

Υλικά Ι: Παρόν και Μέλλον
Εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2010
(Τα θέματα είναι ισοδύναμα)

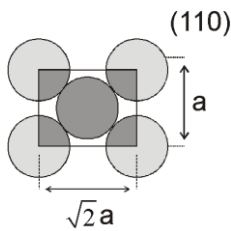
1. α) Υπολογίστε τον αριθμό ατομικής πλήρωσης (APF) για την BCC κυβική δομή

Λύση:

$$APF_{BCC} \equiv \frac{n \cdot V_{atom}}{V_{BCC}} = \frac{(\frac{1}{4} \cdot 4 + 1) \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{(\frac{4}{\sqrt{3}} R)^3} = \frac{\sqrt{3} \cdot \pi}{8} \approx 0.68$$

β) Υπολογίστε την επιφανειακή πυκνότητα PD για το επίπεδο (110) για μία κυβική BCC κυψελίδα

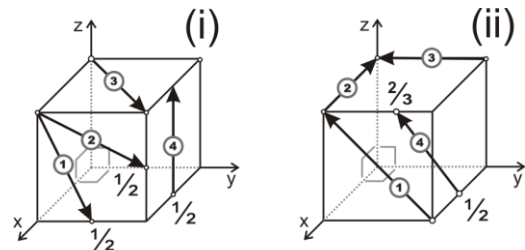
Λύση:



$$a = \frac{4}{\sqrt{3}} R,$$

$$PD_{(110)} = \frac{4(\frac{1}{4} \pi R^2) + \pi R^2}{(\frac{4}{\sqrt{3}} R) \cdot \sqrt{2}(\frac{4}{\sqrt{3}} R)} = \frac{2\pi R^2}{\frac{16\sqrt{2}}{3} R^2} \approx 0.833,$$

γ) Να προσδιορίσετε τις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις σε καθ' ένα από τα διπλανά σχήματα



Λύση:

(i)

(1) $[0 \frac{1}{2} \bar{1}] \Rightarrow [0 \ 1 \ \bar{2}]$

(2) $[0 \ 1 \ \frac{\bar{1}}{2}] \Rightarrow [0 \ 2 \ \bar{1}]$

(3) $[1 \ 1 \ 0]$

(4) $[0 \ 0 \ 1]$

(ii)

(1) $[0 \ \bar{1} \ 1]$

(2) $[\bar{1} \ 0 \ 0]$

(3) $[0 \ \bar{1} \ 0]$

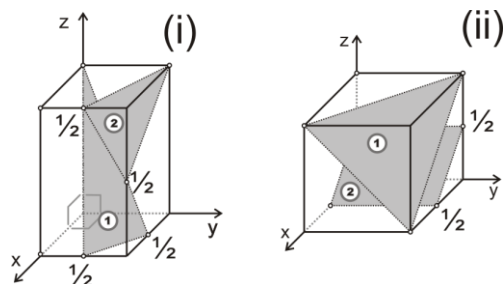
(4) $[\frac{1}{2} \ \frac{\bar{1}}{3} \ 1] \Rightarrow [3 \ \bar{2} \ 6]$

Υλικά Ι: Παρόν και Μέλλον

Εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2010

(Τα θέματα είναι ισοδύναμα)

δ) Να προσδιορίσετε τους δείκτες Miller των κρυσταλλογραφικών επιπέδων σε καθ' ένα από τα διπλανά σχήματα.



Λύση:

(i)

$$(1) \frac{x}{\frac{3}{2}} \frac{y}{\frac{3}{2}} \frac{z}{1} \Rightarrow \left(\frac{2}{3} \frac{2}{3} 1\right) \Leftrightarrow (2 \ 2 \ 3) \quad (2) \frac{x}{\bar{1}} \frac{y}{\frac{1}{2}} \frac{z}{\frac{1}{2}} \Rightarrow (\bar{1} \ \bar{2} \ \bar{2}) \Leftrightarrow (1 \ 2 \ 2)$$

(ii)

$$(1) \frac{x}{\bar{1}} \frac{y}{\bar{1}} \frac{z}{\bar{1}} \Rightarrow (\bar{1} \ \bar{1} \ \bar{1}) \Leftrightarrow (1 \ 1 \ 1) \quad (2) \frac{x}{\frac{1}{2}} \frac{y}{\infty} \frac{z}{\frac{1}{2}} \Rightarrow (2 \ 0 \ 2) \Leftrightarrow (1 \ 0 \ 1)$$

2. α) Ποιο από τα υλικά Cu, SiO₂ είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας και γιατί; Ποιος είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός θερμικής αγωγής σε κάθε περίπτωση (δικαιολογήστε την απάντησή σας);

Λύση:

Στο χαλκό η θερμότητα άγεται μέσω των ελευθέρων ηλεκτρονίων ενώ στο γυαλί κυρίαρχο ρόλο στις χαμηλές θερμοκρασίες παίζουν τα φωνόνια ενώ στις υψηλότερες σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμική αγωγή μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Σε κάθε περίπτωση η θερμική αγωγή μέσω των ελευθέρων ηλεκτρονίων είναι αποδοτικότερη εξαιτίας του χαμηλού βαθμού σκέδασης τους από τις πλεγματικές ατέλειες (τα φωνόνια σκεδάζονται ισχυρά από αυτές).

Καλύτερος α

β) Έστω ότι η δυναμική ενέργεια ενός ιοντικού δεσμού δίνεται από την σχέση $U(r) = -\frac{14}{r^5} + \frac{10}{r^7}$ σε μονάδες eV όταν η ακτίνα r εκφράζεται σε nm. Ποια θα είναι η απόσταση ισορροπίας ανάμεσα στα δύο ιόντα και ποια η αντίστοιχη ενέργεια αλληλεπίδρασης;

Λύση:

$$\text{Η συνολική δύναμη δίνεται από την σχέση: } F_{tot}(r) \equiv \frac{dU(r)}{dr} = \frac{5 \cdot 14}{r^6} - \frac{7 \cdot 10}{r^8} = \frac{70}{r^6} - \frac{70}{r^8},$$

Στην απόσταση ισορροπίας η συνολική δύναμη είναι μηδέν:

Υλικά I: Παρόν και Μέλλον

Εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2010

(Τα θέματα είναι ισοδύναμα)

$$F_{tot}(r_o) \equiv 0 = \frac{70}{r_o^6} - \frac{70}{r_o^8} \Rightarrow r_o = 1(nm),$$

Η ενέργεια δεσμού μπορεί να υπολογιστεί από την: $U_o = U(r_o) = -\frac{14}{r_o^5} + \frac{10}{r_o^7} = -4 (eV)$

3. α) Η ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα ενός άμορφου μεταλλικού υλικού είναι διαφορετική από αυτή του αντίστοιχου κρυσταλλικού; (δικαιολογήστε την απάντησή σας)

Λύση:

Ναι είναι διαφορετικές, σε ένα άμορφο μεταλλικό υλικό περιμένουμε η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα να είναι μικρότερη απ' ό,τι στο αντίστοιχο κρυσταλλικό. Ο λόγος είναι η ύπαρξη πλεγματικών ατελειών που λειτουργούν ως κέντρα σκέδασης για τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μειώνοντας έτσι την ευκινησία τους και κατά συνέπεια και την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.

β) Ο χειριστής ενός γερανού επιχειρεί να μεταφέρει, το ένα μετά το άλλο, κοντέινερ βάρους 10 τόνων με τη χρήση χαλύβδινου σύρματος διαμέτρου 10 mm.

i) Θα τα καταφέρει; (δικαιολογήστε την απάντησή σας)

ii) Ποια είναι η ελάχιστη διάμετρος του σύρματος για να μπορεί ο γερανός να σηκώσει τέτοια φορτία με παράγοντα ασφαλείας ίσο με 2; Ποια θα είναι σε αυτή την περίπτωση η διαμήκης και ποια η εγκάρσια παραμόρφωση του σύρματος;

(δίνονται ο συντελεστής Poisson $\nu = 0.3$, το μέτρο ελαστικότητας $E = 200 \text{ GPa}$ και η αντοχή διαρροής του χάλυβα $\sigma_y = 1210 \text{ MPa}$, αντοχή σε εφελκυσμό $\sigma_M = 1380 \text{ MPa}$, επιτάχυνση βαρύτητας $g \sim 10 \text{ m/s}^2$)

Λύση:

(i) Για να τα καταφέρει ο χειριστής θα πρέπει η τάση λειτουργίας σ_w να είναι μικρότερη από την αντοχή διαρροής σ_y του χάλυβα.

Η δύναμη εφελκυσμού που ασκείται στο σύρμα διαμέτρου D και διατομής S θα είναι

$$F = m \cdot g = 10^4 \text{ Kg} \cdot 10 \text{ m/sec}^2 = 10^5 \text{ N}$$

Έτσι η τάση λειτουργίας θα είναι:

$$\sigma_w = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{10^5 \text{ N}}{\pi \left(\frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2}\right)^2} = \frac{4}{\pi} 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cong 1273 \text{ MPa}$$

Εφόσον η τάση λειτουργίας σ_w είναι μεγαλύτερη από την αντοχή διαρροής σ_y , ο χειριστής δεν θα τα καταφέρει (το σύρμα θα παραμορφωθεί πλαστικά).

Υλικά I: Παρόν και Μέλλον

Εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2010

(Τα θέματα είναι ισοδύναμα)

(ii) Με παράγοντα ασφαλείας $N = 2$ η τάση λειτουργίας σ_w θα δίνεται από την σχέση:

$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{N} = \frac{1210 \text{ MPa}}{2} = 605 \text{ MPa}$$

Ήδη γνωρίζουμε ότι η δύναμη εφελκυσμού που ασκείται στο σύρμα διαμέτρου D και διατομής S θα είναι $F = 10^5 \text{ N}$, έτσι για την νέα τάση εργασίας :

$$\sigma_w = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{\sigma_w} = \frac{10^5 \text{ N}}{605 \cdot 10^6 \text{ Pa}} = 16.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

Οπότε τελικά η ελάχιστη διάμετρος υπολογίζεται από την:

$$S = \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow D = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}} \simeq 0.0145 \text{ m} = 14.5 \text{ mm}$$

Γνωρίζουμε ότι η διαμήκης παραμόρφωση ε_z συνδέεται με την τάση μέσω της σταθεράς ελαστικότητας E :

$$\sigma_w = E \varepsilon_z \Rightarrow \varepsilon_z = \frac{\sigma_w}{E} = \frac{605 \text{ MPa}}{200 \text{ GPa}} \cong 3 \cdot 10^{-3}$$

Ενώ η εγκάρσια παραμόρφωση συνδέεται με την διαμήκη μέσω του συντελεστή Poisson:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \Rightarrow \varepsilon_y = -\nu \varepsilon_z = -0.3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = -9 \cdot 10^{-4}$$