (για το Th), K (για το Zr), I (για το Be), M (για το Mn), N (για το Ni), P (για τον Pb), Q (για το As), R (για το Cr), S (για το Si), T (για τον Sn) και Z (για τον Zn).

Ακολουθεί ένα λατινικό γράμμα, από το A έως το Z, εκτός των I και O, το οποίο δηλώνει την υποκατηγορία του κράματος, προκειμένου να γίνει δυνατή η διάκριση κραμάτων, τα οποία έχουν ίδιο το πρώτο μέρος.

(β) Το πενταψήφιο μέρος του κωδικού που περιγράφηκε, χωρίζεται με παύλα με το δεύτερο μέρος του κωδικού, που αναφέρεται στην κατεργασία που έχει υποστεί το κράμα. Η κωδικοποίηση των κατεργασιών του μαγνησίου είναι ίδια με εκείνη του αλουμινίου.

Για παράδειγμα, το κράμα AZ81 A-T 4 έχει ως κύρια κραματικά στοιχεία το αλουμίνιο και τον Ψευδάργυρο, σε ποσοστά 8% και 1 %, αντίστοιχα. Αναφέρεται ως κράμα Mg-Al και έχει υποστεί θερμική κατεργασία ομογενοποίησης (T4).

HK31A-H24	205	260	8	Καλή συγκολλησιμότητα και ευκολία μορφοποίησης. Χρήση μέχρι τους 350°C. Επίπεδα αντικείμενα.
ZK60A-T5	285	350	11	Πολύ καλή κατεργασιμότητα προς προϊόντα υψηλής αντοχής, αλλά χωρίς δυνατότητα συγκόλλησης.
AZ63A-T6	120	230	5	Χύτευση σε άμμο. Καλή μηχανική αντοχή και δυσθραυστότητα.
EZ33A-T5	110	160	3	Χύτευση σε άμμο ή σε μόνιμο καλούπι. Καλή αντοχή έως τους 260°C
HK31A-T6	200	220	8	Χύτευση σε άμμο. Καλή αντοχή έως τους 350°C.
QE22A-T6	200	260	4	Χύτευση σε άμμο ή σε μόνιμο καλούπι. Υψηλή αντοχή.

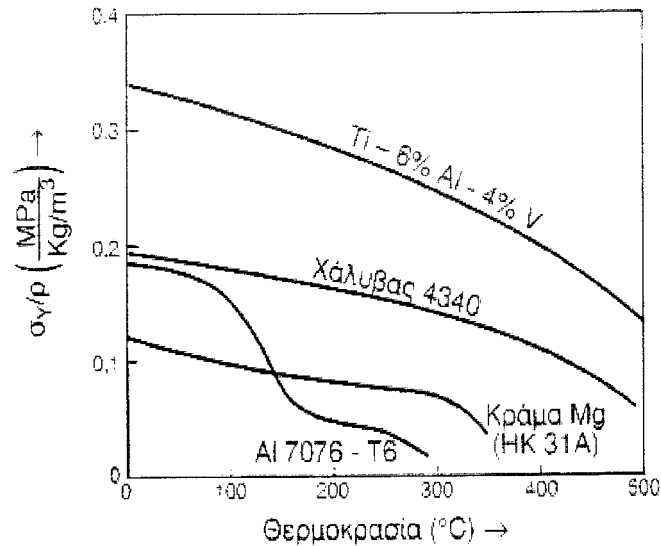
ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

ΓΕΝΙΚΑ

Η μεταλλουργική διαδικασία εξαγωγής του τιτανίου από ορυκτές πρώτες ύλες παρουσίαζε τεχνολογικές δυσκολίες, οι οποίες καθιστούσαν αντικονομική την αξιοποίησή του. Γι'αυτό το λόγο, η χρήση του σε μεταλλική μορφή, σε βιομηχανική φάση, άρχισε μόλις το 1950.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του Ti και των κραμάτων του, είναι:

- Η πυκνότητα του Ti ($4,54 \text{ g/cm}^3$) κείται μεταξύ αυτής του Al και του Fe. Ωστόσο, ο λόγος μηχανικής αντοχής/πυκνότητα του τιτανίου, είναι πολύ μεγαλύτερος εκείνου των άλλων μετάλλων (σχήμα 15.38).



ΣΧΗΜΑ 15.38. Μεταβολή του λόγου ορίου διαρροής/πυκνότητας, συναρτήσεως της θερμοκρασίας, για διάφορα βιομηχανικά κράματα.

- Η αντίσταση σε διάβρωση του Ti και των κραμάτων του είναι πολύ καλή, - καλύτερη και αυτής του ανοξείδωτου χάλυβα,- λόγω της δημιουργίας παθητικοποιημένου στρώματος TiO_2 , το οποίο παραμένει αναλλοίωτο μέχρι τους $535^\circ C$. Επίσης, το Ti είναι αδρανές σε χλωριούχες ενώσεις.

- Τα κράματα Ti παρουσιάζουν καλή μηχανική αντοχή, μέχρι τους $700^\circ C$.

- Τα κράματα Ti παρουσιάζουν καλή αντοχή σε θραύση σε χαμηλές θερμοκρασίες (μικρότερες των $0^\circ C$). Για παράδειγμα, το κράμα TA6V έχει υψηλή αντοχή μέχρι και θερμοκρασία $240^\circ C$, και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή δοχείων αποθήκευσης υγρών αερίων (He , H_2), υπό πίεση, σε εφαρμογές διαστημοπλοίων.

Λόγω των ιδιοτήτων αυτών, τα κράματα τιτανίου βρίσκουν ευρύτατη εφαρμογή στην αεροναυπηγική, στην αεροδιαστημική, στην προσθετική ιατρική και στη χημική βιομηχανία.

Στους $882^\circ C$, το τιτάνιο υφίσταται τον αλλοτροπικό μετασχηματισμό:

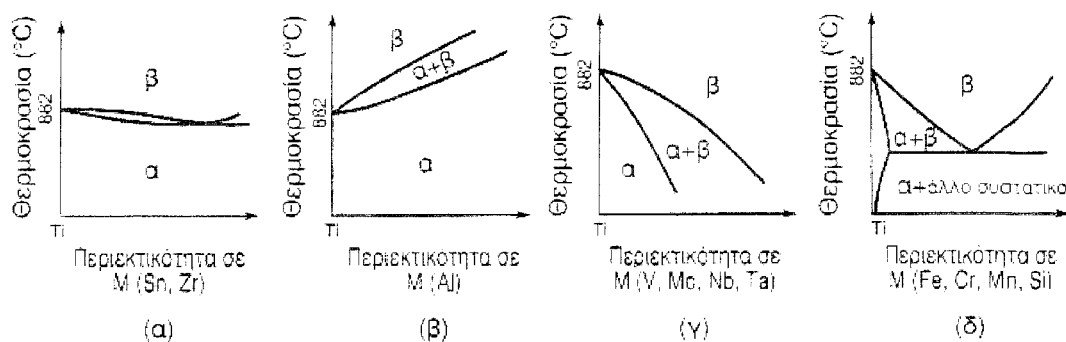
Ο μετασχηματισμός β~α είναι μαρτενσιτικού τύπου και δε συνδέεται με μηχανισμό πυρηνοποίησης και ανάπτυξης, όπως συμβαίνει στον αλλοτροπικό μετασχηματισμό του σιδήρου (γ -Fe~ α -Fe).

Υπενθυμίζουμε ότι, το μέγιστης πυκνότητας εξαγωνικό σύστημα, με λόγο c/a ίσο με 1,587, έχει πολλά συστήματα ολίσθησης, τόσο στα επίπεδα βάσης όσο και στα πλευρικά πρισματικά επίπεδα, γεγονός που προσδίδει στα μέταλλα που κρυσταλλώνονται σ'αυτό (μεταξύ των οποίων και το τιτάνιο), καλή ολκιμότητα σε όλες τις θερμοκρασίες και υψηλή αντοχή σε κόπωση.

Στοιχεία με άτομα μικρού μεγέθους, όπως: H, C, O και N,- καταλαμβάνουν θέσεις ένθεσης στο κρυσταλλικό πλέγμα του μετάλλου. Τα στοιχεία αυτά είναι περισσότερο διαλυτά στη φάση α , απ'ό,τι στη φάση β του τιτανίου και δεν είναι δυνατό να σχηματίσουν υπέρκορο στερεό διάλυμα, μετά από βαφή ώστε να οδηγήσουν σε σκλήρυνση του μετάλλου. Επίσης, ο σχηματισμός μεσομεταλλικών ενώσεων, -όπως είναι τα υδρίδια, τα καρβίδια κλπ, μειώνει σημαντικά τη δυσθραυστότητα και την ολκιμότητα του τιτανίου. Για τους παραπάνω λόγους, θα πρέπει να αποφεύγεται η παρουσία τους.

Τα στοιχεία προσθήκης διακρίνονται σε εκείνα που:

- Δεν επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αλλοτροπικού μετασχηματισμού, αλλά οδηγούν σε σκλήρυνση με τη δημιουργία στερεού διαλύματος. Τέτοια είναι το Zr και ο Sn (σχήμα 15.39α).
- Σταθεροποιούν τη φάση α και οδηγούν σε ανύψωση της θερμοκρασίας του αλλοτροπικού μετασχηματισμού. Τέτοια είναι το Al και τα στοιχεία παρεμβολής: C, O και N (σχήμα 15.39β).
- Σταθεροποιούν τη φάση β και οδηγούν σε μείωση της θερμοκρασίας του αλλοτροπικού μετασχηματισμού. Τέτοια είναι τα: ν , Mo, Nb και Ta (σχήμα 15.39γ), όπως και τα στοιχεία: Fe, Cr, Mn και Si τα οποία δημιουργούν ευτηκτικά συστατικά (σχήμα 15.39δ).



ΣΧΗΜΑ 15.39. Επίδραση διαφόρων στοιχείων προσθήκης στον αλλοτροπικό μετασχηματισμό του τιτανίου: (α) καμμία επίδραση, (β) ανύψωση της θερμοκρασίας του μετασχηματισμού, (γ) μείωση της θερμοκρασίας του μετασχηματισμού και (δ) δημιουργία ευτηκτικών συστατικών.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΤΙΤΑΝΙΟΥ

Τα κράματα του τιτανίου έχουν κωδικοποιηθεί σύμφωνα με διάφορα συστήματα, χωρίς, ωστόσο, να έχει υιοθετηθεί, ευρύτερα, κάποια κωδικοποίηση από τους ασχολούμενους με τα υλικά. Η πιο διαδεδομένη ονοματολογία των κραμάτων τιτανίου, περιλαμβάνει την αναφορά των κύριων στοιχείων προσθήκης και το ποσοστό, με το οποίο αυτά μετέχουν στο κράμα. Για παράδειγμα, το Ti-5Al-2,5Sn αποτελεί κράμα τιτανίου, με κύριες προσθήκες το αλουμίνιο και τον κασσίτερο, σε ποσοστά 5% και 2,5%, αντίστοιχα.

• Κράματα φάσης α

Τα κράματα αυτά περιέχουν, κυρίως, στοιχεία τα οποία ανυψώνουν τη θερμοκρασία του αλλοτροπικού μετασχηματισμού. Έχουν ικανοποιητική αντοχή σε ερπυσμό, -έως τους 350°C,- σε κόπωση και σε οξείδωση, -έως τους 1100°C,- γεγονός που επιτρέπει την εύκολη μορφοποίησή τους εν θερμώ και την καλή συγκολλησιμότητά τους. Ωστόσο, τα κράματα αυτά παραμορφώνονται δύσκολα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και δεν επιδέχονται θερμικές κατεργασίες.

• Κράματα κοντά στην α φάση

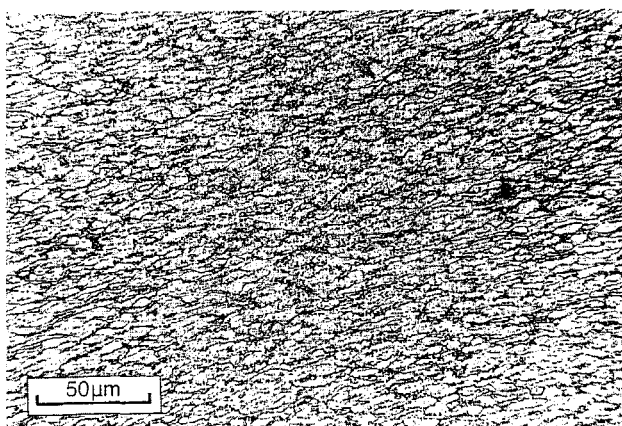
Τα κράματα αυτά αποτελούνται από φάση α, με μικρά ποσοστά φάσης β, σε διασπορά στη μάζα της α φάσης. Η δημιουργία των διασκορπισμάτων αυτών επιτυγχάνεται με μικρές προσθήκες (1-2%) στοιχείων, τα οποία

σταθεροποιούν τη φάση β. Τέτοια κράματα έχουν καλή αντοχή σε ερπυσμό και η θερμοκρασία λειτουργίας τους φθάνει τους 450-500°C.

• Διφασικά κράματα α+β

Είναι τα κράματα τιτανίου που βρίσκουν τις ευρύτερες εφαρμογές. Επιδέχονται θερμικές κατεργασίες σκλήρυνσης με κατακρήμνιση και γήρανση, οι οποίες προσδίδουν στο υλικό υψηλές μηχανικές αντοχές, χωρίς να ελαττώνουν την καλή του ολκιμότητα. Η αντίσταση σε ερπυσμό διατηρείται έως τους 450°C.

Το κράμα Τί-6ΑΙ-4ν (σχήμα 15.40) είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο, διότι συνδυάζει υψηλή αντοχή, σκληρότητα και συγκολλησιμότητα και κατεργασιμότητα. Μορφοποιείται εν θερμώ και παρουσιάζει την ιδιότητα της ευπλαστότητας ($\epsilon=700\%$).



ΣΧΗΜΑ 15.40. Μικροδομή TA6V, μετά από έλαση εν θερμώ.

• Κράματα φάσης β

Τα κράματα αυτά περιέχουν στοιχεία κραμάτωσης που σταθεροποιούν τη φάση β, προκαλούν, δηλαδή, ελάττωση της θερμοκρασίας του αλλοτροπικού μετασχηματισμού. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, παραμορφώνονται εύκολα. Η θερμοκρασία μετάβασής τους από την ψαθυρή στην όλκιμη συμπεριφορά είναι -60°C και η αντοχή τους σε ερπυσμό είναι καλή ως τους 300°C. Έχουν, όμως, κακή συγκολλησιμότητα και χαμηλή αντοχή σε κόπωση, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μορφοποίηση των κραμάτων αυτών γίνεται με διαμόρφωση εν ψυχρώ, στη μεταλλουργική κατάσταση μετά από ομογενοποίηση και βαφή. Εν συνεχεία, ακολουθεί γήρανση, μετά την οποία λαμβάνεται προϊόν υψηλής

αντοχής.

Πίνακας 15.26, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων και οι κύριες χρήσεις των τεσσάρων κατηγοριών κραμάτων του τιτανίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.26. Μέσες τιμές των μηχανικών ιδιοτήτων και κύριες χρήσεις των τεσσάρων κατηγοριών κραμάτων του τιτανίου.

ΤΥΠΟΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ	% Κ.β. ΜΕΣΗ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΚΥΡΙΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ
			$\sigma_{0.2}$ (MPa)	σ_{UTS} (MPa)	ϵ (%)	
Φάσης α	99,2 Ti		450	525	25	Κατασκευή τμημάτων μηχανών αεροσκαφών και τμημάτων πλοίων.
Φάσης α	Ti-5Al-2,5Sn	Ανόπτηση	800	900	20	Κατασκευή στοιχείων αεροσκαφών και τμημάτων αεροστροβίλων
Φάσης α	Ti-8Al-1 Mo-1 V	Ανόπτηση	950	1000	15	Κατασκευή ελίκων, πτερυγίων και δίσκων αεροτουρμπινών και συμπιεστών, Εξαρτημάτων ναυπηγικής και πτερυγίων ατμοστροβίλων.
$\alpha+\beta$	Ti-6Al-4v	Βαφή και επαναφορά	950	1000	15	Για επιταχυντήρες υψηλής αντοχής και για την κατασκευή συνθέτων υλικών τύπου κυψελίδας για την αεροναυπηγική.
$\alpha+\beta$	Ti-6Al-6v-2Sn	Βαφή και επαναφορά	1000	1100	14	
β	Ti-13v-11 Cr-3Al	Βαφή και επαναφορά	1200	1250	8	

ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΛΙΨΕΩΣ

Η δοκιμασία εφελκυσμού είναι η σπουδαιότερη από τις μηχανικές δοκιμασίες και αυτή που εφαρμόστηκε πρώτα. Για τη δοκιμασία του εφελκυσμού, δίνεται σε ειδικό μηχάνημα εφελκυσμού ένα κατάλληλο δοκίμιο από το δοκιμαζόμενο υλικό, Π.χ. από μαλακό χάλυβα. Το μηχάνημα αυτό έχει δυνατότητα *εφελκυσμού ή θλίψεως* του δοκιμίου. (*Εφελκυσμός* ονομάζεται η

καταπόνηση δοκιμίου, όταν οι εφαρμοζόμενες δυνάμεις P, που είναι ίσες και αντίθετες, ενεργούν κατά μήκος του άξονα του δοκιμίου, τείνουν δε να αυξήσουν το μήκος του. **Θλίψη** ονομάζεται η αντίθετη του εφελκυσμού καταπόνηση, δηλαδή όταν οι ίσες και αντίθετες δυνάμεις P τείνουν να ελαττώσουν το μήκος του δοκιμίου). Επίσης, πάνω στο δοκίμιο τοποθετείται ειδική συσκευή (μηκυνσιόμετρο), για την ακριβή μέτρηση της κάθε φορά παραμορφώσεώς του, όσο διαρκεί η δοκιμασία. Το μηχάνημα έχει ενδεικτικό όργανο μετρήσεως της εφαρμοζόμενης δυνάμεως εφελκυσμού ή θλίψεως.



Δοκίμιο εφελκυσμού.

Κατά τη δοκιμασία του εφελκυσμού, σε κάθε τιμή της εφαρμοζόμενης δυνάμεως εφελκυσμού, που μετράται από το ειδικό όργανο, αντιστοιχεί και ορισμένη επιμήκυνση, η οποία μετράται από το μηκυνσιόμετρο. Από τις μετρούμενες τιμές της δυνάμεως εφελκυσμού και της επιμηκύνσεως μπορούμε να χαράξουμε το λεγόμενο **διάγραμμα εφελκυσμού** του δοκιμαζόμενου υλικού για το τυποποιημένο δοκίμιο που χρησιμοποιήσαμε.

Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος εφελκυσμού τοποθετείται η λεγόμενη **παραμόρφωση** (ειδική επιμήκυνση) ($\epsilon\%$), που δίνεται από τη σχέση:

$$\epsilon = (l - l_0) / l_0 \cdot 100 \quad (\%)$$

όπου: l_0 είναι το μήκος δοκιμής του δοκιμίου σε mm είναι το μήκος αυτό μετά την εφαρμογή της δυνάμεως εφελκυσμού P

Η παραμόρφωση είναι η αύξηση του μήκους το δοκίμιο ανά μονάδα μήκους δοκιμής. Στον κατακόρυφο άξονα του διαγράμματος τοθετούμε τη

λεγόμενη τάση εφελκυσμού σ , δηλαδή τη δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας της αρχικής διατομής του δοκιμίου, η οποία δίνεται από την σχέση:

$$\sigma = P/F_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

όπου: P σε N είναι η δύναμη εφελκυσμού και F_0 σε mm^2 είναι η αρχική διατομή του δοκιμίου.

Μελετώντας το διάγραμμα εφελκυσμού μαλακού χάλυβα που, όπως είπαμε, κατασκευάζεται από πειραματικά δεδομένα, παρατηρούμε τα εξής:

α) Το τμήμα OA του διαγράμματος είναι ευθύγραμμο, πράγμα που σημαίνει ότι κατά μήκος του τμήματος αυτού η τάση εφελκυσμού σ είναι ανάλογη με την παραμόρφωση. Δηλαδή, για να προκληθεί διπλάσια Π.χ. παραμόρφωση, χρειάζεται η τάση εφελκυσμού να διπλασιασθεί. Αυτό εκφράζεται μαθηματικός με το γνωστό νόμο του Hooke:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Στον τύπο αυτό E σε N/mm^2 είναι το λεγόμενο *μέτρο ελαστικότητας* του υλικού του δοκιμίου. Αυτό είναι σταθερό για κάθε υλικό και επομένως, ανάλογα με το υλικό, παίρνει ορισμένη τιμή. Το μέτρο ελαστικότητας όλων των ειδών ελατού σιδήρου και χάλυβα κυμαίνεται μεταξύ $2 \cdot 10^5$ και $2,15 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$.

Η τάση που αντιστοιχεί στο σημείο A του διαγράμματος, ονομάζεται *όριο αναλογίας*, γιατί μέχρι αυτό το σημείο οι τάσεις είναι ανάλογες με τις παραμορφώσεις (νόμος του Hooke), και παριστάνεται ως σ_A' . Το όριο αναλογίας στην περίπτωση του μαλακού χάλυβα συμπίπτει πρακτικά με το όριο ελαστικότητας σ_E' . Ως όριο ελαστικότητας θεωρούμε την τάση εφελκυσμού μέχρι την οποία η παραμόρφωση είναι ελαστική. Αν δηλαδή αφαιρεθεί το φορτίο, το δοκίμιο επανέρχεται στην πριν από τη φόρτιση κατάστασή του ως προς τις διαστάσεις. Αυτό σημαίνει ότι δεν παρατηρείται

καμιά μόνιμη παραμόρφωση του δοκιμίου. Σε άλλα μέταλλα, κράματα ή υλικά γενικώς, μπορεί να μην συμπίπτουν τα όρια αναλογίας και ελαστικότητας.

β) Λίγο πιο πάνω από το όριο ελαστικότητας εμφανίζεται ξαφνική μόνιμη παραμόρφωση, χωρίς ουσιώδη μεταβολή της δυνάμεως εφελκυσμού, που εφαρμόζεται. Η τάση σ_{Δ} , στην οποία συμβαίνει αυτό, ονομάζεται **όριο διαρροής**. Πολλές φορές παρατηρείται ανωμαλία στην περιοχή του ορίου διαρροής, οπότε διακρίνομε δυο όρια διαρροής: το ανώτερο $\sigma_{\Delta\alpha}$ και το κατώτερο $\sigma_{\Delta\kappa}$.

γ) Μετά το όριο διαρροής, η αύξηση της τάσεως εφελκυσμού συνοδεύεται από έντονη αύξηση της παραμορφώσεως σε όλο το μήκος δοκιμής του δοκιμίου ομοιόμορφα. Η αύξηση αυτή είναι πλαστική (μόνιμη) κατά το μεγαλύτερο μέρος του δοκιμίου. Από το σημείο B του διαγράμματος και πέρα, το δοκίμιο αρχίζει να σχηματίζει **λαιμό** σε κάποια θέση. Ενώ δηλαδή η **τάση εφελκυσμού ελαττώνεται** (πτώση της καμπύλης), η **επιμήκυνση του δοκιμίου συνεχίζεται**, μέχρι που να θραυσθεί (σπάσει) το δοκίμιο (σημείο Θ του διαγράμματος). Η πτώση της καμπύλης δεν σημαίνει ότι η αντοχή του δοκιμίου σε εφελκυσμό ελαττώθηκε, αντίθετα αυξήθηκε, γιατί το δοκίμιο υφίσταται σκλήρωση (κράτυνση). Η πτώση αυτή εξηγείται από το ότι η τάση εφελκυσμού υπολογίζεται με βάση την αρχική διατομή του δοκιμίου [σχέση (2)] και όχι με βάση την ελάχιστη διατομή, λόγω της δημιουργίας του λαιμού.

Από το πείραμα του εφελκυσμού, όπως το περιγράψαμε, μέχρι τη θραύση του δοκιμίου προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη, που χαρακτηρίζουν τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού του δοκιμίου:

- Το μέτρο ελαστικότητας (όπως ήδη έχει ορισθεί).
- Το όριο διαρροής (όπως ήδη έχει ορισθεί).
- Η μέγιστη αντοχή σ_B , που ορίζεται ως η μέγιστη τάση εφελκυσμού, που αναπτύχθηκε στο υλικό πριν από την πρώτη και που μετράται σε N/mm^2 . Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιείται η αρχική διατομή του δοκιμίου F_0 .

- Η τάση θραύσεως, που ορίζεται ως το πηλίκο του φορτίου θραύσεως (του σημείου Θ) δια της αρχικής διατομής F_0 και που μετράται σε N/mm^2 .

- Η εκατοστιαία παραμόρφωση θραύσεως A [%], που λαμβάνεται ως η πλαστική παραμόρφωση του δοκιμίου μέχρι τη θραύση. Το μέγεθος αυτό χαρακτηρίζει τη λεγόμενη **πλαστικότητα** του μετάλλου.

- Η εκατοστιαία στένωση της διατομής στη θραύση Σ (%), που εκφράζεται από τη σχέση:

$$\Sigma = (F_0 - F_e) / F_0 * 100 \quad (\%)$$

όπου: F_0 σε mm² η αρχική διατομή του δοκιμίου και F_e σε mm η ελάχιστη διατομή αυτού μετά τη θραύση.

Όπως θα δούμε στο μέρος της βιομηχανικής χρήσεως των μετάλλων και των κραμάτων, η γνώση όλων ή ορισμένων από τις μηχανικές ιδιότητές τους χρειάζεται στην πράξη, για να μπορέσουμε να τα χαρακτηρίσουμε.

Έχοντας σαν βάση το πείραμα του εφελκυσμού, διακρίνομε τα υλικά σε *συνεκτικά* και σε *ψαθυρά*. Συνεκτικά είναι εκείνα τα υλικά, για τα οποία το στάδιο της πλαστικής παραμορφώσεως, όπως φαίνεται στο διάγραμμα εφελκυσμού, είναι μακρύ. Ψαθυρά είναι εκείνα τα υλικά, για τα οποία συμβαίνει το αντίθετο. Συνεκτικό υλικό είναι ο μαλακός χάλυβας, ενώ ψαθυρά υλικά είναι το τσιμεντοκονίαμα, ο χυτοσίδηρος, ο λίθος (πέτρα) και άλλα.

Κατά τη δοκιμασία θλίψεως συνεκτικών υλικών παρατηρούνται περίπου τα ίδια, όπως και κατά τη δοκιμασία του εφελκυσμού. Η *παραμόρφωση θλίψεως* (ειδική βράχυνση) του δοκιμίου, στην περίπτωση αυτή, είναι και πάλι μέχρι ένα όριο ανάλογη με την αναπτυσσόμενη *τάση θλίψεως*. Το δοκίμιο συνήθως δεν θραύεται, αλλά παίρνει πεπλατυσμένο σχήμα, ενώ διαστέλλεται εγκάρσια. Η δοκιμασία θλίψεως έχει μεγάλη σημασία για τα ψαθυρά υλικά, που και στις εφαρμογές καταπονούνται κυρίως σε θλίψη. Κατά τη δοκιμασία θλίψεως των υλικών αυτών παρατηρούνται σοβαρές αποκλίσεις συγκριτικά με το τι συμβαίνει κατά τη θλίψη συνεκτικών υλικών.

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Σκληρότητα μετάλλου ή κράματος, αλλά και οποιουδήποτε στερεού υλικού ονομάζεται η *αντίσταση*, την οποία αυτό παρουσιάζει στη διείδυση ξένου σώματος που πιέζεται, με κατάλληλο τρόπο, επάνω σ' αυτό. Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές μέθοδοι για τη μέτρηση της

σκληρότητας, όμως από αυτές σήμερα κυρίως χρησιμοποιούνται τέσσερις: η μέθοδος Brinell, η μέθοδος Vickers, η μέθοδος Rockwell και η μέθοδος Shore.

Η μέθοδος Brinell

Η δοκιμασία σκληρότητας κατά **Brinell** είναι η πιο γνωστή. Την επινόησε και τη χρησιμοποίησε για πρώτη φορά ο Σουηδός μηχανικός Johan **Brinell** το 1900.

Κατά τη δοκιμασία αυτή, μια βαμμένη (σκληρή) χαλύβδινη σφαίρα, που έχει τυποποιημένη διάμετρο, πιέζεται κάθετα επάνω στην επιφάνεια του δοκιμίου ή του τεμαχίου, του οποίου πρόκειται να μετρήσουμε τη σκληρότητα. Η επιβαλλόμενη δύναμη (φορτίο δοκιμασίας) είναι επίσης τυποποιημένη.

Η επιφάνεια του δοκιμίου λειαίνεται με λίμα και ύστερα με σμυριδόπανο.

Πιέζοντας τη σφαίρα επάνω στην επιφάνεια σχηματίζεται σφαιρική κοιλότητα, η οποία έχει τόσο μεγαλύτερη διάμετρο, όσο το υλικό είναι μαλακότερο, για το ίδιο όμως φορτίο δοκιμασίας.

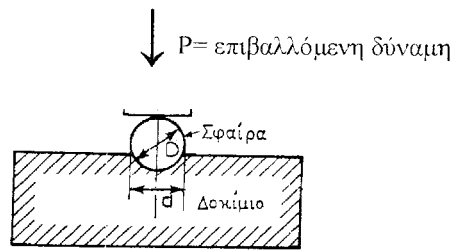
Η σκληρότητα κατά **Brinell** H_B , σε N/mm^2 ή σε βαθμούς **Brinell**, δίνεται από τη σχέση:

$$H_B = P/F \quad (N/mm^2)$$

όπου: P σε N είναι το φορτίο δοκιμασίας και F σε mm^2 είναι η επιφάνεια της σχηματιζόμενης κατά τη δοκιμασία σφαιρικής κοιλότητας.
Η επιφάνεια F προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$F = (\pi * D/2) * (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad (mm^2)$$

όπου: D και d σε mm είναι η διάμετρος της σφαίρας και της σφαιρικής κοιλότητας αντίστοιχα.



Διάταξη της δοκιμασίας σκληρότητας κατά **Brinell**.



Σκληρόμετρο για μέτρηση σκληρότητας κατά τη μέθοδο **Brinell** και **Vickers**

Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, η σκληρότητα κατά Brinell παριστάνει την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια επαφής σφαίρας - δοκιμίου.

Η δοκιμασία γίνεται με ειδικές μηχανές, που ονομάζονται **σκληρόμετρα**.

Για να αποφεύγουμε πολύπλοκους υπολογισμούς, η σκληρότητα δίνεται από πίνακες, που συντάσσονται με τυποποιημένες τιμές του φορτίου P και της διαμέτρου της σφαίρας D . Προηγουμένως όμως χρειάζεται να μετρηθεί σε μεγέθυνση η διάμετρος d του ίχνους της σφαίρας επάνω στην επιφάνεια.

Κατά τη δοκιμασία αυτή της σκληρότητας, για να έχουμε αξιόπιστα και συγκρίσιμα αποτελέσματα, ο λόγος P/D^2 έχει τυποποιηθεί (P σε Ν και D σε mm) για διάφορα υλικά όπως π.χ.

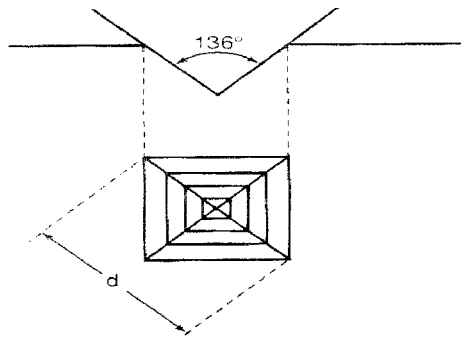
ΥΛΙΚΟ	Σταθερά P/D^2
Χάλυβας	300
Κράματα χαλκού	100
Χαλκός και κράματα αργιλίου	50
Μόλυβδος και κράματα κασσιτέρου	10

Η μέθοδος Vickers.

Κατά τη μέθοδο αυτή αντί για σφαίρα, όπως κατά τη μέθοδο Brinell, χρησιμοποιείται αδαμάντινη πυραμίδα με τετραγωνική βάση, η οποία όταν πιέζεται επάνω στο δοκίμιο δίνει όμοιες γεωμετρικές κοιλότητες για διαφορετικά όμως φορτία δοκιμασίας P .

Η κορυφή της αδαμάντινης πυραμίδας έχει γωνία 136° και το επιβαλλόμενο φορτίο μεταβάλλεται από 50 ως 1200 Ν. Η δοκιμασία εκτελείται σε σκληρόμετρο, όπως και η δοκιμασία κατά Brinell.

Η πυραμίδα πιεζόμενη αφήνει στην επιφάνεια του δοκιμίου τετραγωνική κοιλότητα, της οποίας μετράμε τη διαγώνιο με μικροσκόπιο που έχει και κατάλληλο όργανο μετρήσεως μήκους. Οι μετρήσεις της διαγωνίου του τετραγωνικού ίχνους της πυραμίδας μετατρέπονται σε σκληρότητα κατά Vickers H_v με τη βοήθεια πινάκων. Επειδή τα ίχνη της πυραμίδας στην επιφάνεια του δοκιμίου έχουν πολύ μικρές διαστάσεις, η μέθοδος αυτή είναι καλή (ενδείκνυται) για τη μέτρηση της σκληρότητας λείων και σκληρών επιφανειών.



ΣΧΗΜΑ 8.7. Γεωμετρία του ίχνους του διεισδυτή της μεθόδου Vickers.

Γενικά, η μέθοδος μετρήσεως της σκληρότητας κατά Vickers χρησιμοποιείται με ικανοποιητικά αποτελέσματα για σκληρά υλικά, ενώ η μέθοδος κατά Brinell για μαλακά υλικά.

Η μέθοδος Rockwell.

Η δοκιμασία αυτής της σκληρότητας γίνεται γρήγορα στο εργοστάσιο και με προσωπικό μη εξειδικευμένο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται απ' ευθείας στο κατάλληλο μετρητικό όργανο. Υπολογίζεται ότι μπορούν να εκτελεστούν 300 περίπου μετρήσεις αυτού του είδους κάθε μια ώρα.

Κατά τη δοκιμασία αυτή χρησιμοποιούνται δυο κλίμακες: η κλίμακα Rockwell B και η κλίμακα Rockwell C. Όταν χρησιμοποιείται η κλίμακα B, χαλύβδινη σφαίρα διαμέτρου 1/16 ίντσας πιέζεται επάνω στο δοκίμιο με συνολικό φορτίο 1000 N. Η κλίμακα αυτή εφαρμόζεται για τη μέτρηση της σκληρότητας μαλακών χαλύβων και σκληροτέρων μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων. Κατά τη χρησιμοποίηση της κλίμακας Rockwell C, αδαμάντινος κώνος με γωνία κορυφής 1200 πιέζεται επάνω στο τεμάχιο με συνολικό φορτίο 1500 N. Η κλίμακα αυτή εφαρμόζεται για τη μέτρηση της σκληρότητας σκληρών χαλύβων. Η δοκιμασία γίνεται ως εξής: Το τεμάχιο τοποθετείται επάνω στο τραπέζι του σκληρομέτρου και πιέζεται αρχικά η σφαίρα (κλίμακα B) ή ο κώνος (κλίμακα C) με προκαταρκτικό φορτίο 100 N.

Ύστερα μηδενίζεται το μετρητικό όργανο και εφαρμόζεται το κανονικό φορτίο, το οποίο μετά τη συμπίεση αφαιρείται και παραμένει το προκαταρκτικό φορτίο των 100 N, οπότε γίνεται και η μέτρηση της σκληρότητας κατά Rockwell. Μετά αφαιρείται το προκαταρκτικό φορτίο και το τεμάχιο αποσύρεται από το τραπέζι του σκληρομέτρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.4. Χαρακτηριστικά των διαφόρων κλιμάκων Rockwell.

ΚΛΙΜΑΚΑ	ΤΥΠΟΣ ΔΙΕΙΣΔΥΤΗ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ (kg)	ΧΡΗΣΗ
A	Κώνος	60	Πολύ σκληρά υλικά
B	Σφαίρα (1,5875 mm)	100	Ενδιάμεσες τιμές σκληρότητας, (π.χ. ανοιπημένοι χάλυβες, ορείχαλκοι)
C	Κώνος	150	Σκληροί χάλυβες, τιτάνιο
D	Κώνος	100	Λεπτου πάχους σκληροί χάλυβες
E	Σφαίρα (3,175 mm)	100	Πολύ μαλακά υλικά (π.χ. κράματα Al και Mg, χυτοσιδηρος)
F	Σφαίρα (1,5875 mm)	60	Μαλακά υλικά (π.χ. ανοιπημένος Cu, μπρούντζος, Al)
L	Σφαίρα (6,35 mm)	60	Pb και πλαστικά
N	Κώνος	15/ 30/ 45	Λεπτά δείγματα

Η μέθοδος Shore.

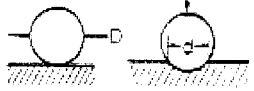

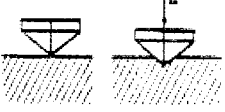

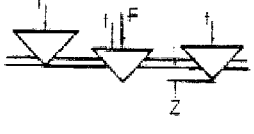

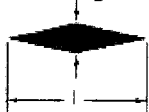
Μέχρι τώρα ασχοληθήκαμε με δοκιμασίες μετρήσεως σκληρότητας, κατά τις οποίες το τεμάχιο ή το δοκίμιο τοποθετείται στο τραπέζι του σκληρομέτρου, και με σφαίρα ή με πυραμίδα ή με κώνο δημιουργείται κοιλότητα στην επιφάνεια του τεμαχίου και στη συνέχεια προσδιορίζεται η σκληρότητα από τις διαστάσεις της κοιλότητας. Σε ορισμένες όμως

περιπτώσεις, το μέγεθος της κοιλότητας είναι απαράδεκτα μεγάλο για την καλή λειτουργία του τεμαχίου. Επίσης το τεμάχιο μπορεί να έχει πολύ μεγάλες διαστάσεις και να είναι αδύνατο να τοποθετηθεί στο τραπέζι του σκληρομέτρου (μήτρες σφυρηλασίας, οδοντωτοί τροχοί στροβίλων και άλλα).

Οι δυσχέρειες αυτές αποφεύγονται με τη δοκιμασία σκληρότητας κατά Shore. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, μικρή σφύρα με στρογγυλεμένη αδαμάντινη ακίδα, βάρους 1/12 της ουγγιάς, αφήνεται να πέσει ελεύθερα μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα επάνω στην επιφάνεια του τεμαχίου, που μετράμε, από ύψος 10 in. Τότε μετράμε το ύψος, στο οποίο αναπηδάει η σφύρα, σε κλίμακα βαθμονομημένη σε 140 ίσες υποδιαιρέσεις, που είναι τοποθετημένη πίσω από το σωλήνα.

Το ύψος αναπηδήσεως της σφύρας είναι μεγαλύτερο για τα σκληρότερα υλικά. Δεν μένει κανένα ίχνος στο τεμάχιο μετά τη δοκιμασία. Τυπικοί βαθμοί σκληρότητας κατά Shore για σκληρούς χάλυβες είναι 95 ως 100 και για μαλακούς 22 ως 25.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3. Χαρακτηριστικά των κυριότερων μεθόδων μέτρησης της σκληρότητας.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΤΗ	ΦΟΡΤΙΟ (F)	ΑΡΧΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ
Brinell	Σφαίρα σκληρού χάλυβα ή καρβιδίου με διάμετρο 10mm	500 ή 3000kg		Διάμετρος αποτυπώματος (d)	$HB = \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$
Vickers	Πυραμίδα διαμαντιού τετραγωνικής βάσης με γωνία κορυφής 136° 	σκληρομέτρηση 5-100kg μικροσκληρομέτρηση 5-1000g		Διαγώνιος αποτυπώματος (d)	$HV = \frac{1,854 F}{d^2}$
Rockwell C	Κώνος διαμαντιού με γωνία κορυφής 120° 	προφόρτιση (f) 10kg φόρτιση (F) 150kg		Βάθος αποτυπώματος (z)	$HRC = f(z)$
Rockwell B	Σφαίρα σκληρού χάλυβα με διάμετρο 1,59mm	προφόρτιση (f) 10kg φόρτιση (F) 100kg	Ιδια αρχή με την Rockwell C	Βάθος αποτυπώματος (z)	$HRB = f(z)$
Knoop	Πυραμίδα από διαμάντι  l/b = 7,11 b/t = 4,00	5-1000g	Ιδια αρχή με την Vickers	Διαγώνιος αποτυπώματος (l) 	$KHN = \frac{14,2 F}{l^2}$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στο πειραματικό μέρος ασχοληθήκαμε με το πρακτικό μέρος της εργασίας μας. Αρχικά με τη κατασκευή χαλύβδινου διαιρουμένου καλουπιού με σκοπό τη χύτευση δοκιμίων κράματος αλουμινίου- χαλκού. Έπειτα σε κατάλληλο κλίβανο χύτευσης θερμάναμε τα δυο μέταλλα με στόχο την δημιουργία κράματος σε περιεκτικότητες 1% , 2% , 5% , 10% , 20% , 50% ,80% Cu στο AL .Για την μελέτη τους χρειάστηκε ο τεμαχισμός τους σε μικρότερα δοκίμια για την πιο εύκολη μελέτη τους.

Στη συνέχεια έγινε κατασκευή ρητινών στις οποίες τοποθετήσαμε μέσα τα κομμένα δοκίμια.. Στη νέα μορφή εφαρμόσαμε τη μέθοδο λείανσης σε ειδικό λειαντικό μηχάνημα. Μετά την κατεργασία αυτή προσβάλλαμε τα δοκίμια με υγρό kellers το οποίο μας επέτρεψε να παρατηρήσουμε σε ειδικό μικροσκόπιο την δομή καθώς και τη μορφολογία αυτών .Στο τέλος έγινε και ποιοτικός έλεγχος με την βοήθεια μικροσκληρόμετρου.(σημείωση : οι χυτεύσεις έγιναν με απουσία αναδευτήρα)

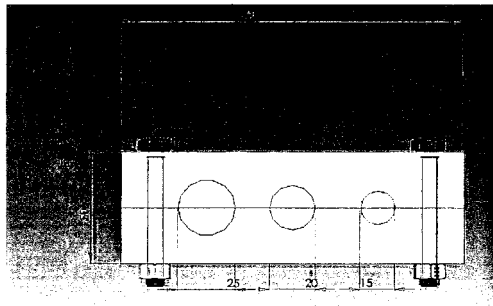
Στην συνέχεια θα γίνει μια λεπτομερής αναφορά του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μας. Αναφορές θα γίνουν :

- **Στο σχεδιασμό- κατασκευή του καλουπιού**
-
- **Στο τρόπο κατασκευής δοκιμίων**
- **Στο τρόπο τεμαχισμού των δοκιμίων**
- **Στο τρόπο δημιουργίας ρητινών**
- **Στο τρόπο λείανσης των δοκιμίων**

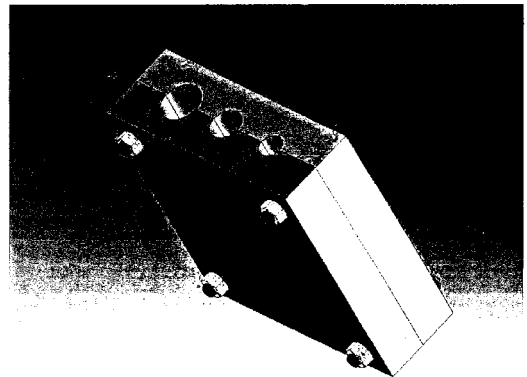
- Στο σχηματισμό και προσβολή δοκιμίων με υγρό kellers
- Την παρατήρηση της μορφολογίας και δομής με μικροσκόπιο
- Τη μέθοδο σκληρομετρησης
- Παρατηρήσεις – σχόλια

(Α) Σχεδιασμός – κατασκευή καλουπιού.

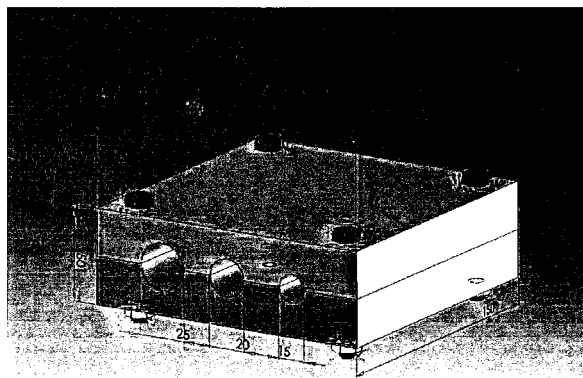
Αρχικά έγινε σχεδιασμός του καλουπιού στο σχεδιαστικό πρόγραμμα SOLIDWORKS , για να πάρουμε μια πρώτη εικόνα του .



(α)

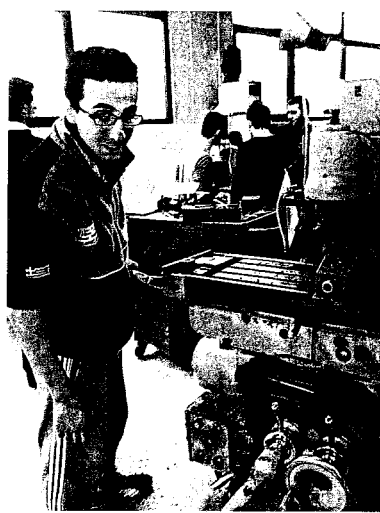


(β)

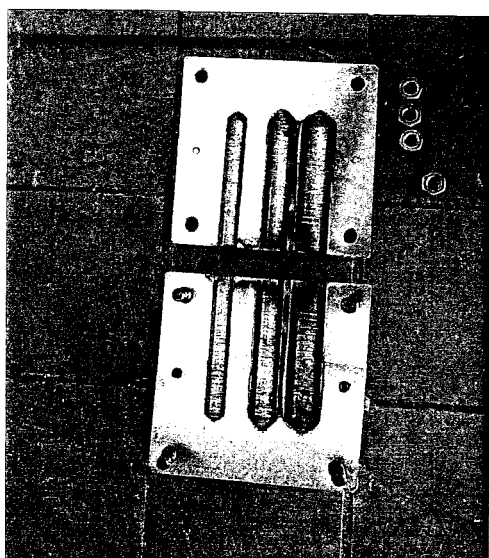


(γ)

Επιλέξαμε χαλύβδινες πλάκες (ST 37) τις οποίες με ειδική κατεργασία. φρεζάρισμα ,διάτρηση , λείανση πετύχαμε το επιθυμητό αποτέλεσμα



Κατεργασία φρεζαρίσματος στις 300rpm και κατεργασία λείανσης στις 1450rpm .



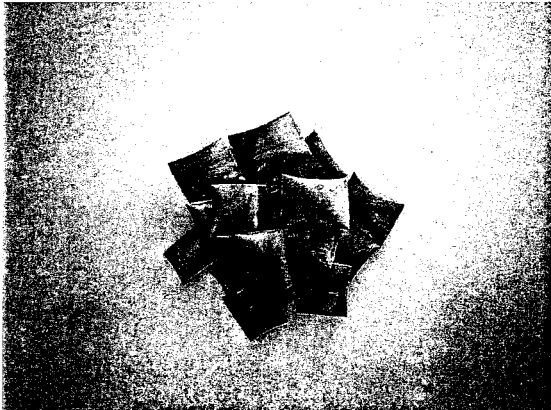
Διαιρούμενο καλούπι



Τελική μορφή καλουπιού

(B) Κατασκευή δοκιμίων

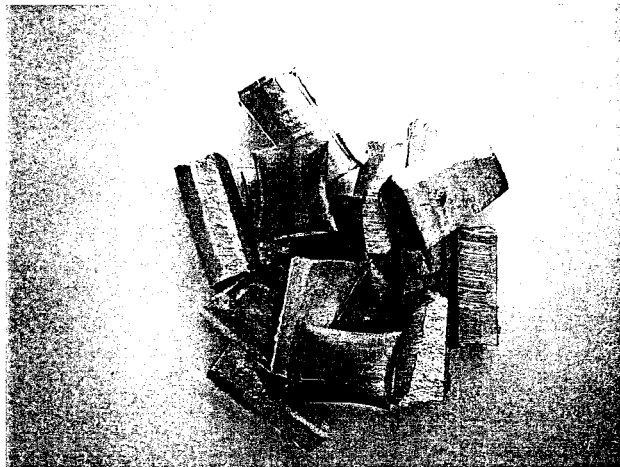
Τα μέταλλα που χρησιμοποιήσαμε ήταν Al (99.8%) και Cu (99.9%) , για την δημιουργία κραμάτων AL –Cu στις περιεκτικότητες : 1% , 2% , 5% , 10% , 20% , 50% ,80% Cu στο AL .



Χαλκός



Αλουμίνιο

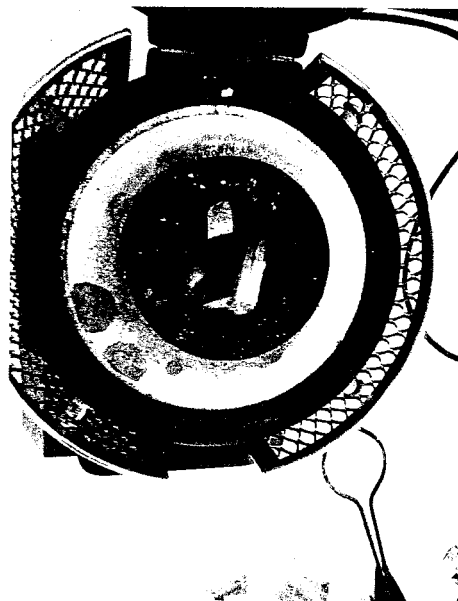


Αναλογία χαλκού αλουμινίου

Έπειτα ζυγίσαμε τα μέταλλα σε ζυγαριά ακριβείας για να έχουμε τις σωστές αναλογίες κατά βάρος.

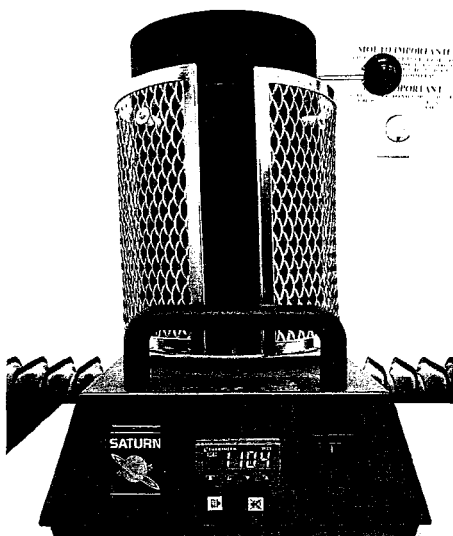


Ζυγαριά

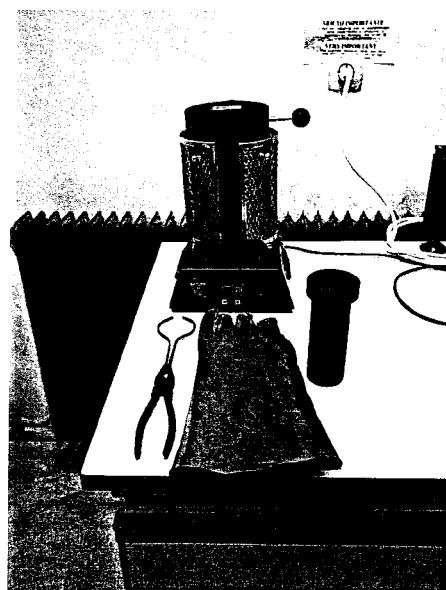


Μέταλλα μέσα στο κλίβανο

Το επόμενο βήμα ήταν η τήξη των μετάλλων σε ειδικό εργαστηριακό κλίβανο χυτηρίου με Θ_{\max} 1110 °C . Πληροφορικά η θερμοκρασία τήξης Al είναι στους 660 °C και του Cu στους 1085 °C .

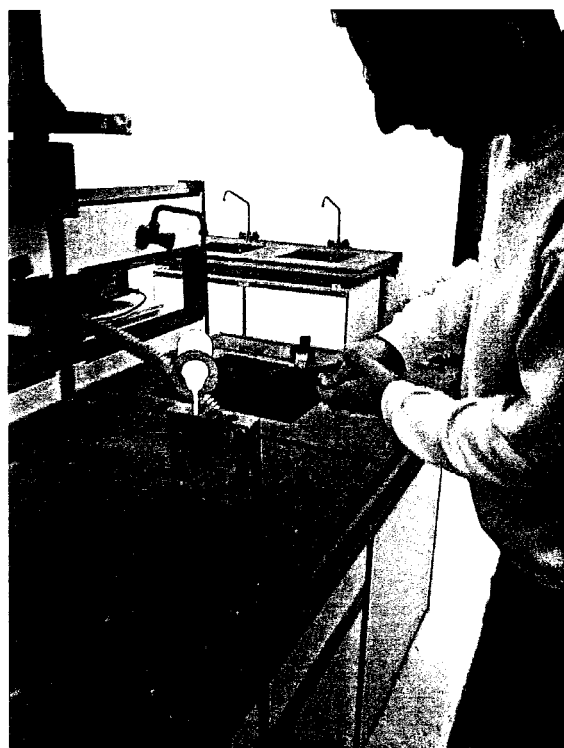


Κλίβανος

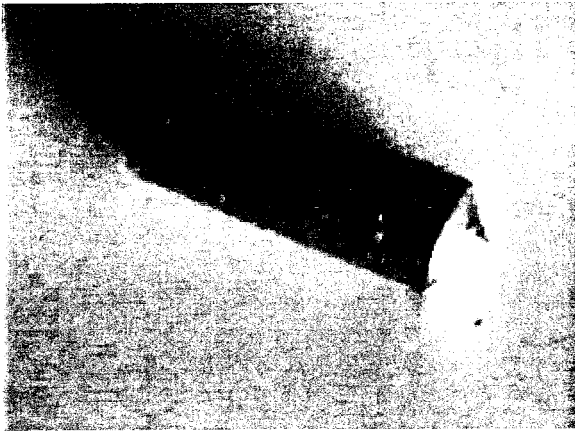


Παρελκόμενα κλιβάνου :
μποτάς , γάντια , λαβίδα

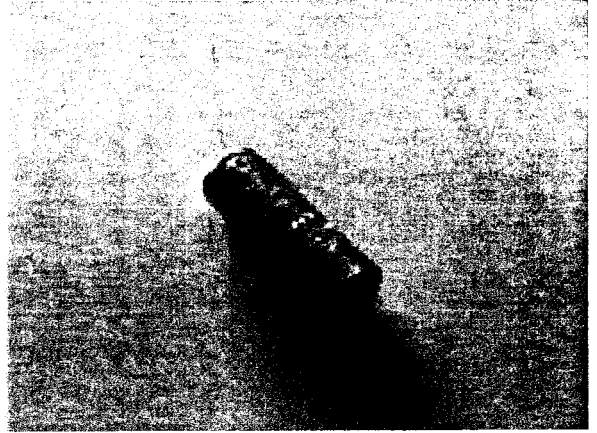
Στη συνέχεια έγινε η χύτευση στο ειδικά διαμορφωμένο καλούπι και πήραμε δοκίμια διαμέτρων 15 , 20 , 25 mm



Χυτεύσεις



(α)



(β)

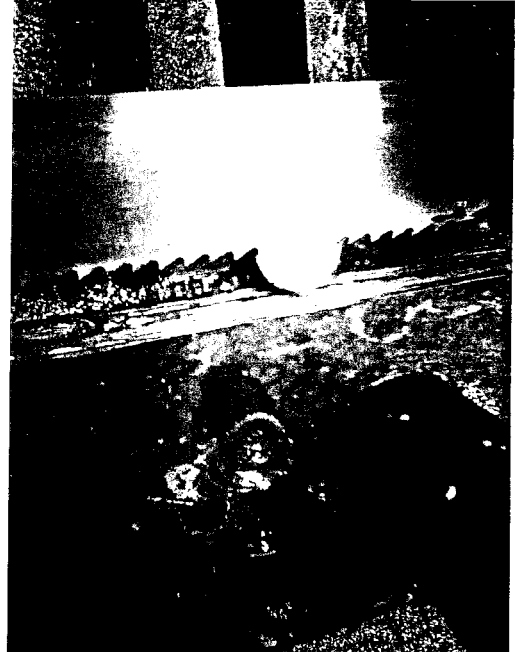
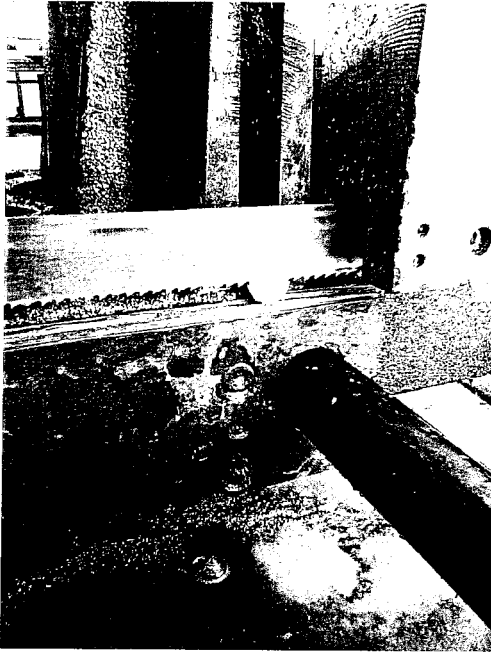


(γ)

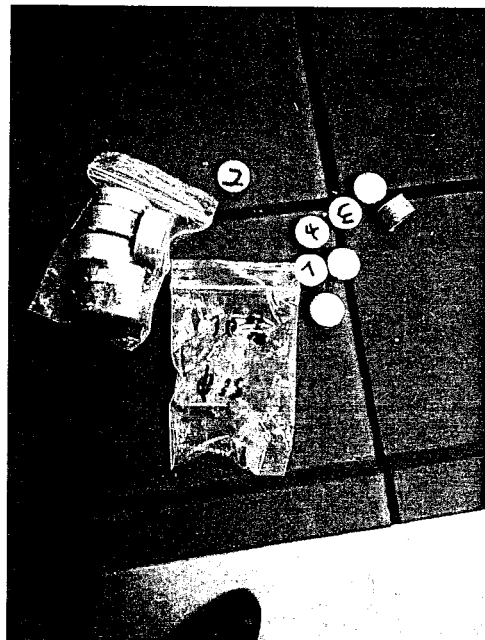
Τελική μορφή δοκιμίων

(Γ) Κοπή δοκιμίων

Για την πιο εύκολη παρατήρηση των δοκιμίων έγινε τεμαχισμός των τεμαχίων σε πριονοκορδέλα.

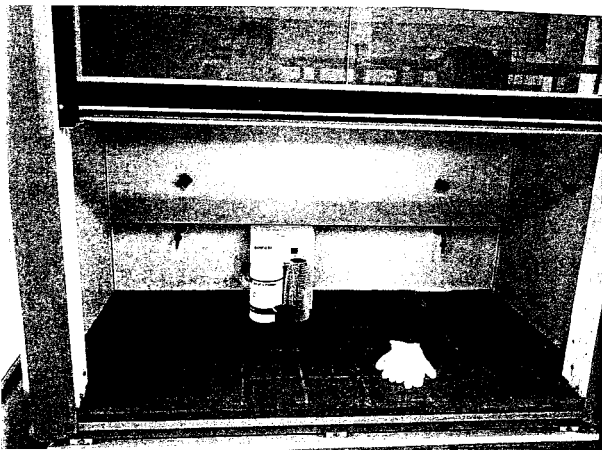


Έπειτα έγινε αρίθμηση τεμαχίων κατά αύξων αριθμό από τη βάση του δοκιμίου προς την κορυφή.

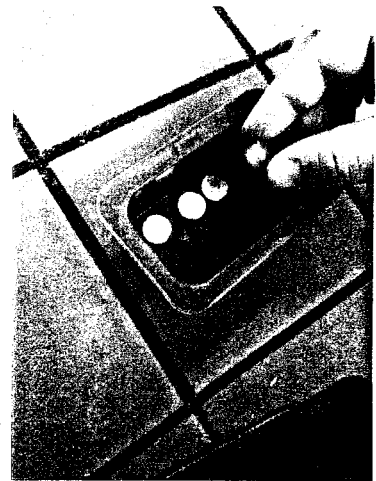


(δ) Τρόπος δημιουργίας ρητινών

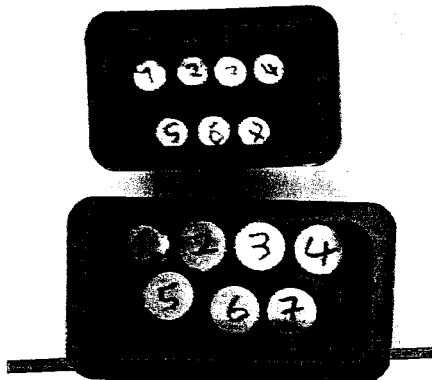
Για την πιο εύκολη μελέτη των κομματιών χρειάστηκε να εμβαπτιστούν σε ρητίνη μέσα σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια. Για την δημιουργία χρειάστηκε η ανάμειξη της ρητινούχας σκόνης με ένα ισχυρό διαλύτη με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας, σε ειδικό κλειστό χώρο με εξαερισμό και φωτισμό, κατάλληλος για την περίπτωση λόγω της βλαβερότητας των αερίων που εκλύονται κατά τον σχηματισμό της ένωσης.



Ειδικός κλωβός



τοποθέτηση δοκιμίων

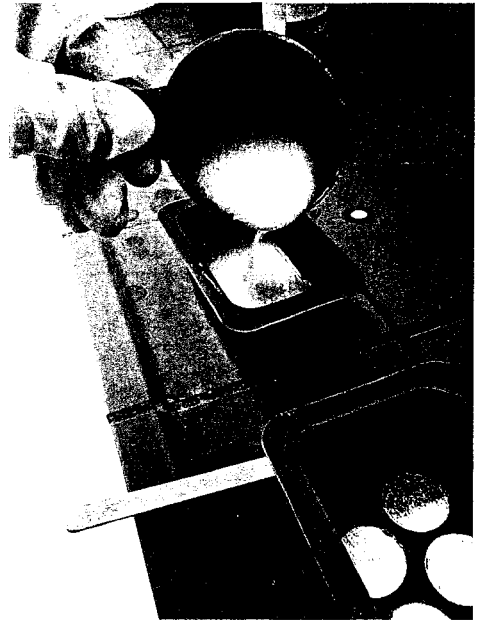


Τοποθετημένα δοκίμια κατά αύξων αριθμό





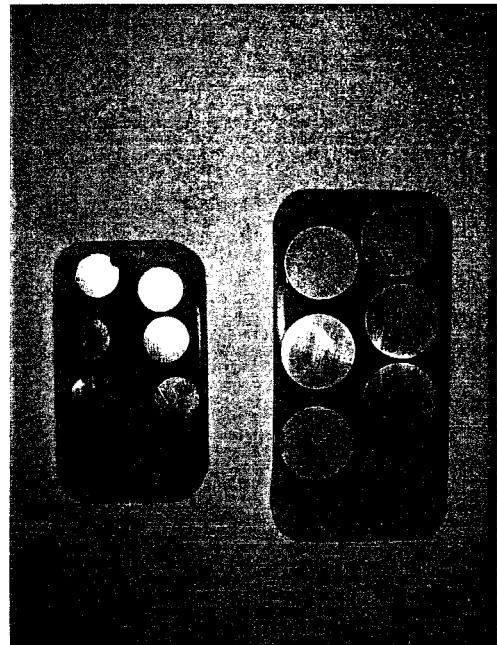
Ανάμιξη ρητίνης



Έγχυση ρητίνης



Πήξη ρητίνης



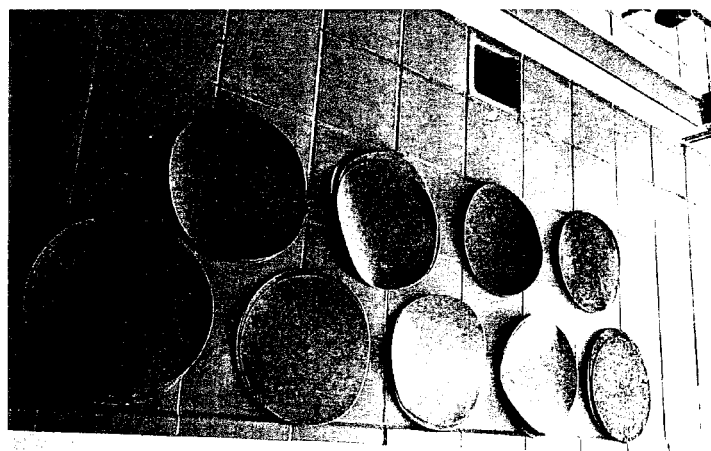
Τελική μορφή

(ε) Λείανση δοκιμίων

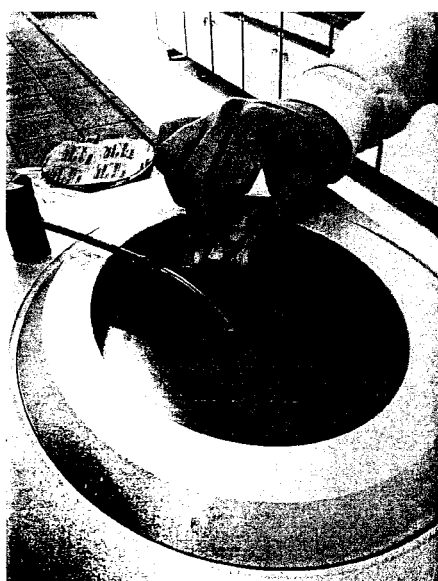
Η λείανση των δοκιμίων έγινε σε ειδικό λειαντικό μηχάνημα με αυξομείωση των στροφών από 300-1200 rpm και συνεχή ροή νερού, ξεκινώντας από τραχύτερα σε ψιλότερα γυαλόχαρτα νερού με αριθμούς 80, 120, 250, 320, 420, 600, 800, 1000, 1200, 2400, 4000. Στο τέλος τα κομμάτια δέχτηκαν υπερλείανση με ειδικό πανί και χρήση ειδικών λειαντικών γαλακτωμάτων



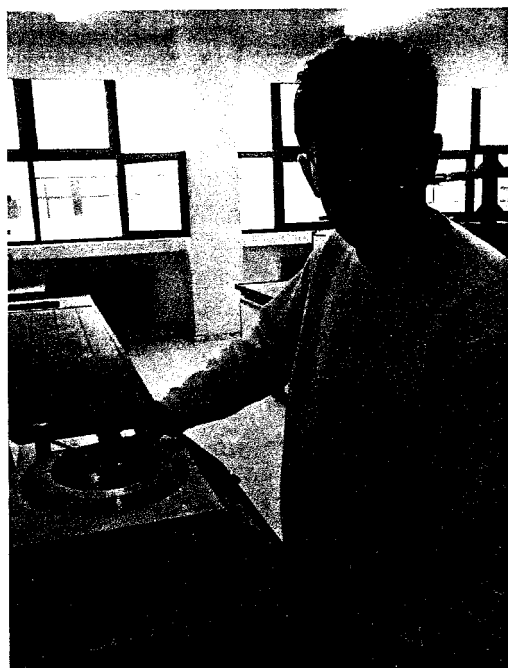
Λειαντικό μηχάνημα



γυαλόχαρτα



Λείανση



Λειάνσεις



Λειαντικά γαλακτώματα και ψεκαστήρας

(ζ) Σχηματισμός και προσβολή δοκιμίων με υγρό kellers

Μετά το πέρας της υπερλείανσης τα δοκίμια θα πρέπει να προσβληθούν με κάποιο καυστικό υγρό διάλυμα (KELLER'S) για να μπορέσουν να φανούν τα όρια των κόκκων στο μικροσκόπιο.

Το υγρό διάλυμα αυτό δημιουργείται με την ακριβή ανάμιξη τριών οξέων σε συγκεκριμένες αναλογίες.

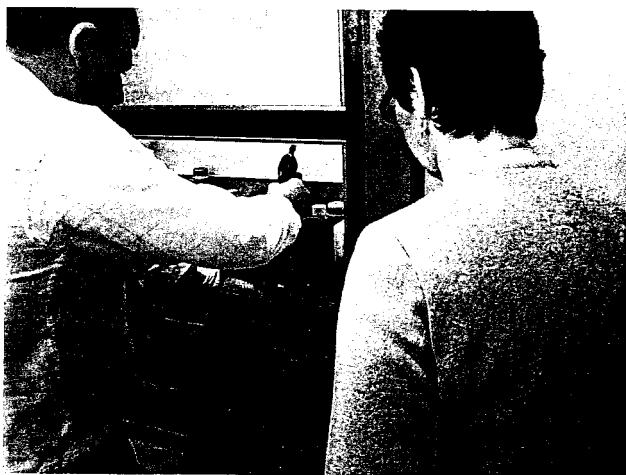
Τα συστατικά και οι αναλογίες του διαλύματος είναι τα εξής:

- 1 ml HF υδροφθόριο πυκνό
- 1.5 ml HCL υδροχλώριο πυκνό
- 2.5 ml HNO₃ νιτρικό οξύ πυκνό
- 95 ml απεσταγμένο νερό πυκνό

Σημείωση: το έτοιμο διάλυμα τοποθετείτε σε πλαστική λεκάνη διότι το υδροφθόριο διαβρώνει ισχυρά το γυαλί!!!



Χημικά οξέα



Παρασκευή διαλύματος KELLER'S

ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

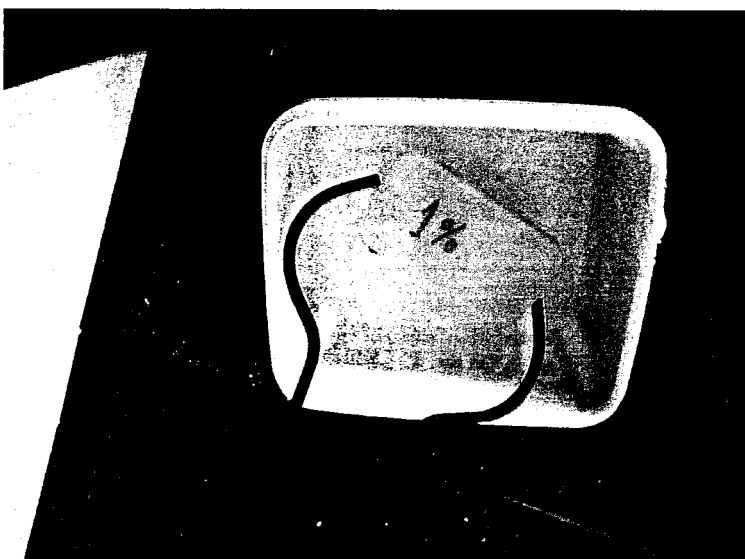
Η διαδικασία προσβολής απαιτεί κάποια συγκεκριμένα βήματα για την ακριβή επίτευξη του στόχου.

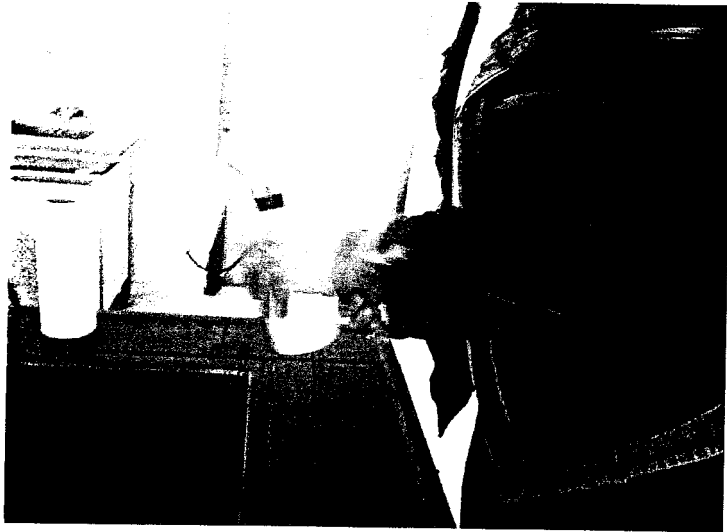
Τα βήματα αυτά είναι τα εξής:

- Συγκρατούμε το δοκίμιο με ειδική λαβίδα και το εμβαπτίζουμε κουνώντας το ελαφρά μέσα στο διάλυμα για 10 έως 15 sec.
- Ξεπλένουμε το δοκίμιο με απεστασταγμένο νερό (αν είναι δυνατό ζεστό)
- Ξεπλένουμε με καθαρή αλκοόλη
- Στεγνώνουμε με στεγνωτήρα

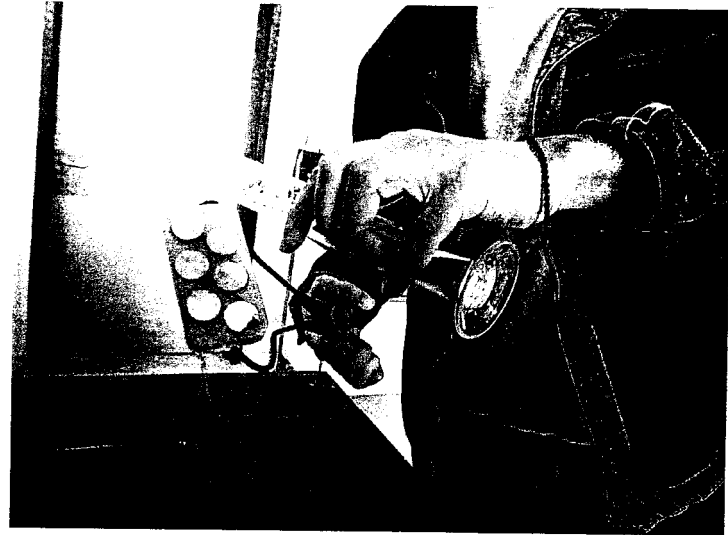


Εμβάπτηση δοκιμίων

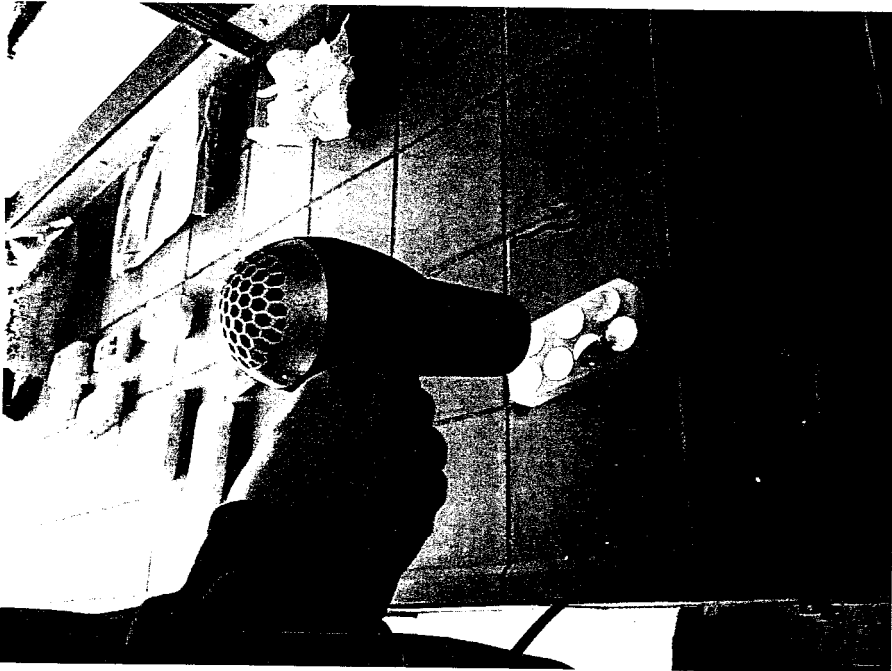




Πλύση με απεσταγμένο νερό



Πλύση με αλκοόλη

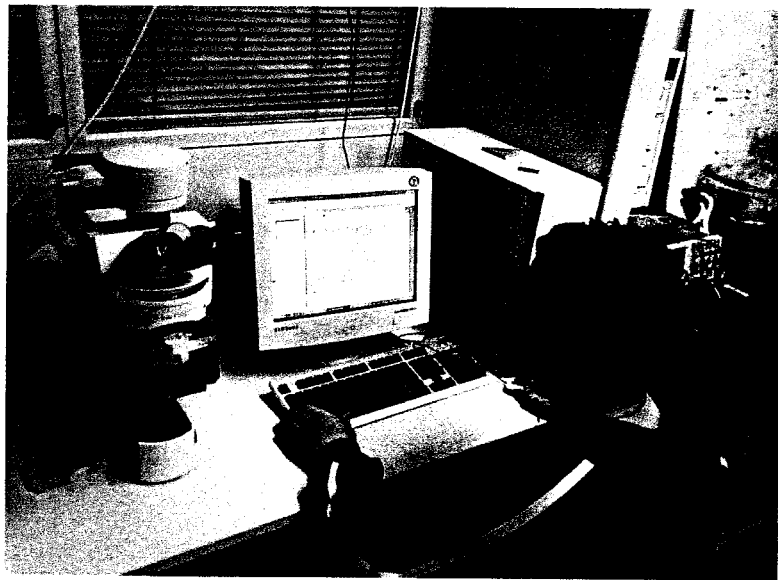
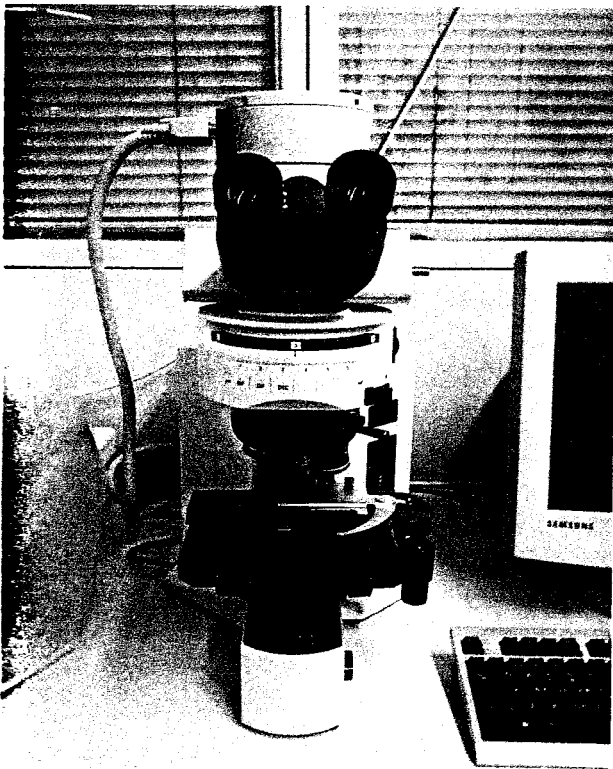


Στέγνωμα δοκιμίων μετά από προσβολή

(η) Παρατήρηση στο μικροσκόπιο

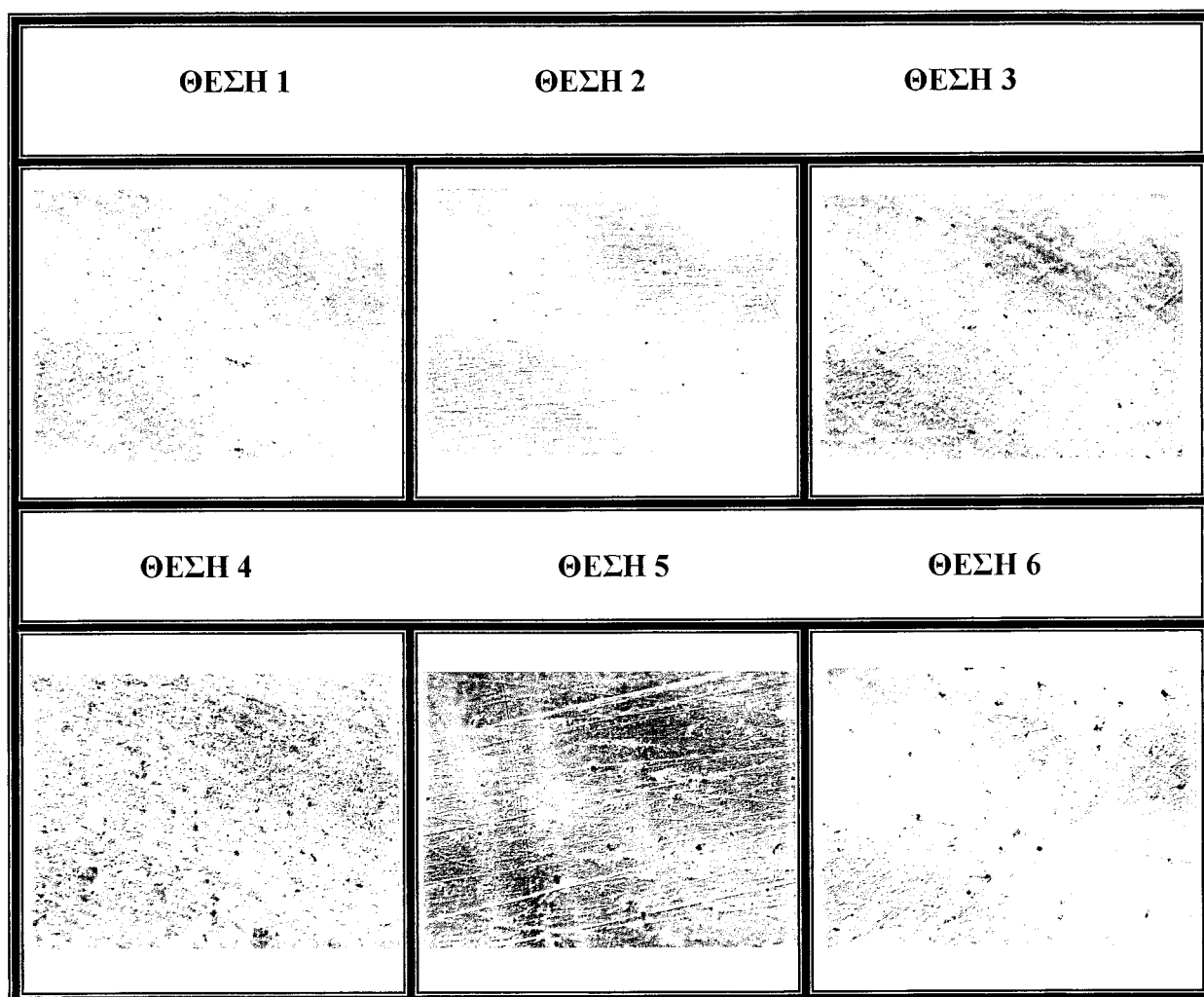
Στη συνέχεια με την βοήθεια του μικροσκοπίου μπορέσαμε να παρατηρήσουμε την δομή και την μορφολογία των δοκιμίων σε μικροσκοπικό επίπεδο. Το μέγεθος του φακού μεγένθυσης είναι που χρησιμοποιήθηκε είναι 100X και αυτό για την πιο λεπτομερή παρατήρηση της κρυσταλλικής δομής των κραμάτων.

Αποτέλεσμα ήταν να βγουν ορισμένα συμπεράσματα για τον τρόπο χύτευσης, λείανσης, προσβολής καθώς και το πως στερεοποιήθηκαν-κρυσταλλώθηκαν τα κράματα μετάλλων.



Παρατήρηση σε μικροσκόπιο και αποτύπωση φωτογραφιών

ΔΟΚΙΜΙΟ 1% Cu 99% Al



Στις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε την μη δημιουργία δεντρικής δομής καθώς και την εμφάνιση των ορίων των κόκκων, που οφείλεται στην απουσία αναδευτήρα καθώς και στην αρχική θερμοκρασία του καλουπιού το οποίο δεν ήταν προθερμασμένο αλλά βρισκόταν σε θερμοκρασία δωματίου.

ΔΟΚΙΜΙΟ 2% Cu 98% Al

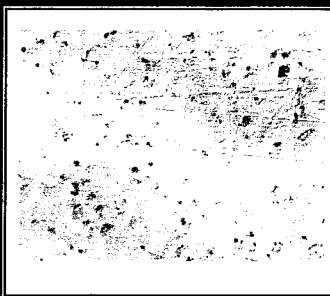
ΘΕΣΗ 1



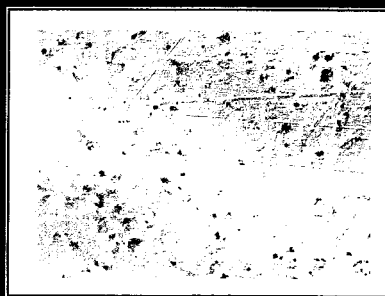
ΘΕΣΗ 2



ΘΕΣΗ 3



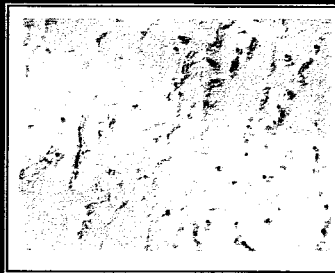
ΘΕΣΗ 4



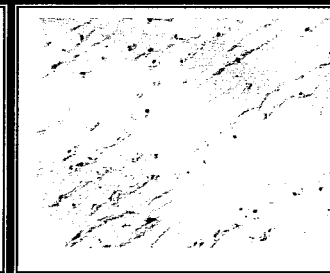
ΘΕΣΗ 5



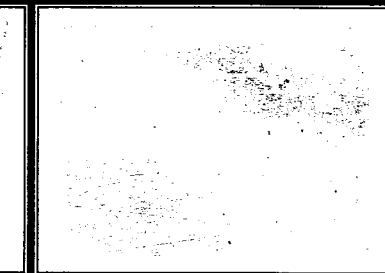
ΘΕΣΗ 6



ΘΕΣΗ 7

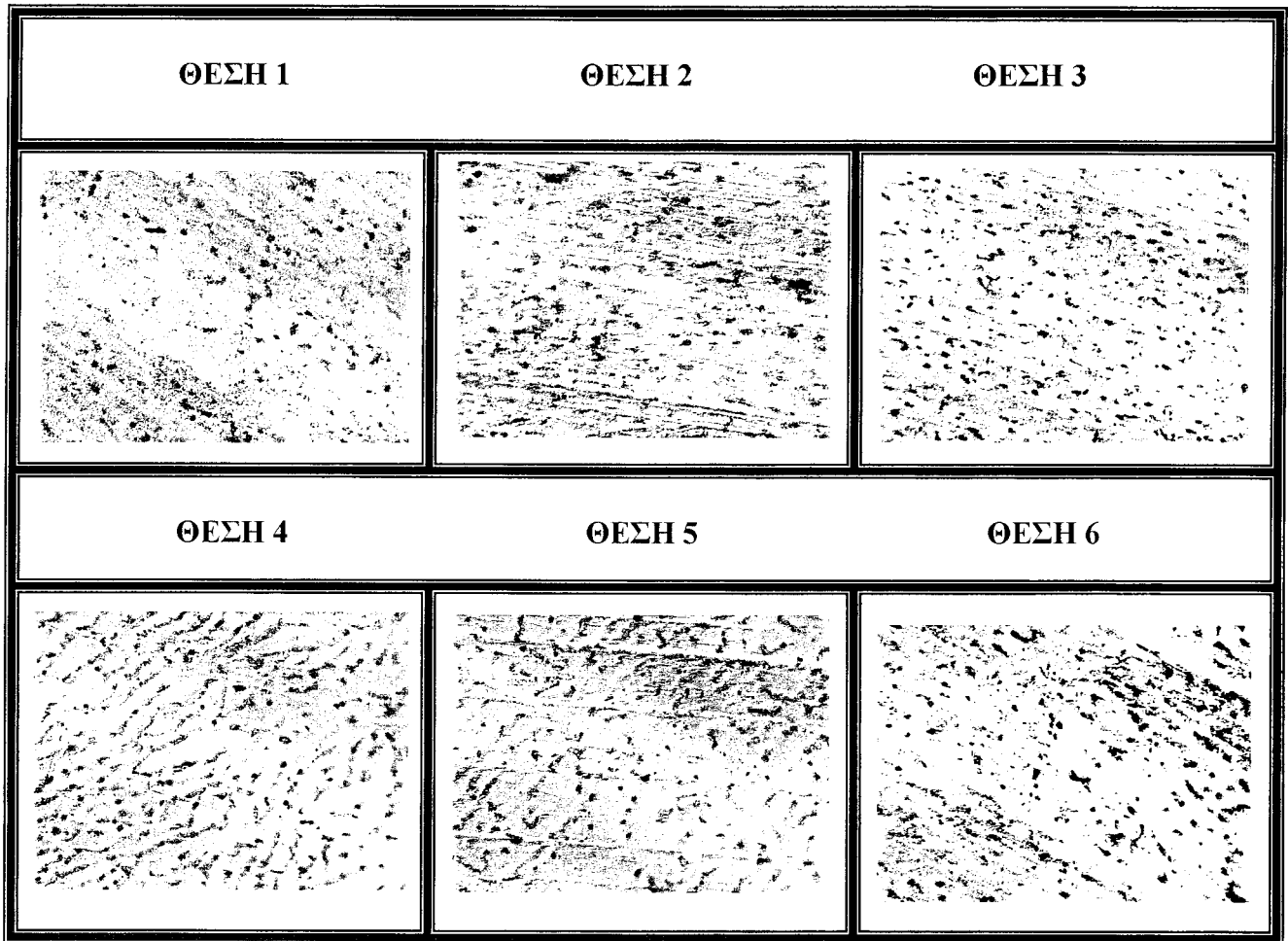


ΘΕΣΗ 8



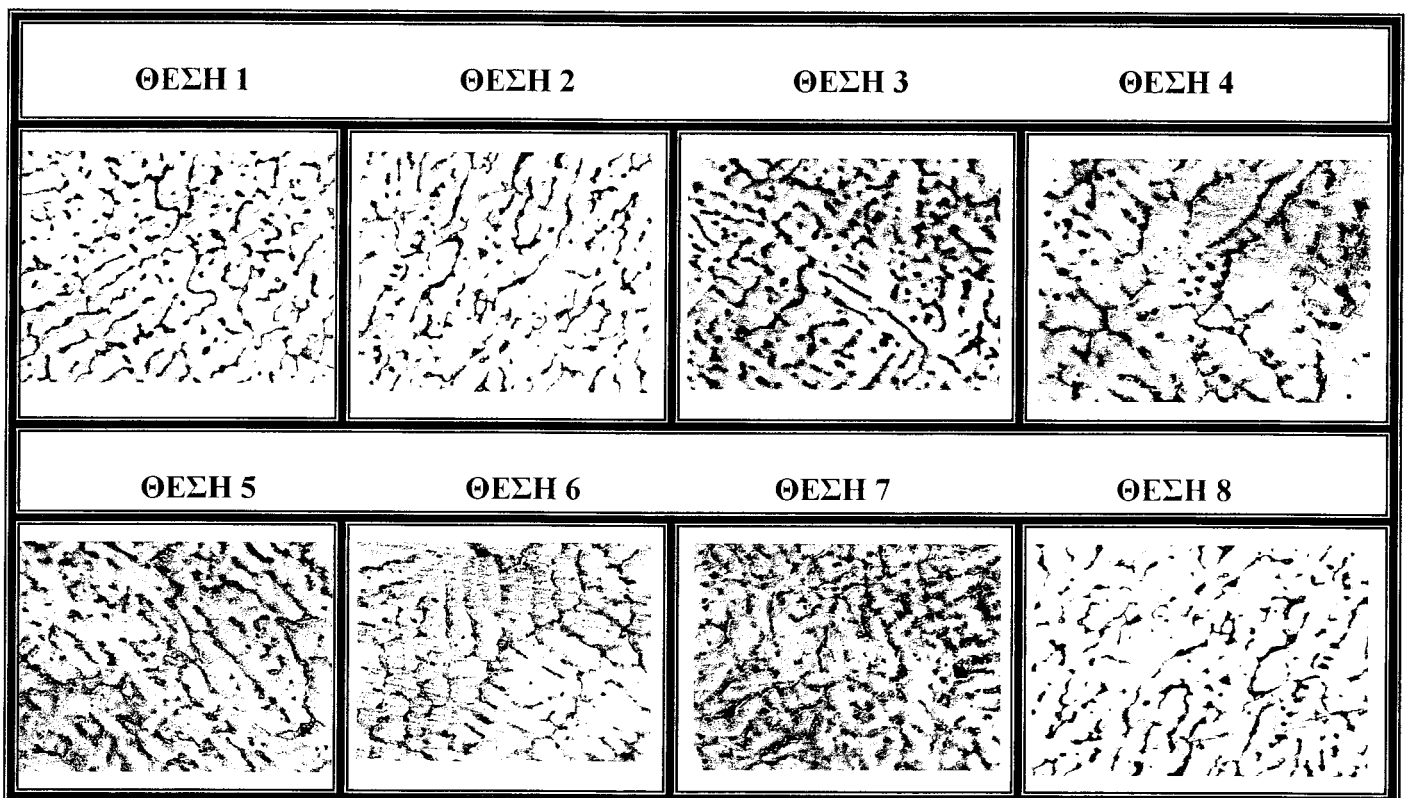
Στις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε κιονική δομή και μια ελάχιστη δημιουργία δεντρικής δομής που οφείλεται στο γεγονός της απουσίας αναδευτήρα καθώς και στην αρχική θερμοκρασία του καλουπιού.

ΔΟΚΙΜΙΟ 5% Cu 95% Al



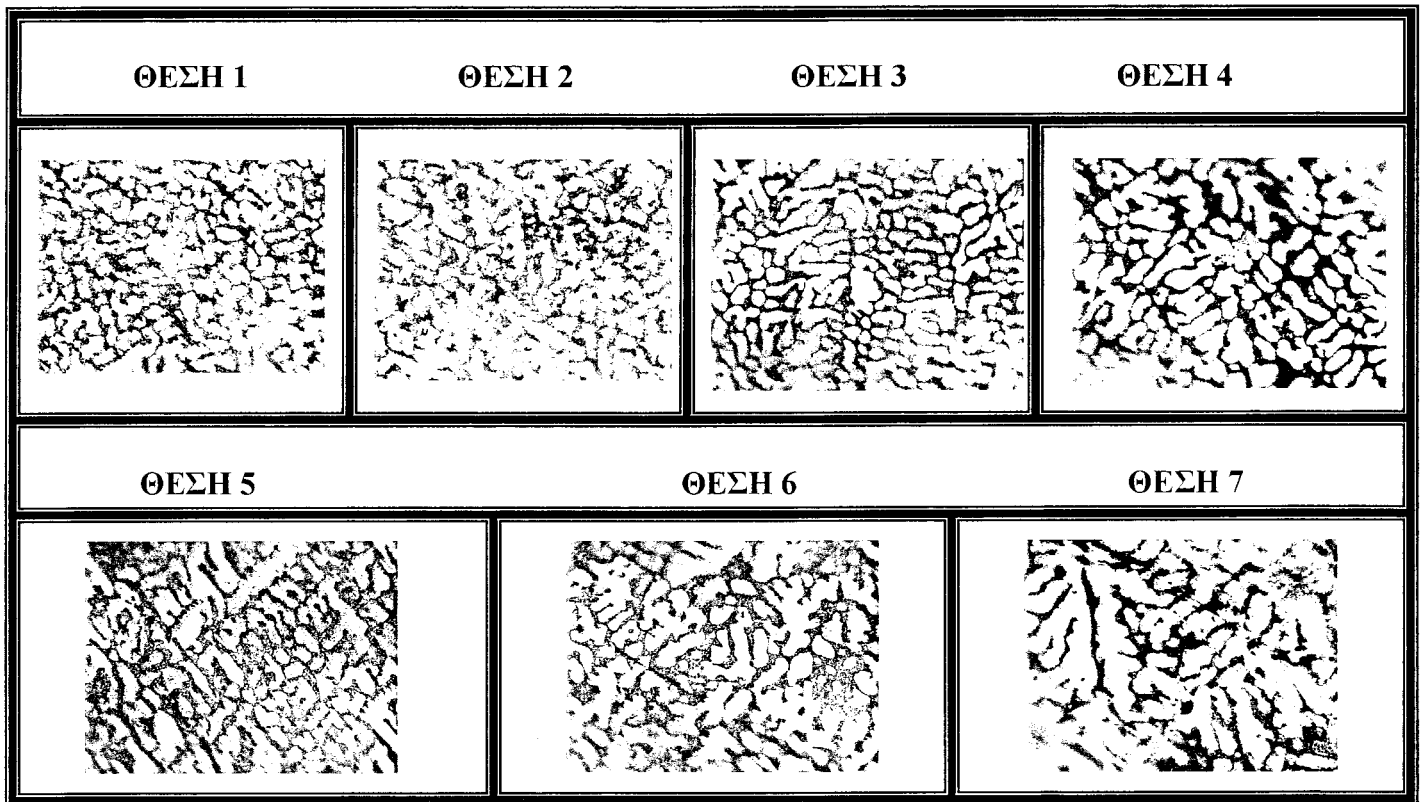
Στις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε κιονική δομή και μια ελάχιστη δημιουργία δεντρικής δομής παρόμοια με τη δομή του κράματος 2%Cu 98%Al που οφείλεται στο γεγονός της απουσίας αναδευτήρα καθώς και στην αρχική θερμοκρασία του καλουπιού.

ΔΟΚΙΜΙΟ 10% Cu 90% Al



Στις παραπάνω φωτογραφίες αρχίζουν να διαφαίνονται τόσο μια αρχική δεντρική δομή όπως επίσης και ανάπτυξη ορίων των κόκκων που οφείλεται στο γεγονός της απουσίας αναδευτήρα καθώς και στην αρχική θερμοκρασία του καλουπιού.

ΔΟΚΙΜΙΟ 20% Cu 80% Al



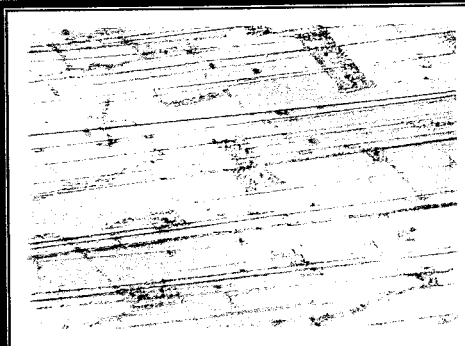
Στις φωτογραφίες παρατηρούμε το σχηματισμό κράματος και εμφάνιση της δεντρικής δομής του καθώς και την εμφάνιση των ορίων των κόκκων. Επίσης η παραπάνω περιεκτικότητα θεωρείτε επιτυχής.

ΔΟΚΙΜΙΟ 50% Cu 50% Al

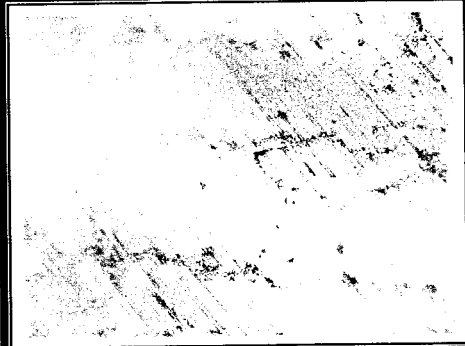
ΘΕΣΗ 1



ΘΕΣΗ 2



ΘΕΣΗ 3



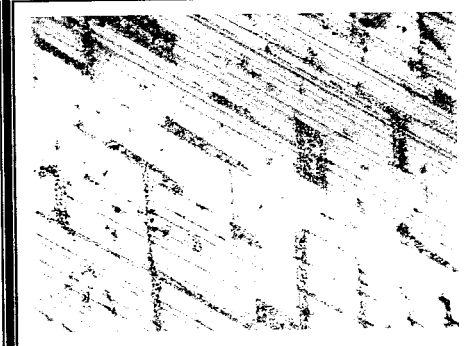
ΘΕΣΗ 4



ΘΕΣΗ 5



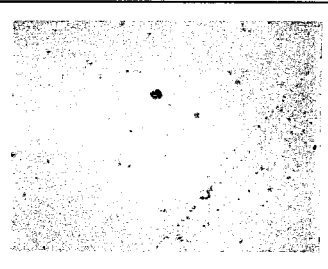
ΘΕΣΗ 6



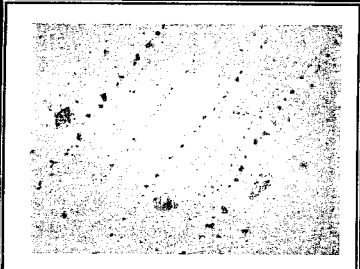
Στις φωτογραφίες δεν παρατηρούμε κανένα σχηματισμό δεντρικής δομής του κράματος καθώς επίσης υπάρχει εμφάνιση ατελειών και ανομοιογένειας το οποίο οφείλεται στην περίσσεια και στην ελλιπή διάλυση του χαλκού.

ΔΟΚΙΜΙΟ 80% Cu 20% Al

ΘΕΣΗ 1



ΘΕΣΗ 2



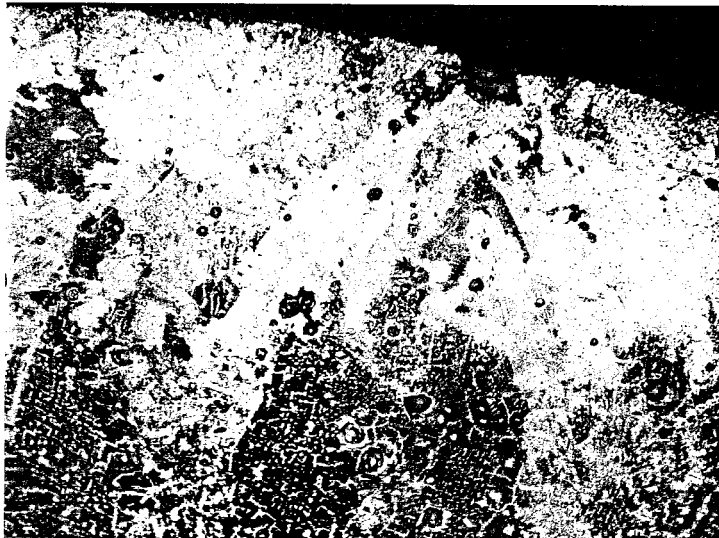
ΘΕΣΗ 3



ΘΕΣΗ 4



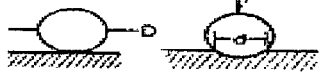

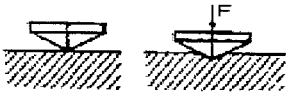



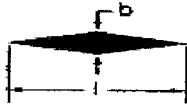
Στις παραπάνω φωτογραφίες παρατηρούμε τον πλεονασμό του χαλκού ο οποίος δεν έχει διαλυθεί καθόλου σε ορισμένα σημεία μέσα στο κράμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αποτυχία του κράματος. Παρατηρήθηκε ότι το κράμα παρουσιάζει μεγάλη σκληρότητα ακόμα και από κάποια είδη χαλύβων αλλά συνάμα είναι πολύ ψαθυρό.



Στην παραπάνω φωτογραφία στο κράμα 10% Cu 90% AL παρατηρείτε από μια πανοραμική άποψη του δοκιμίου μια ανομοιογένεια στη δομή του που οφείλεται καθαρά στη έλλειψη αναδευτήρα.

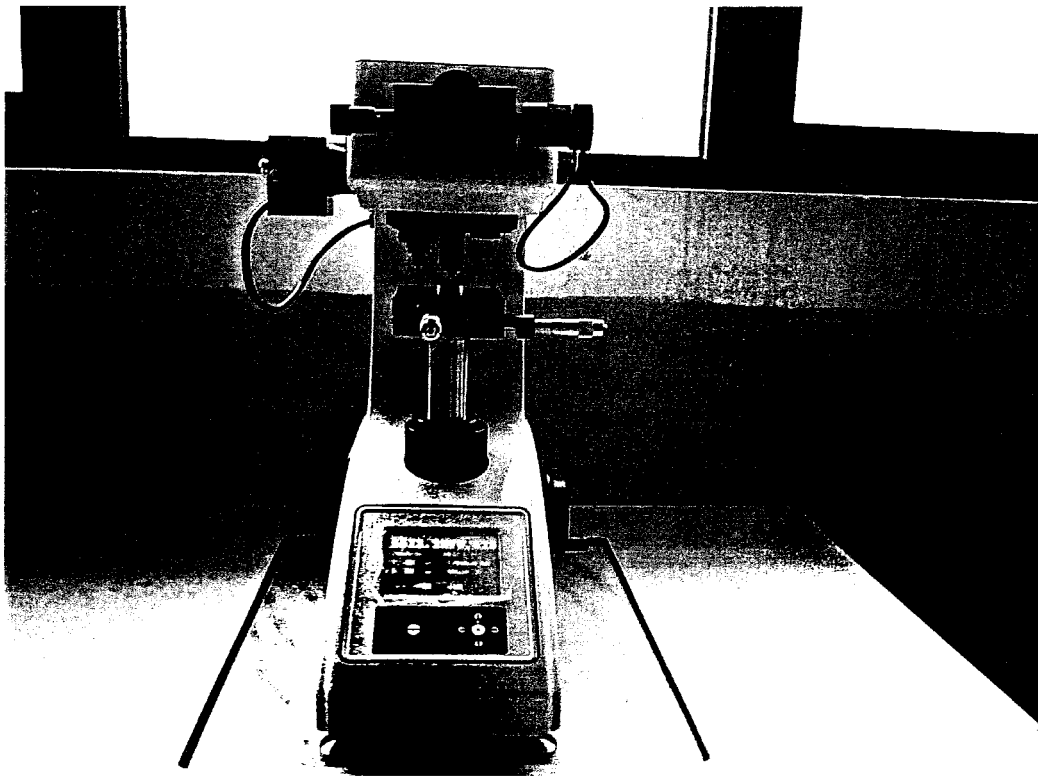
(θ) Ποιοτικός έλεγχος-μέθοδος σκληρομέτρησης

Στο τέλος έγινε ποιοτικός έλεγχος των κραμάτων που δημιουργήσαμε. Ο ποιοτικός έλεγχος χωρίζεται σε καταστροφικές και μη καταστροφικές μεθόδους. Εμείς χρησιμοποιήσαμε την καταστροφική μέθοδο μέτρησης σκληρότητας VICKERS. Για την μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκε ειδικό μικροσκληρόμετρο VICKERS. Η συσκευή αυτή αναγράφει αυτόματα την σκληρότητα του κάθε δοκιμίου αφού πρώτα ρυθμιστεί.

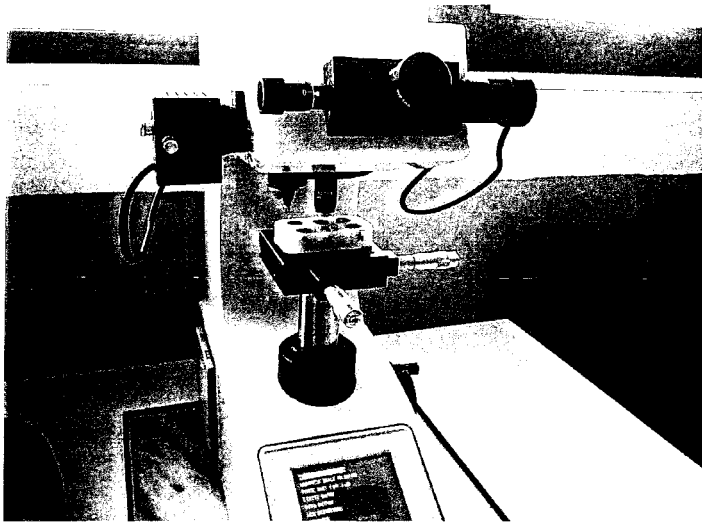
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΔΙΕΙΣΔΥΤΗ	ΦΟΡΤΙΟ (F)	ΑΡΧΗ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ
Brinell	Σφαίρα σκληρού χαλύβα ή καρβιδίου με διάμετρο 10mm	500 ή 3000kg		Διάμετρος αποτυπώματος (d)	$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Πυραμίδα διαμαντιού τετραγωνικής βάσης με γωνία κορυφής 136° 	σκληρομέτρηση 5-100kg μικροσκληρομέτρηση 5-1000g		Διαγώνιος αποτυπώματος (d)	$HV = \frac{1.854 F}{d^2}$
Rockwell C	Κώνος διαμαντιού με γωνία κορυφής 120° 	προφόρτιση (f) 10kg φόρτιση (F) 150kg		Βάθος αποτυπώματος (z)	$HRC = f(z)$
Rockwell B	Σφαίρα σκληρού χαλύβα με διάμετρο 1.59mm	προφόρτιση (f) 10kg φόρτιση (F) 100kg	Ιδια αρχή με την Rockwell C	Βάθος αποτυπώματος (z)	$HRB = f(z)$
Κnoop	Πυραμίδα από διαμάντι  lb = 7,11 bl = 4,00	5-1000g	Ιδια αρχή με την Vickers	Διαγώνιος αποτυπώματος (l) 	$KHN = \frac{14,2 F}{l^2}$

Οι ρυθμίσεις είναι οι εξής:

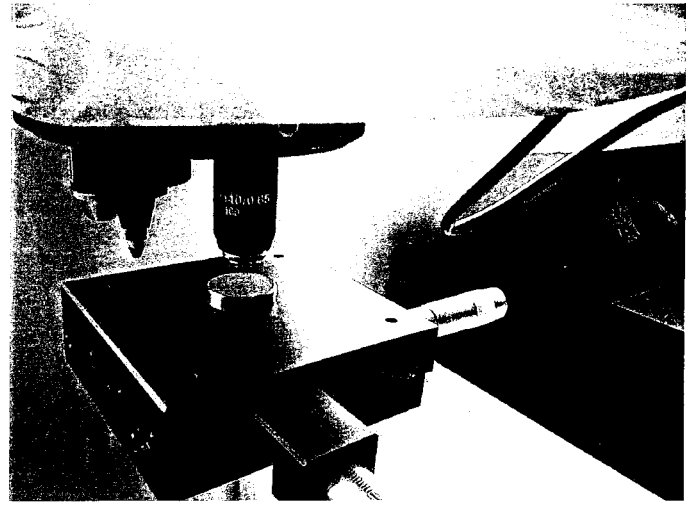
- Θέτουμε σε λειτουργία την συσκευή
- Ρυθμίζουμε την δύναμη πίεσεως
- Τοποθετούμε το προς σκληρομέτρηση δοκίμιο
- Πατάμε START για εκκίνηση της σκληρομέτρησης
- Μετράμε τις διαγώνιους του αποτυπώματος
- Παίρνουμε αυτόματα το αποτέλεσμα



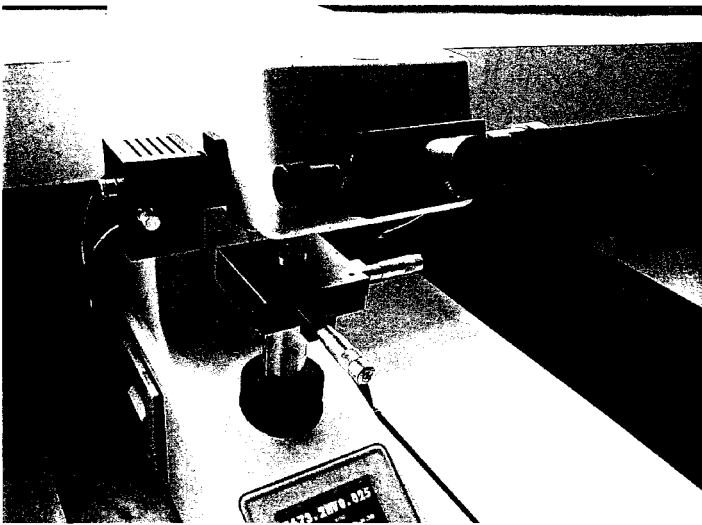
Μικροσκληρόμετρο VICKERS



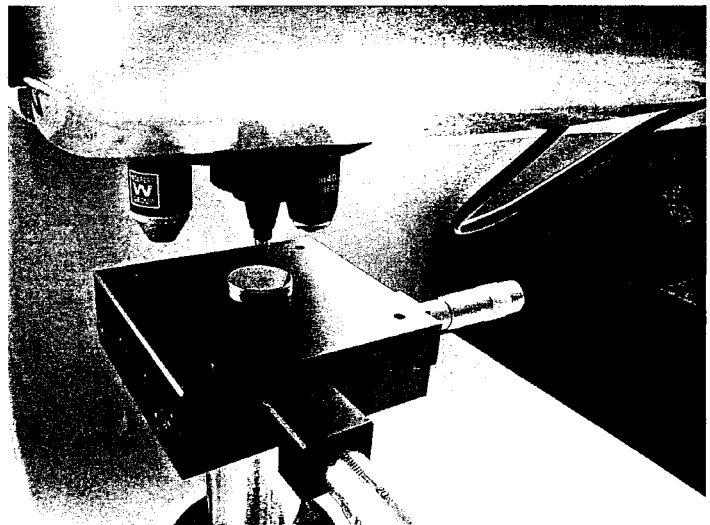
A)



B)



Γ)



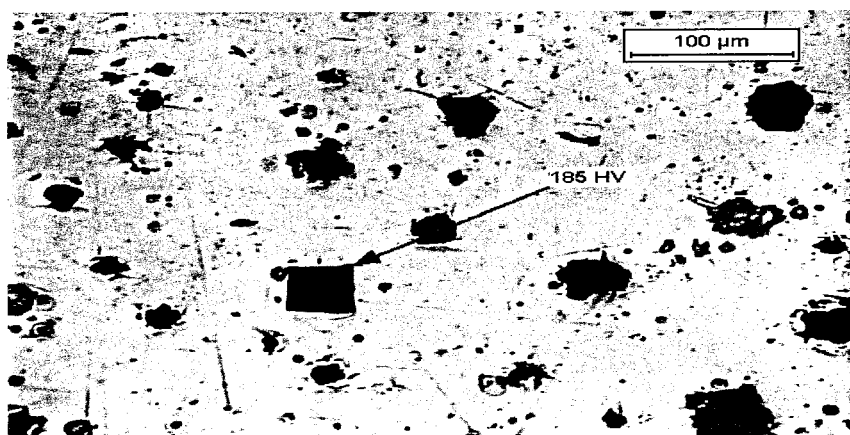
Δ)

Σκληρομέτρηση με μέθοδο VICKERS

Σημείωση: προσέχουμε το σημείο στο οποίο θα εισχωρήσει πυραμίδα. Χτυπάμε ανάμεσα στα όρια των κόκκων και όχι επάνω του γιατί δεν θα επιτύχουμε την σωστή μέτρηση. Παρακάτω φαίνονται διάφορα παραδείγματα.



A)



B)



Γ)

Οι σκληρότητες των κραμάτων είναι οι εξής:

1%Cu - 99%Al	2%Cu - 98%Al	5%Cu - 95%Al	10%Cu - 90%Al
<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :20.00</p> <p>HVO.300 X :22.0 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :22.0 MIN :22.0 R :0.0 XCON : HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :22.0</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">1%</p>	<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :21.16</p> <p>HVO.300 X :36.1 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :36.1 MIN :36.1 R :0.0 XCON : HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :36.1</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">2%</p>	<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :20.37</p> <p>HVO.300 X :55.9 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :55.9 MIN :55.9 R :0.0 XCON : HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :55.9</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">5%</p>	<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :20.00</p> <p>HVO.300 X :87.9 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :87.9 MIN :87.9 R :0.0 XCON : HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :87.9</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">10%</p>
20%Cu - 80%Al	50%Cu - 50%Al	80%Cu - 20%Al	
<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :20.27</p> <p>HVO.300 X :113.5 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :113.5 MIN :113.5 R :0.0 XCON : HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :113.5</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">90%</p>	<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :21.12</p> <p>HVO.300 X :422.4 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :422.4 MIN :422.4 R :0.0 XCON :422.4HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :422.4</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">50%</p>	<p>TEST NO DATE :25-04-07 TIME :20.48</p> <p>HVO.300 X :549.4 NO :1 S.DEV :0.0 MAX :549.4 MIN :549.4 R :0.0 XCON :549.4HV(H)</p> <p>HVO.300 1 :549.4</p> <p style="text-align: center; font-size: 2em;">80%</p>	

Παρατηρήθηκε ότι τα κράματα με μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας σε άνθρακα παρουσιάζουν μεγαλύτερη σκληρότητα.

Ενδεικτικά:

- περιεκτικότητα 1% CU 99%AL σκληρότητα 22 HV ,
- περιεκτικότητα 2% CU 98% AL σκληρότητα 36.1 HV ,
- περιεκτικότητα 5% CU 95% AL σκληρότητα 55.9 HV
- περιεκτικότητα 10% CU 90% AL σκληρότητα 87.9 HV
- περιεκτικότητα 20% CU 80% AL σκληρότητα 113.5 HV
- περιεκτικότητα 50% CU 50% AL σκληρότητα 422.4HV
- περιεκτικότητα 80% CU 20% AL σκληρότητα 549.4 HV