

ΑΣΚΗΣΗ 1

ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα στερεά σώματα η διευθέτηση των δομικών μονάδων εμφανίζεται με δύο διαφορετικούς τρόπους, την κρυσταλλική και την άμορφη κατάσταση. Στην κρυσταλλική κατάσταση τα άτομα, ιόντα ή μόρια που αποτελούν το υλικό διατάσσονται στον χώρο με κανονικό, επαναλαμβανόμενο και συμμετρικό τρόπο. Η διευθέτηση των δομικών μονάδων στα κρυσταλλικά στερεά ακολουθεί ένα γεωμετρικό υπόδειγμα που το ονομάζουμε κρυσταλλικό χωρόπλεγμα ή κρυσταλλικό πλέγμα.

Το **κρυσταλλικό πλέγμα** είναι ένα σύνολο σημείων στο χώρο που διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε όλα τα σημεία να είναι ισότιμα, δηλ. να έχουν την ίδια διάταξη γειτονικών σημείων. Υπάρχουν 14 κρυσταλλικά πλέγματα που είναι γνωστά σαν **πλέγματα Bravais**.

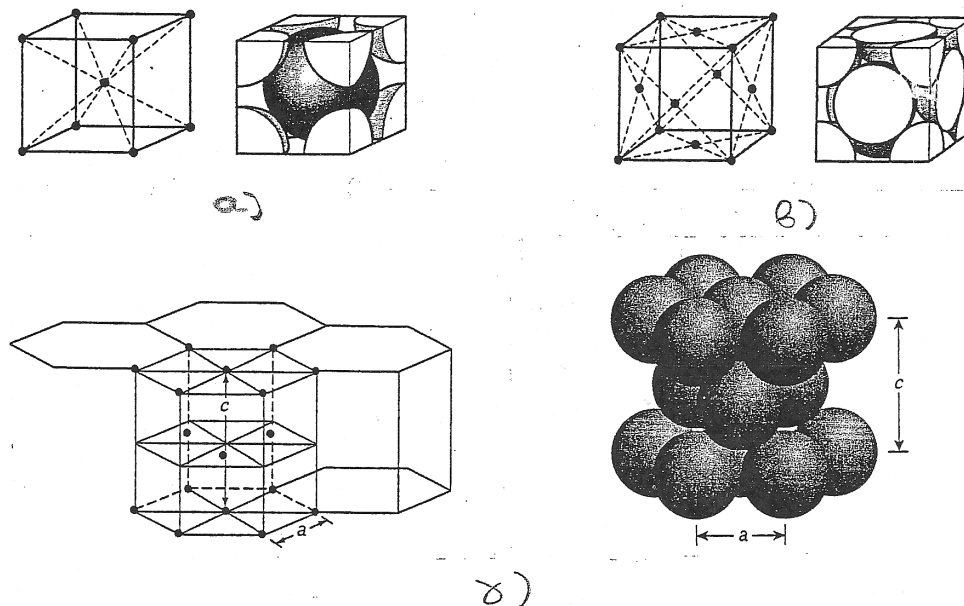
Το μικρότερο τμήμα ενός χωροπλέγματος που διατηρεί όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλέγματος ονομάζεται **κυψελίδα**.

Το σύνολο σχεδόν των κρυσταλλικών στερεών έχει πολυκρυσταλλική δομή, η μάζα τους δηλ. δεν αποτελεί έναν ενιαίο κρύσταλλο με συνεχές χωρόπλεγμα αλλά είναι συσσωμάτωμα κρυστάλλων ή κόκκων, όπως συνήθως αναφέρονται.

Τα περισσότερα από εμπορικής άποψης μέταλλα στερεοποιούνται σε τρία κρυσταλλικά πλέγματα :

- **Κυβικό χωροκεντρωμένο**, **bcc** (**body centered cubic**)
- **Κυβικό εδροκεντρωμένο**, **fcc** (**face centered cubic**)
- **Εξαγωνικό μεγίστης πυκνότητας**, **hcp** (**hexagonal close packed**)

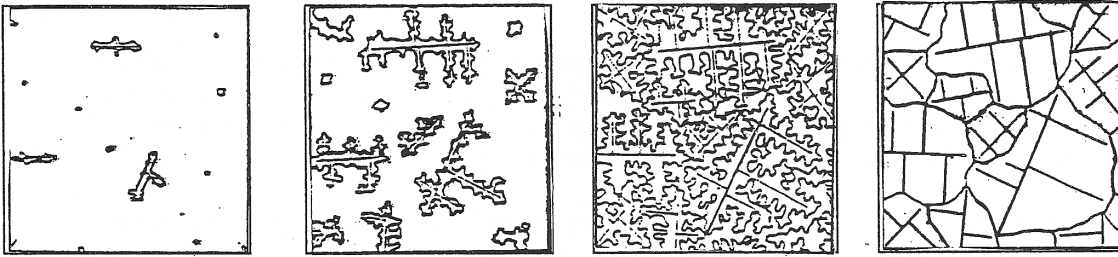
Οι τρεις βασικές κρυσταλλικές δομές των μετάλλων φαίνονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Κρυσταλλική δομή α) Κυβικού χωροκεντρωμένου β) Κυβικού εδροκεντρωμένου γ) Εξαγωνικού μεγίστης πυκνότητας

Στερεοποίηση μετάλλων – Ανάπτυξη κόκκων

Όταν ένα τήγμα μετάλλου ψύχεται αρχίζει η στερεοποίηση αυτού καθώς η θερμοκρασία κατέρχεται κάτω του σημείου πήξεως του μετάλλου. Στη μάζα του υγρού σχηματίζονται στοιχειώδεις κρύσταλλοι (σταθεροί πυρήνες) σε διάφορες θέσεις και με τυχαίο προσανατολισμό. Οι σταθεροί αυτοί πυρήνες ονομάζονται **φύτρα**. (σχήμα 2)

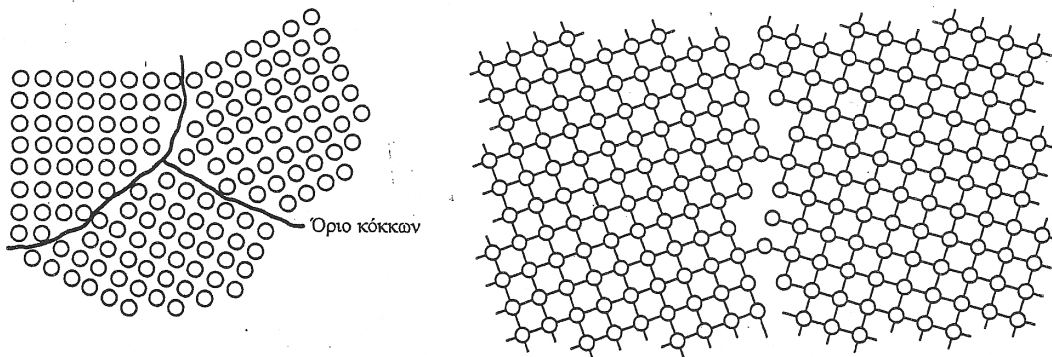


Σχήμα 2. Σχηματική παράσταση της εξέλιξης στερεοποίησης των μετάλλων.

Τα φύτρα αναπτύσσονται με τοποθέτηση ατόμων από το τήγμα στο κρυσταλλικό τους πλέγμα και δημιουργούνται οι κρύσταλλοι. Καθώς οι κρύσταλλοι αναπτύσσονται όταν έρθουν σε επαφή σταματάει η περαιτέρω ανάπτυξη. Μετά την συμπλήρωση της πήξης οι κρύσταλλοι εφάπτονται μεταξύ τους με διαφορετικούς προσανατολισμούς και σχηματίζουν όρια κρυστάλλων.

Οι κρύσταλλοι στο στερεό μέταλλο ονομάζονται **κόκκοι** και οι διεπιφάνειες μεταξύ τους **όρια κόκκων**.

Τα όρια των κόκκων ,που το πάχος τους είναι συνήθως 2 με 5 ατομικές ακτίνες, είναι η περιοχή στην οποία γίνεται η μετάπτωση από το χωρόπλεγμα του ενός κόκκου στο χωρόπλεγμα του διπλανού με τρόπο συνεχή. Η διάταξη των ατόμων στα όρια των κόκκων είναι αραιότερη και άτακτη (σχήμα 3) . Γι' αυτό τον λόγο έχουν υψηλότερη ενέργεια και μεγαλύτερη αστάθεια , γεγονός που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία του δείγματος στην μεταλλογραφική εξέταση. Επίσης στα όρια των κόκκων συγκεντρώνονται οι διάφορες προσμίξεις που στερεοποιούνται συνήθως τελευταίες.



Σχήμα 3. Τα άτομα στα όρια των κόκκων δεν έχουν κανονική τοποθέτηση.

Το μέγεθος των κόκκων εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα απόψυξης του τήγματος ενός μετάλλου.

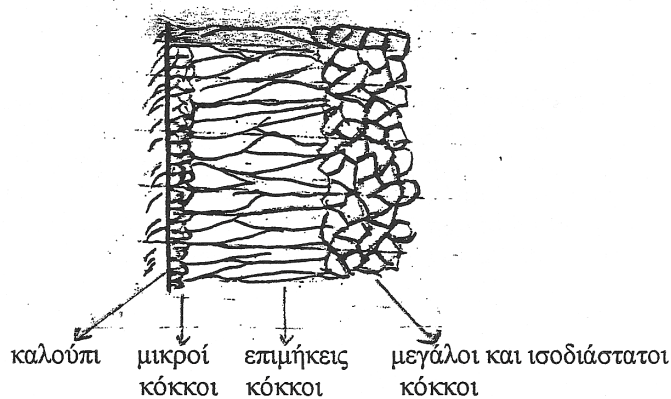
Όταν η ταχύτητα απόψυξης είναι μεγάλη, δηλ. έχουμε ταχεία ψύξη, τότε δημιουργείται μικροκρυσταλλικό υλικό (πολλοί και μικροί κόκκοι), επειδή η ταχύτητα δημιουργίας των φύτρων είναι μεγάλη.

Αντίθετα όταν η ταχύτητα απόψυξης είναι μικρή, δηλ. έχουμε αργή ψύξη, τότε σχηματίζεται μεγαλοκρυσταλλικό υλικό (λίγοι και μεγάλοι κόκκοι)

Άλλος παράγοντας που ευνοεί την δημιουργία μικροκρυσταλλικού υλικού είναι η ύπαρξη μέσα στο τήγμα σωματιδίων σε λεπτή διασπορά, με υψηλό σημείο τήξεως, τα οποία λειτουργούν σαν πυρήνες κρυστάλλωσης. Στους χάλυβες π.χ. προστίθενται μικρά ποσά Al, Ti ή V, τα οποία οξειδώνονται προς τα αντίστοιχα οξείδια και λειτουργούν με τον τρόπο που αναφέρθηκε.

Επίσης η ανάδευση του τήγματος κατά την διάρκεια της στερεοποίησης συντελεί στην θραύση των αναπτυσσόμενων κρυστάλλων με ανάλογα αποτελέσματα.

Το σχήμα των κόκκων εκτός από ισοδιάστατο μπορεί να είναι και επιμήκης. Η εξάρτηση του μεγέθους και του σχήματος των κόκκων από τις συνθήκες στερεοποίησης φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 4, που παριστάνει την τομή ενός χυτευτού αντικειμένου. Οι κόκκοι κοντά στην επιφάνεια είναι μικροί λόγω της γρήγορης ψύξης από την επαφή με τα τοιχώματα του καλουπιού. Δίπλα από αυτούς οι κόκκοι γίνονται επιμήκεις λόγω της ανάπτυξής τους προς την κατεύθυνση του κέντρου. Τέλος οι κόκκοι του κέντρου είναι μεγάλοι και ισοδιάστατοι λόγω της αργής απόψυξης.



Σχήμα 4. Σχηματική παράσταση τομής χυτευτού αντικειμένου.

Το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων επηρεάζει σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων. Ελάττωση του μεγέθους των κόκκων συνεπάγεται αύξηση της αντοχής και της σκληρότητας και ελάττωση του δλκιμου.

Οι κόκκοι των μετάλλων μπορούν να παρατηρηθούν με το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Τα στοιχεία που αναφέρονται στο μέγεθος, το σχήμα, τον προσανατολισμό και το είδος των κόκκων των μετάλλων ονομάζονται **μεταλλογραφική δομή ή μικροδομή των μετάλλων**, σε αντιδιαστολή με την **κρυσταλλική δομή**, που αναφέρεται στην διεύθυνση των ατόμων στον χώρο. Η κρυσταλλική δομή προσδιορίζεται κυρίως με την μέθοδο της περίθλασης των ακτίνων X.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η παρατήρηση δειγμάτων κράματος χαλκού στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο και ο υπολογισμός του μεγέθους των κόκκων των δειγμάτων. Επίσης μαθαίνουμε τον τρόπο προετοιμασίας των δειγμάτων για την παρατήρηση στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.

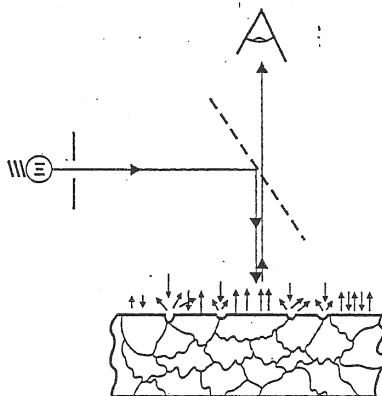
ΟΡΓΑΝΑ - ΥΛΙΚΑ

1. Μεταλλογραφικό μικροσκόπιο
2. Δείγματα φύλλου χαλκού
3. Λαβίδες
4. Λειαντικοί τροχοί
5. Σειρά γυαλόχαρτων
6. Δίσκος και βελούδο στίλβωσης
7. Al_2O_3 σε υδατικό αιώρημα
8. Νερό
9. Πυκνό νιτρικό οξύ και πυκνό υδροχλωρικό οξύ
10. Λύχνος αερίου

ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Λειαίνουμε φύλλο χαλκού, τρίβοντάς το σε σμυριδόχαρτα με κόκκους που συνεχώς λεπταίνουν, τα οποία έχουμε τοποθετήσει σε λειαντικό τροχό. Στρέφουμε κατά 90° το δοκίμιο σε κάθε αλλαγή σμυριδόχαρτου, ώστε να σβήσουν τα ίχνη της προηγούμενης τριβής.
2. Στίλβωνουμε με αιώρημα Al_2O_3 που προσθέτουμε πάνω στο βελούδο ενός δεύτερου λειαντικού τροχού και ξεπλένουμε το φύλλο χαλκού με νερό.
3. Διαβρώνουμε την στίλβωμένη επιφάνεια του δοκιμίου με βασιλικό νερό, κρατώντας το δοκίμιο με λαβίδα πάνω από τον νιττήρα.
Το βασιλικό νερό είναι μείγμα πυκνού υδροχλωρικού οξέος και πυκνού νιτρικού οξέος με αναλογία 3/1 (HCl / HNO_3 , 3/1).

Επειδή τα άτομα στα όρια των κόκκων έχουν μεγαλύτερη ενέργεια προσβάλλονται ευκολότερα, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μικροσκοπικές αυλακώσεις κατά μήκος των ορίων. Το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο παρατηρεί το στίλβωμένο και οξειδωμένο μέταλλο με ανάκλαση του φωτός. Το φως ανακλάται από τους κρυστάλλους, αλλά διαχέεται, όταν πέσει στις αυλακώσεις, οι οποίες φαίνονται σαν σκούρες γραμμές. (σχήμα 5).



Σχήμα 5. Χαρακτηριστικά της ανάκλασης & διάχυσης του φωτός στους κρυστάλλους & τις αυλακώσεις.

Όταν όλη η επιφάνεια καλυφθεί με πράσινο αφρό και καστανούς ατμούς ξεπλένομε με νερό και σκουπίζομε με μαλακό πανί. Όλη αυτή η εργασία γίνεται στον απαγωγό .

4. Παρατηρούμε στο μικροσκόπιο το δείγμα και μετράμε το μέγεθος των κόκκων.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

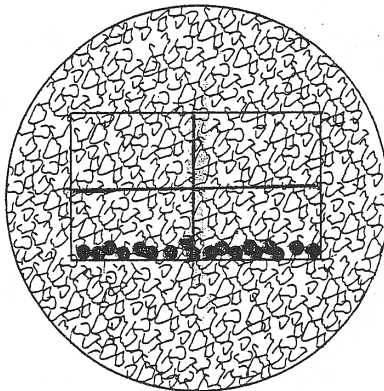
Υπολογίζομε την μέση διάμετρο των κόκκων. Θεωρούμε ότι οι κόκκοι είναι σφαιρικοί και ισομεγέθεις. Επομένως η τομή των κόκκων θα είναι κυκλική και το εμβαδόν εκάστου κόκκου υπολογίζεται από τον τύπο.

$$E = \pi R^2$$

Α' τρόπος υπολογισμού

Με την βοήθεια της μεγέθυνσης , των φακών και της κλίμακας μέσα στο οπτικό πεδίο του μικροσκοπίου γίνεται ο υπολογισμός. Με μεγέθυνση X100 όλη η κλίμακα αντιστοιχεί σε 1mm του δείγματος.

Με την βοήθεια μιας οθόνης μέσα στη διάπτρα του προσοφθάλμιου φακού μετρούμε τον αριθμό των κόκκων κατά μήκος της οριζόντιας και της κάθετης γραμμής του ενός τετάρτου του παραλληλογράμμου (σχήμα 6) . Το γινόμενο των δύο αυτών αριθμών δίνει τον αριθμό των κόκκων στο ένα τεταρτημόριο του παραλληλογράμμου. Πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα επί 4 βρίσκομε τον ολικό αριθμό των κόκκων που υπάρχουν στο παραλληλόγραμμο , έστω $k =$ ολικός αριθμός κόκκων



Σχήμα 6.

Για μεγέθυνση X100 οι πραγματικές διαστάσεις του παραλληλογράμμου είναι
Βάση = $a = 1 \text{ mm}$
ύψος = $2/3 a = 2/3 \text{ mm}$
εμβαδόν παρ/μου = βάση x ύψος

ισχύει :

$$(εμβαδόν\ παραλληλογράμμου) = (ολικός\ αριθμός\ κόκκων) \times (εμβαδόν\ κόκκου)$$

επομένως

$$(1 \cdot \frac{2}{3}) \text{ mm}^2 = κ \cdot (\pi R^2)$$

Τέλος από την μέση ακτίνα R βρίσκουμε την μέση διάμετρο του κόκκου από την σχέση $D=2R$

B' τρόπος υπολογισμού

Σύμφωνα με το Αμερικανικό σύστημα τυποποίησης, ASTM (American Society for Testing and Materials) ορίζεται ένας δείκτης που περιγράφει την μικροδομή των μετάλλων (δηλ. το μέγεθος των κόκκων του μετάλλου). Ο δείκτης αυτός N ονομάζεται αριθμός μεγέθους κόκκου και ορίζεται από την σχέση.

$$n = 2^{N-1}$$

όπου n είναι ο αριθμός των κόκκων που υπάρχουν σε επιφάνεια 1 in^2 (τετραγωνική ίντσα) μιας μικροφωτογραφίας που πάρθηκε με μεγέθυνση X100.

Παρακάτω απεικονίζονται πρότυπες μικροφωτογραφίες μικροδομών με μεγέθυνση X100 με τους αντίστοιχους αριθμούς μεγέθους κόκκου N .

Παρατηρούμε το δείγμα μας στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο με μεγέθυνση X100 και συγκρίνουμε την εικόνα που βλέπουμε με τις πρότυπες μικροφωτογραφίες , οπότε βρίσκουμε την μέση διάμετρο των κόκκων του δείματός μας.

Πίνακας I : Αριθμοί μεγέθους κόκκου κατά ASTM

Αριθμός μεγέθους κόκκου , N	Μέση διάμετρος κόκκου (μm)
1	280
2	200
3	140
4	100
5	70
6	50
7	35
8	25
9	18
10	12

ZΗΤΟΥΜΕΝΑ

Υπολογισμός ακτίνας (R) και διαμέτρου (D) σε mm (-,--- mm) των κόκκων του δείγματος και με τους δύο τρόπους και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

