

ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ο ρ ι σ μ ο ί.

Μέταλλα. Χημικές ενώσεις χαρακτηριστικό των οποίων είναι ο μεταλλικός δεσμός. Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού και όταν στιλβωθούν αντανακλούν το φως. Στην πλειοψηφία τους μπορούν να παραμορφωθούν πλαστικά και είναι γενικά βαρύτερα από τα άλλα στοιχεία.

Κράματα. Μείγματα δύο ή περισσότερων στοιχείων εκ των οποίων το ένα τουλάχιστον μέταλλο και τα οποία παρουσιάζουν μεταλλικές ιδιότητες.

Χάλυβας. Κράμα σιδήρου και άνθρακα με περιεκτικότητα σε άνθρακα μέχρι 1,7 %. Περιέχει συνήθως Μαγγάνιο και συχνά άλλα κραματικά στοιχεία.

Ανοξειδωτος χάλυβας. Χάλυβας εξαιρετικής αντοχής στη διάβρωση με περιεκτικότητα σε χρώμιο τουλάχιστον 12%.

Χάλυβες κατασκευών. Χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (0,15 - 0,25%).

Χάλυβας σκυροδέματος. Ανθρακούχος χάλυβας κατάλληλος για τον οπλισμό του σκυροδέματος σε μορφή ράβδων ή δομικών πλεγμάτων. Οι ράβδοι μπορεί να είναι λείοι ή να φέρουν ραβδώσεις. (βλέπε Παράρτημα IV για κατηγορίες χαλύβων και ιδιότητες).

Χυτοσίδηρος. Κράμα σιδήρου και άνθρακα με περιεκτικότητα σε άνθρακα μεγαλύτερη του 2%. Η χημική του σύνθεση είναι παραπλήσια αυτής του πρωτογενούς σιδήρου.

Ορείχαλκος. Κράμα χαλκού με ψευδάργυρο. Η περιεκτικότητα τους σε ψευδάργυρο δεν ξεπερνά το 45%.

Μπρούτζος. Κράμα χαλκού με κασσίτερο και γενικά όλα τα κράματα του χαλκού εκτός αυτών με ψευδάργυρο.

Ι Δ Ι Ο Τ Η Τ Ε Σ

- * παρουσιάζουν εξαιρετική μηχανική αντοχή.
 - * καλοί αγωγοί ηλεκτρισμού και θερμότητας.
 - * μπορούν να μορφοποιηθούν πλαστικά.
 - * τροποποίηση ιδιοτήτων τους με μηχανική και θερμική κατεργασία ή αλλαγή της κραματικής σύστασης.
 - * δίνουν συγκολλήσεις υψηλής αντοχής.

ΑΣΚΗΣΗ 10

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Σκοπός της άσκησης είναι η αναγνώριση των μετάλλων με βάση τις φυσικές τους ιδιότητες, όπως χρώμα, ειδικό βάρος, μαγνήτιση κλπ.

Φυσικές ιδιότητες μετάλλων

Οι ιδιότητες των μετάλλων που αναφέρονται πιο κάτω αφορούν τα μέταλλα στην καθαρότερη δυνατή μορφή τους.

Σίδηρος (Fe)

Χρώμα: σταχτί.

Λάμψη: λαμπρή μεταλλική λάμψη μετά από στίλβωση.

Σκληρότητα: σχετικά μαλακό και ελατό μέταλλο. Η σκληρότητά του μετρούμενη με τη μέθοδο Brinell έχει την τιμή 67 περίπου.

Ειδικό βάρος: 7,87 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 1535 °C.

Μαγνήτιση: Ο καθαρός σίδηρος παρουσιάζει υψηλές μαγνητικές ιδιότητες που ελαττώνονται με τη θέρμανση και χάνονται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 770 °C.

Θερμική αγωγιμότητα: 80,2 W/m K (69,1 Kcal/hm°C)

Ψευδάργυρος (Zn)

Χρώμα: γκριζωπό.

Λάμψη: μέτρια μεταλλική.

Σκληρότητα: Μέτρια. Ελατός μέχρι του 150 °C.

Ειδικό βάρος: 7,14 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 419,6 °C.

Μαγνήτιση: Δεν παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες.

Θερμική αγωγιμότητα: 116 W/mK (100 Kcal/hm°C).

Χ α λ κ ό ς (Cu)

Χρώμα: κοκκινωπό.

Λάμψη: ισχυρή μεταλλική.

Σκληρότητα: μέτρια. Ο χαλκός είναι εύκαμπτος, ελατός και όλκιμος. Η σκληρότητα του ανοπτημένου χαλκού είναι 45 - 50 Brinell ενώ του μη ανοπτημένου 90 - 110 Brinell.

Ειδικό βάρος: 8,96 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 1084 °C.

Μαγνήτιση: Δεν εμφανίζει μαγνητικές ιδιότητες.

Θερμική αγωγιμότητα: Ο χαλκός παρουσιάζει την υψηλότερη από όλα τα μέταλλα θερμική αγωγιμότητα μετά τον άργυρο. Η τιμή της είναι 401 W/m K (345,7 Kcal/hm°C).

Α ρ γ ί λ ι ο (Al)

Χρώμα: αργυρόλευκο.

Λάμψη: λαμπρή που μειώνεται με το χρόνο λόγω δημιουργίας επιφανειακού στρώματος Al₂O₃.

Σκληρότητα: μικρή. Είναι εύκαμπτο, ελατό και όλκιμο. Μετά από ψυχρή κατεργασία αποκτά κάποια σκληρότητα που αποβάλλεται μετά από ανόπτηση.

Ειδικό βάρος: 2,7 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 660,5 °C.

Μαγνήτιση: Δεν παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες.

Θερμική αγωγιμότητα: Υψηλή . 237 W/m K (204 Kcal/hm°C).

Ν ι κ έ λ ι ο (Ni)

Χρώμα: αργυρόλευκο προς το λευκό.

Λάμψη: έντονα μεταλλική.

Σκληρότητα: μέτρια, πολύ ελατό και όλκιμο.

Ειδικό βάρος: 8,9 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 1455 °C.

Μαγνήτιση: Είναι μαγνητικό μέταλλο, όπως και ο σίδηρος.

Θερμική αγωγιμότητα: 90,7 W/m K (78,2 Kcal/hm°C).

Μόλυβδος (Pb)

Χρώμα: γκριζωπό το οποίο μετά από παραμονή του στον αέρα μετατρέπεται σε σκούρο γκρι έως σχεδόν μαύρο.

Λάμψη: Πρόσφατη τομή παρουσιάζει λαμπρή μεταλλική λάμψη.

Σκληρότητα: Πολύ μικρή. Χαράζεται από το νύχι. Είναι μέταλλο πολύ ελατό και ελαφρά όγκιμο.

Ειδικό βάρος: 11,3 gr/cm³.

Σημείο τήξης: 327,5 °C.

Μαγνήτιση: Δεν μαγνητίζεται.

Θερμική αγωγιμότητα: 35,3 W/m K (30,4 Kcal/hm°C).

Πειραματικό μέρος

Με βάση τις ιδιότητες των μετάλλων που αναφέρονται πιο πάνω, αναγνωρίζονται τα άγνωστα δοκίμια που μας δίδονται από το προσωπικό του εργαστηρίου.

Καταγράφουμε λεπτομερώς τις παρατηρήσεις που μας οδηγούν στο τελικό συμπέρασμα.

Σημείωση: Η μέτρηση του ειδικού βάρους των δοκιμίων εφόσον χρειαστεί γίνεται με ζύγιση και μέτρηση των διαστάσεων των δοκιμίων.

ΑΣΚΗΣΗ 11

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Εισαγωγή.

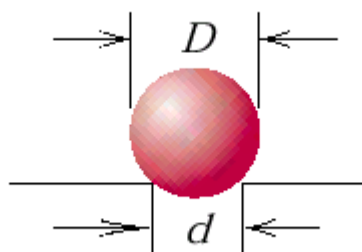
Η σκληρότητα των υλικών είναι μια σύνθετη ιδιότητα των υλικών που δεν μπορεί να οριστεί κατά τρόπο μοναδικό. Έτσι παρά του ότι πρόκειται για έννοια εύκολα κατανοητή, στην πράξη ο προσδιορισμός της σκληρότητας ενός υλικού βασίζεται στη μέτρηση κάποιων μηχανικών ιδιοτήτων που διαφέρουν από υλικό σε υλικό ή ακόμα και ανάλογα από τη χρήση του υλικού. Για παράδειγμα διαφορετική είναι η μέθοδος προσδιορισμού της σκληρότητας ενός πετρώματος από ένα μεταλλικό υλικό, ή η σκληρότητα διείδυσης ενός μεταλλικού υλικού από τη σκληρότητα τριβής του ίδιου υλικού.

Γιά τα μεταλλικά υλικά το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην πράξη παρουσιάζει η σκληρότητα διείδυσης, δηλαδή η αντίσταση του υλικού στην πλαστική παραμόρφωση υπό την επίδραση ενός στατικού φορτίου. Η σκληρότητα διείδυσης έχει το πλεονέκτημα ότι:

- η μέτρηση είναι απλή και γίνεται σχετικά εύκολα.
- δίνει το μέτρο των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού, έτσι που να μπορεί να συσχετιστεί άμεσα με την αντοχή σε εφελκυσμό.
- ο έλεγχος δεν είναι καταστροφικός.

Μέθοδος Brinell.

Η μέθοδος βασίζεται στη διείδυση χαλύβδινης σφαίρας ορισμένης διαμέτρου, υπό την επίδραση φορτίου F , στο προς δοκιμή υλικό. Το εφαρμοζόμενο φορτίο (kg) προς την επιφάνεια του κυκλικού αποτυπώματος (mm^2) δίνει το μέτρο της σκληρότητας του υλικού.



σχ. 11.1 Μέθοδος Brinell

Η σκληρότητα σύμφωνα με την μέθοδο Brinell συμβολίζεται ως BHN (Brinell Hardness Number) ή ως H_B και δίδεται από την σχέση :

F

$$H_B = \frac{F}{S} \quad (\text{Kg} / \text{mm}^2)$$

όπου S είναι η επιφάνεια του αποτυπώματος, και η οποία προσδιορίζεται από τη σχέση :

$$S = \frac{\pi * D}{2} * (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

όπου : D η διάμετρος της σφαίρας.

d η διάμετρος του αποτυπώματος.

Για σωστά αποτελέσματα ο λόγος d / D πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 0.3 και 0,6. Συνήθως η μέτρηση γίνεται με φορτίο 3000 kg και διεισδυτή διαμέτρου D =10 mm. Ο χρόνος εφαρμογής του φορτίου είναι 10 sec.

Απαραίτητη προϋπόθεση για σωστή μέτρηση είναι η επιφάνεια του δοκιμίου να είναι επίπεδη, λεία και απαλλαγμένη από οξειδία και σκόνη. Αυτό επιτυγχάνεται με λείανση και καθαρισμό του δοκιμίου.

Επίσης για σωστές μετρήσεις πρέπει:

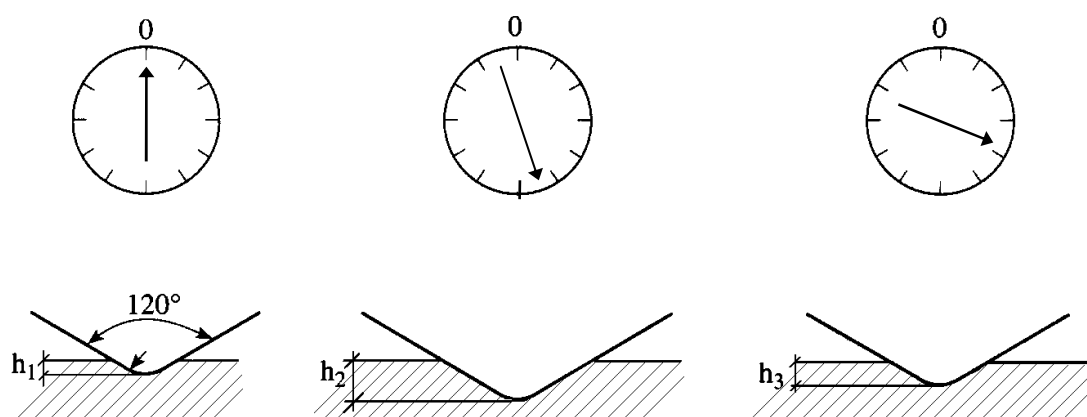
- το πάχος του δοκιμίου να είναι τουλάχιστον 10 φορές το βάθος του αποτυπώματος.
- η απόσταση του διεισδυτή από τις άκρες του δοκιμίου να είναι τουλάχιστον 2,5 φορές τη διάμετρο του αποτυπώματος.
- τα σημεία δοκιμής να απέχουν τουλάχιστον 5 διαμέτρους μεταξύ τους.

Μέθοδος Rockwell.

Η μέθοδος Rockwell στηρίζεται και αυτή στη μέτρηση της διείσδυσης ενός διεισδυτή κάτω από την επίδραση ενός φορτίου. Η διαφοροποίηση της μεθόδου από τη μέθοδο Brinell συνίσταται στο ότι η μέθοδος Brinell βασίζεται στη μέτρηση της επιφανείας του αποτυπώματος, ενώ η μέθοδος Rockwell βασίζεται στη μέτρηση της προσαύξησης του βάθους του αποτυπώματος που προκύπτει από την εφαρμογή ενός προκαταρκτικού και ενός κυρίως φορτίου.

Ένα πλεονέκτημα της μεθόδου Rockwell είναι το ότι φέρει ωρολογιακή κλίμακα ανάγνωσης που δίνει απευθείας τη μέτρηση της προσαύξησης του βάθους του αποτυπώματος σε μονάδες σκληρότητας Rockwell.

Για την μέτρηση της σκληρότητας των μαλακών μεταλλικών υλικών χρησιμοποιείται ως διεισδυτής χαλύβδινη σφαίρα (κλίμακα B), ενώ για σκληρότερα υλικά κώνος με ημισφαιρική αδαμαντένια απόληξη (Brale) (κλίμακα C). Αρχικά εφαρμόζεται ένα προκαταρκτικό φορτίο 10 kg και στη συνέχεια ανάλογα με την κλίμακα το αντίστοιχο κυρίως φορτίο, 100 kg στην κλίμακα **B** και 150 kg στην κλίμακα **C**.



σχ. 11.2 Μέθοδος Rockwell

Η ανάγνωση της σκληρότητας γίνεται στον ωρολογιακό μηχανισμό ανάγνωσης του οργάνου. Το σύστημα ανάγνωσης φέρει δύο κλίμακες με ενδείξεις από 0 - 100. Η μία κλίμακα, τυπωμένη με κόκκινο χρώμα, φέρει την ένδειξη B και χρησιμεύει για την ανάγνωση τιμών σύμφωνα με την κλίμακα B. Η άλλη κλίμακα φέρει ενδείξεις με μαύρο χρώμα και την ένδειξη C και μετρά την αντίστοιχη σκληρότητα.

Για την σωστή μέτρηση της σκληρότητας απαιτείται όπως:

- η επιφάνεια του δοκιμίου είναι λεία, επίπεδη και καθαρή.
- το ελάχιστο πάχος του δοκιμίου να είναι τουλάχιστον 10 φορές το βάθος του αποτυπώματος.

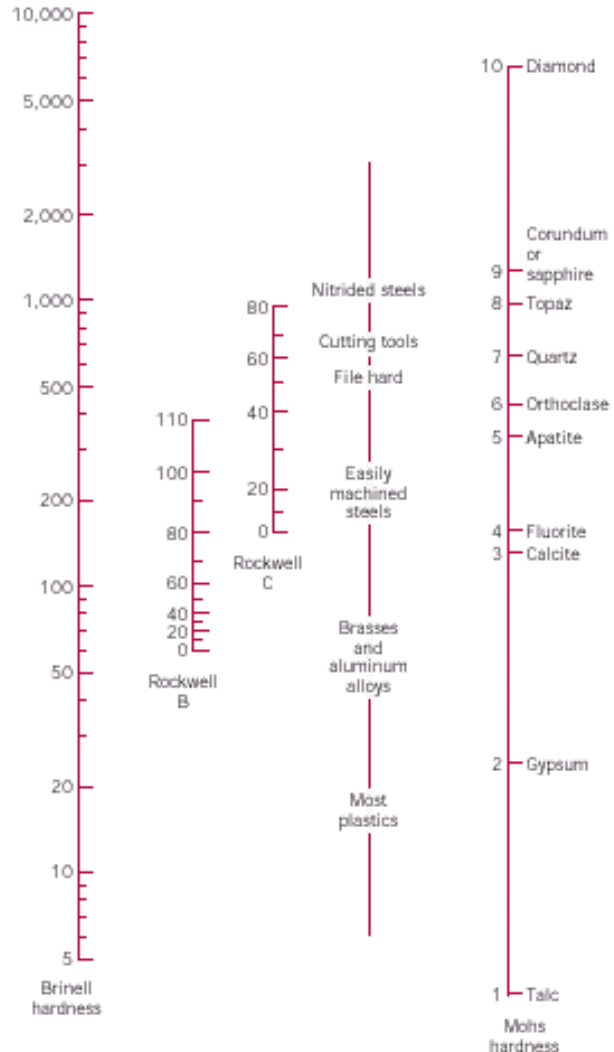
Συσχέτιση αριθμών σκληρότητας.

Αν και υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα στη συσχέτιση της σκληρότητας μεταξύ των διαφόρων μεθόδων που χρησιμοποιούνται, στην πράξη με την εφαρμογή ημιεμπειρικών τύπων και με σφάλμα της τάξης του $\pm 10\%$ είναι δυνατή η συσχέτιση της σκληρότητας που προσδιορίζεται με τη μέθοδο Brinell με αυτήν της μεθόδου Rockwell.

Η σχέση που εφαρμόζεται στην περίπτωση τιμών Rockwell B μεταξύ 35 και 100, είναι η παρακάτω:

$$H'_B = \frac{7300}{130 - H_{RB}}$$

Υπάρχουν στην βιβλιογραφία διαγράμματα, όπως αυτό του παραπλεύρως σχήματος που συσχετίζουν τις σκληρότητες ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την συσχέτιση αυτή πρέπει να αξιολογούνται με προσοχή.



σχήμα 11.3 Συσχέτιση αριθμών σκληρότητας

Συσχέτιση σκληρότητας με αντοχή σε εφελκυσμό.

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, ο προσδιορισμός της σκληρότητας διείσδυσης είναι δυνατόν να συσχετιστεί με τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό της αντοχής σε εφελκυσμό (σ_T) του υλικού.

Ο συσχετισμός αυτός εφαρμόζεται στις περιπτώσεις εκείνες που ο προσδιορισμός με το πείραμα του εφελκυσμού είτε είναι ανέφικτος είτε δύσκολος.

Οι προσεγγιστικές σχέσεις που εφαρμόζονται για τις βασικές κατηγορίες μεταλλικών υλικών ενδιαφέροντος δομικού είναι :

- Χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (< 1%)

για σκληρότητα 120 - 175 H_B $\sigma_T = 0,34 H_B \text{ (kg/mm}^2 \text{)}$

- Χαλκός, ορείχαλκος, μπρούτζος.

- ανοπτημένος $\sigma_T = 0,55 H_B \text{ (kg/mm}^2 \text{)}$

- σκληρυμένος με παραμόρφωση $\sigma_T = 0,40 H_B$

- Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου

για H_B μεταξύ 20 - 25 $\sigma_T = 0,33 - 0,36 H_B$

Ντουραλουμίνιο $\sigma_T = 0,36 H_B$

Στον Πίνακα της επόμενης σελίδας καταγράφονται οι προσεγγιστικές σχέσεις μεταξύ σκληρότητας στις δύο βασικές κλίμακες μέτρησης και αντοχής σε εφελκυσμό. Οι αντιστοιχίες αυτές προσεγγίζουν την πραγματικότητα στην περίπτωση των χαλύβων μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα, π.χ. δομικοί χάλυβες.

Πίνακας 11.1 Προσεγγιστική σχέση μεταξύ σκληρότητας Brinell, Rockwell και αντοχής σε εφελκυσμό.

Σκληρότητα Brinell	Σκληρότητα Rockwell		Αντοχή σε εφελκυσμό	
	Κλίμακα B	Κλίμακα C	MN/m ² (MPa)	Kgf/mm ²
415		44,5	1416,5	144,4
388		41,8	1330,5	135,6
363		39,1	1220,2	124,4
341		36,6	1123,7	114,6
321		34,3	1047,9	106,8
302		32,1	985,8	100,5
285		29,9	937,6	95,6
269		27,6	882,4	90,0
255		25,4	834,2	85,0
248		24,2	813,5	82,9
241	100,0	22,8	785,9	80,1
235	99,0	21,7	765,2	78,0
229	98,2	20,5	751,4	76,6
217	96,4		710,1	72,4
212	95,5		689,4	70,3
207	94,6		682,5	69,6
201	93,8		668,7	68,2
197	92,8		648,0	66,1
192	91,9		634,2	64,6
187	90,7		620,5	63,2
183	90,0		613,6	62,5
179	89,0		606,7	61,8
174	87,8		592,9	60,4
170	86,8		579,1	59,0
167	86,0		572,2	58,3
163	85,0		565,3	57,6
156	82,9		551,5	56,2
149	80,8		503,3	51,3
143	78,7		489,5	49,9
137	76,4		461,9	47,1
131	74,0		448,1	45,7
126	72,0		434,3	44,3
121	69,0		413,6	42,2
116	67,6		399,8	40,8
111	65,7		386,1	39,4

Πειραματικό μέρος.

Σε επίπεδο δοκίμιο δομικού χάλυβα, μετά την απαιτούμενη προετοιμασία, μετρείται η σκληρότητα με τη μέθοδο Brinell. Η μέτρηση γίνεται σε 3 διαφορετικά σημεία και ως σκληρότητα λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων.

Στη συνέχεια μετριέται η σκληρότητα Rockwell στην κλίμακα B του ίδιου δοκιμίου. Λαμβάνονται πάλι 3 μετρήσεις και εξάγεται ο μέσος όρος.

Με βάση την σχέση που αναφέρθηκε πριν συσχετίζουμε την σκληρότητα Brinell (H_B) με τη σκληρότητα Rockwell B (H_{RB}) υπολογίζοντας και το σχετικό σφάλμα.

Από τις σχέσεις συσχέτισης της σκληρότητας με την αντοχή σε εφελκυσμό προσδιορίζουμε την αντοχή σε εφελκυσμό (σ_T) του δοκιμίου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια η διαφορά στη σύσταση μεταξύ χάλυβα και χυτοσιδήρου;
2. Πώς μπορούμε να διακρίνουμε αν ένα μέταλλο είναι σίδηρος ή νικέλιο;
3. Που βασίζεται η μέτρηση της σκληρότητας των μεταλλικών υλικών;
4. Ποια η πρακτική σημασία της συσχέτισης της σκληρότητας με την αντοχή σε εφελκυσμό σ'ένα μεταλλικό υλικό;
5. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει η μέθοδος Rockwell από την μέθοδο Brinell;