

ΑΣΚΗΣΗ 2 : ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επίδραση μηχανικών ή και θερμικών φορτίων κατά την διάρκεια μιας κατεργασίας , επιφέρει αλλαγές στα στρώματα του υλικού κοντά στην επιφάνεια ,από τις σπουδαιότερες των οποίων είναι η αλλαγή της σκληρότητας .

Στην ορυκτολογία , σκληρότητα ορυκτού είναι η αντίσταση του υλικού αυτού στη χάραξή του από άλλο σκληρότερο .

Για τη μέτρηση της σκληρότητας των ορυκτών , το 1812 ο Mohs πρότεινε μια δεκάβαθμη κλίμακα , στην οποία ο τάλκης έχει την τιμή (1) και το διαμάντι έχει την τιμή (10) .Θεωρούμε ότι ένα υλικό είναι σκληρότερο από ένα άλλο , όταν το χαράζει και λιγότερο σκληρό , όταν χαράσσεται από αυτό . Τα δέκα αυτά ορυκτά κατά Mohs είναι :

- (1) τάλκης
- (2) γύψος
- (3) ασβεστίτης
- (4) φθορίτης
- (5) απατίτης
- (6) ορθόκλαστο
- (7) χαλαζίας
- (8) τοπάζι
- (9) κορούνδιο
- (10) διαμάντι

Ορυκτά με σκληρότητα (1) και (2) χαράσσονται με το νύχι , αυτά με σκληρότητα από (1) έως (5) χαράσσονται με το μαχαίρι , ενώ ορυκτά με σκληρότητα από (6) έως (10) χαράσσουν το γυαλί .

Αν και δεν υπάρχει συγκεκριμένος ορισμός της σκληρότητας , στη μεταλλουργία θα μπορούσε να δοθεί ο παρακάτω :

Σκληρότητα ενός υλικού ορίζεται η αντίσταση που προβάλλει το υλικό όταν διεισδύει κάποιο αιχμηρό αντικείμενο μέσα σ'αυτό . Το αιχμηρό αντικείμενο που λέγεται διεισδυτής πρέπει να είναι οπωσδήποτε σκληρότερο από το δοκιμαζόμενο υλικό. Η σκληρότητα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερη είναι η διείσδυση του σκληρού υλικού αναφοράς .

Οι τιμές σκληρότητας χρησιμοποιούνται ως κριτήριο για τη σύγκριση των υλικών μεταξύ τους, το σχεδιασμό μηχανικών και θερμικών κατεργασιών τους, τον έλεγχο της ποιότητας και τις τιμές άλλων ιδιοτήτων τους.

Η σκληρομέτρηση είναι μία ασφαλής μέθοδος ποιοτικού ελέγχου με τα εξής πλεονεκτήματα.

1. Είναι μια γρήγορη, απλή, εύκολη και αξιόπιστη μέτρηση
2. Είναι ουσιαστικά μη καταστροφική μέθοδος
3. Δίνει στοιχεία σχετικά με τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού. Η αντοχή σε εφελκυσμό και η αντοχή σε φθορά μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια από τα δεδομένα της μέτρησης της σκληρότητας. εφελκυσμό. Μεγαλύτερη σκληρότητα συνεπάγεται μεγαλύτερη αντοχή σε παραμόρφωση. Η αντοχή σε εφελκυσμό (σ_M) χάλυβων με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα, συνδέεται με την σκληρότητα με τη σχέση: σ_M (MPa) = 3,3 HB. Μια απλή μέτρηση της σκληρότητας μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε την αντοχή ενός τέτοιου χάλυβα με εύκολο και άμεσο τρόπο. Για ορισμένα κράματα έχει βρεθεί μια σχέση, η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της μέγιστης αντοχής τους σε εφελκυσμό (σ_M), γνωρίζοντας την τιμή της σκληρότητας με ακρίβεια 5-10 %.

Οι μέθοδοι μέτρησης της σκληρότητας είναι πολλές και τα αποτελέσματα δίνουν μέτρο συγκριτικό και όχι απόλυτο, έτσι, κάθε μέθοδος συνοδεύεται με τα δικά της χαρακτηριστικά.

Οι μέθοδοι σκληρομέτρησης ανάλογα με το αν θα εφαρμοστούν στατικά ή κρουστικά φορτία χωρίζονται στις παρακάτω πιο διαδεδομένες μεθόδους:

A) Στατικές μέθοδοι

B) Δυναμικές μέθοδοι

ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η βασική αρχή των στατικών μεθόδων έγκειται στην αρχή του ότι μέσω μιας συσκευής που λέγεται διεισδυτής, ασκείται στο δοκίμιο στατικά, ένα συγκεκριμένο φορτίο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και δημιουργεί ένα αποτύπωμα πάνω σ' αυτό. Η τιμή της σκληρότητας προκύπτει από την ανάγνωση των στοιχείων του αποτυπώματος.

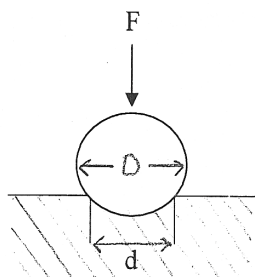
Για τη μέτρηση της σκληρότητας χρησιμοποιούνται διάφορες στατικές μέθοδοι, με διαφορετικό υλικό διεισδυτή, κλίμακα επιβαλλόμενων φορτίων και μετρούμενα μεγέθη.

Οι πλέον γνωστές στατικές μέθοδοι σκληρομέτρησης είναι:

1. BRINELL
2. VICKERS
3. ROCKWELL

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ BRINELL

Στη μέθοδο αυτή ο διεισδυτής είναι μικρή σφαίρα από σκληρό χάλυβα ή από καρβίδιο του βολφραμίου (WC) με διάμετρο D. Η σφαίρα αυτή πιέζεται με στατικό φορτίο F στην επιφάνεια του δοκιμίου που έχει λειανθεί κατάλληλα , για καθορισμένο χρονικό διάστημα .Μετά την αποφόρτιση μετρίεται με μικροσκόπιο η διάμετρος του σφαιρικού αποτυπώματος d .



Σαν μέτρο σκληρότητας παίρνεται ο λόγος του φορτίου F προς την επιφάνεια του σφαιρικού αποτυπώματος και παριστάνεται με το BHN ή HB .

Η επιφάνεια του δοκιμίου λειάνεται με λίμα και μετά με σμυριδόπανο .

Η σκληρότητα κατά Brinell , μετρούμενη σε Kg/mm² , υπολογίζεται από τη σχέση :

$$HB \quad \text{ή} \quad BHN = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Κατά την μέθοδο αυτή πρέπει να προσεχθούν :

- 1) Η επιφάνεια του δοκιμίου να έχει λειανθεί καλά
- 2) Το φορτίο να είναι κάθετο στην σκληρομετρούμενη επιφάνεια , συνεχές , ομαλό , χωρίς κρούσεις
- 3) Ο χρόνος επιβολής του φορτίου καθορισμένος , 10 έως 15 sec , ενώ για πιο σκληρά υλικά 30 sec
- 4) Το πάχος του δοκιμίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερο από το βάθος του αποτυπώματος . Ετσι η μέθοδος δεν ενδείκνυται για την σκληρομέτρηση λεπτών ελασμάτων
- 5) Η σκληρότητα του δοκιμίου να είναι μικρότερη από 450 BHN (η σκληρότητα του διεισδυτή ισούται με 450 BHN) . Ετσι η μέθοδος δεν ενδείκνυται για την σκληρομέτρηση πολύ σκληρών υλικών .
- 6) Ο έλεγχος να γίνεται όχι κοντά στα άκρα ή σε προηγούμενα σημεία ελέγχου . Συνήθως απόσταση 3D είναι ικανοποιητική.

Κατά την μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε σφαίρες διαφόρων διαμέτρων και τα επιβαλλόμενα φορτία ποικίλλουν ανάλογα με το πάχος και την σκληρότητα του δοκιμίου .

Η επιλογή των τιμών επιβαλλόμενου φορτίου (F) και διαμέτρου διεισδυτή (D) , πρέπει να γίνεται , έτσι ώστε ο διεισδυτής να μη «βυθίζεται» στο εξεταζόμενο υλικό , αλλά να προκαλεί τη δημιουργία αποτυπώματος σαφών ορίων . Έχει βρεθεί ότι για την ορθή μέτρηση της σκληρότητας θα πρέπει να ισχύει :

$$0,2D < d < 0,7 D$$

Έχουμε τρεις διαφορετικούς διεισδυτές διαμέτρων 2,5 - 5 και 10 mm

Υπάρχουν τρεις βαθμίδες φόρτισης .Σε αυτές το φορτίο F είναι :

$$F_1 = 30 D^2$$

$$F_2 = 10 D^2$$

$$F_3 = 5 D^2$$

Όπου D η διάμετρος του διεισδυτή σε mm

Για χάλυβες παίρνουμε την μεγαλύτερη βαθμίδα , την $F_1 = 30 D^2$

Για άλλα μέταλλα την $F_2 = 10 D^2$

Για μαλακά υλικά την $F_3 = 5 D^2$

Η σύγκριση στις σκληρότητες μπορεί να γίνει με υλικά που μετρήθηκαν στην ίδια βαθμίδα και με διαφορετικές διαμέτρους διεισδυτών και όχι με τον ίδιο διεισδυτή σε διαφορετικές βαθμίδες .

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ VICKERS

Η μέθοδος Vickers είναι παρεμφερής της μεθόδου Brinell . Θεωρείται ιδιαίτερα αξιόπιστη και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου τα δοκίμια είναι λεπτά και από πολύ σκληρό υλικό όπως επίσης και αν έχουν δεχθεί οποιαδήποτε επιφανειακή θερμική κατεργασία και η επιφάνειά τους έχει καταστεί πολύ σκληρή .

Βασίζεται στην αργή επιβολή ενός φορτίου , μέσω ενός αδαμάντινου διεισδυτή , σε ένα δοκίμιο που έχει υποστεί πολύ καλή λείανση .

Ο διεισδυτής είναι μια αδαμάντινη πυραμίδα , τετραγωνικής βάσης , της οποίας η γωνία κορυφής είναι 136° (είναι η γωνία που σχηματίζουν οι εφαπτόμενες στη σφαίρα Brinell όταν $d / D = 0,375$) .

Το φορτίο κυμαίνεται από 1 έως 120 Kg και ο χρόνος εφαρμογής του είναι περίπου 10-15 sec .Τα τυποποιημένα σκληρόμετρα Vickers έχουν σύστημα αυτόματης επιβολής και απελευθέρωσης του εκλεγόμενου κάθε φορά φορτίου.

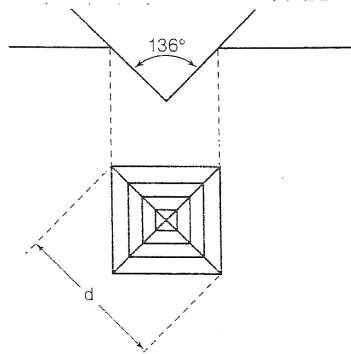
Η μέτρηση της σκληρότητας του δοκιμίου γίνεται από την μέτρηση των διαστάσεων του αποτυπώματος μέσω ενός ενσωματωμένου συστήματος φωτισμού και μεγεθυντικών φακών .

Η σκληρότητα Vickers , για την κλίμακα από 5-1000 Vickers , δίνεται σε Kg/mm^2 και υπολογίζεται από την σχέση :

$$\text{HV} \quad \text{ή} \quad \text{VPN} = (2 \text{ ή } 136^0/2) F/d^2 = 1,854 F/d^2$$

Όπου F η εφαρμοζόμενη δύναμη και

D η μέση τιμή των δύο διαγωνίων του αποτυπώματος.



Γεωμετρία του ίχνους του διεισδυτή της μεθόδου Vickers

Οι τιμές Brinell (BHN) και Vickers (VPN) συμπίπτουν , σχεδόν , μέχρι περίπου την τιμή 400. Για τιμές σκληρότητας υψηλότερες των 400 , η μέθοδος Vickers είναι ακριβέστερη .

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι οι ιδιαίτερα αξιόπιστες μετρήσεις , η χρήση μόνο ενός τύπου διεισδυτή , η δυνατότητα μέτρησης λεπτών , σκληρών , μαλακών ακόμα και κεραμικών υλικών .

Σαν μειονεκτήματα μπορούν να θεωρηθούν το μεγάλο κόστος αγοράς καθώς και η ανάγκη για πολύ καλή προετοιμασία – λείανση του δοκιμίου .

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ROCKWELL

Η μέθοδος σκληρομέτρησης Rockwell είναι η πλέον διαδεδομένη . Χρησιμοποιείται κυρίως για σιδηρούχα αλλά και μη σιδηρούχα δοκίμια καθώς είναι απλή , γρήγορη και οικονομική .

Η δοκιμή αυτή στηρίζεται στη μέτρηση του βάθους διείσδυσης ενός διεισδυτή κάτω από την επίδραση ενός φορτίου. Η γρήγορη μέτρηση επιτυγχάνεται γιατί τα υλικά που σκληρομετρούνται δεν χρειάζονται να προετοιμαστούν κατάλληλα (λείανση επιφάνειας).

Ο διεισδυτής έχει την μορφή ενός αδαμάντινου κώνου γωνίας 120° (για μετρήσεις σε σκληρά μέταλλα) ή χαλύβδινης σφαίρας διαμέτρου $1/16$ " δηλαδή $1,5875\text{mm}$ (για μετρήσεις σε μαλακά μέταλλα).

Το φορτίο είναι δύο τύπων , το αρχικό 10 Kg και το τελικό 50 , 90 ή 140 Kg (ανάλογα τον τύπο της σκληρομέτρησης).

Η διαδικασία έγκειται στην εφαρμογή δύο τύπων φορτίων σε δύο στάδια . Στο πρώτο στάδιο εφαρμόζεται ένα αρχικό φορτίο $F_0 = 10\text{Kg}$ για κάποια sec και επιτυγχάνεται ένα αρχικό βάθος διείσδυσης το οποίο και θεωρείται μηδενικό βάθος . Αφού επέλθει ηρεμία στο σύστημα , παράλληλα με το αρχικό φορτίο , ασκείται το τελικό φορτίο F_1 με το οποίο δημιουργείται μια περαιτέρω διείσδυση στο υλικό . Αφού επέλθει πάλι ηρεμία στο σύστημα αφαιρείται το τελικό φορτίο F_1 και παραμένει μόνο το αρχικό φορτίο F_0 . Η τιμή της σκληρότητας δίνεται από την διαφορά του τελικού βάθους διείσδυσης μείον το αρχικό βάθος διείσδυσης . Οπότε σύμφωνα με την μέθοδο Rockwell , το αποτέλεσμα της σκληρομέτρησης είναι μήκος και πιο συγκεκριμένα το βάθος διείσδυσης μετρούμενο με μονάδα μέτρησης τα $0,002\text{mm}$.

Ο μαθηματικός τύπος που δίνει την τιμή της σκληρότητας είναι : $HR = E - e$

Η όλη διαδικασία σκληρομέτρησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα όπου :

F_0 : αρχικό φορτίο σε Kg

F_1 : τελικό φορτίο

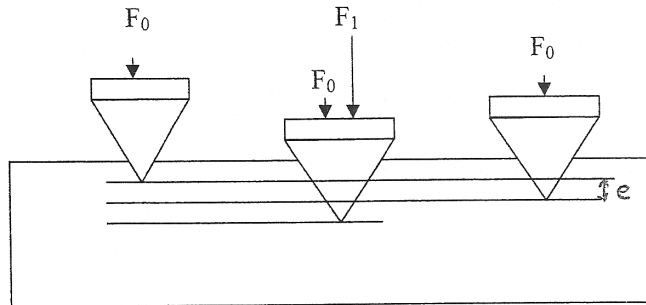
F : συνολικό φορτίο

E : σταθερά η οποία εξαρτάται από την μορφή του διεισδυτή

e : το επιπλέον βάθος διείσδυσης το οποίο δημιουργήθηκε λόγω εφαρμογής του τελικού φορτίου F_1 μετρούμενο σε μονάδες $0,002\text{mm}$

Τα συνήθη σκληρόμετρα Rockwell δίνουν την τιμή της σκληρότητας είτε σε ψηφιακή είτε σε ωρολογιακή μορφή χωρίς να απαιτείται ο χρήστης να κάνει την ανάλογη αφαίρεση βάθους .

$$\begin{aligned} \text{Αρχικό φορτίο} \quad \text{Συνολικό φορτίο (F)} = \quad \text{Αρχικό φορτίο} \\ \text{Αρχικό φορτίο} + \\ \text{Τελικό φορτίο} \end{aligned}$$



Αρχή μεθόδου μέτρησης σκληρότητας κατά Rockwell

Ο τύπος του διεισδυτή και του ασκούμενου φορτίου καθορίζει την κλίμακα σκληρότητας A , B , C , D , E , F , G , H , K

Ο παρακάτω πίνακας δίδει κάποια στοιχεία για μερικές κλίμακες Rockwell

	HRC	HRA	HRB	HRF
Χρήση	σκληροί χάλυβες	πολύ σκληρά υλικά	μαλακά κράματα	ανοπτημένος Cu, Al
Κλίμακα μετρητικού ρολογιού	ΜΑΥΡΗ		ΚΟΚΚΙΝΗ	
Μορφή διεισδυτή	ΑΔΑΜΑΝΤΙΝΟΣ ΚΩΝΟΣ		ΧΑΛΥΒΔΙΝΗ ΣΦΑΙΡΑ	
F ₀	10 Kg	10 Kg	10 Kg	10 Kg
F ₁	140 Kg	50 Kg	90 Kg	50 Kg
F	150 Kg	60 Kg	100 Kg	60 Kg

Στην επιλογή του σωστού τύπου κλίμακας μέτρησης κατά Rockwell είναι σημαντικό να έχουν μελετηθεί οι παρακάτω παράμετροι :

- Τύπος του υλικού

- Πάχος του δοκιμίου (τουλάχιστον 10 φορές το βάθος του αποτυπώματος)
- Θέση που θα γίνει η μέτρηση
- Περιορισμοί της κλίμακας

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου Rockwell είναι η ταχύτητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων όπως και ο μικρός χρόνος διεξαγωγής της μέτρησης. Σαν μειονεκτήματα θεωρούνται οι πολλές αυθαίρετες κλίμακες και τα λανθασμένα αποτελέσματα που προκύπτουν από την λανθασμένη στήριξη του δοκιμίου .

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι είναι οι HRB (χρησιμοποιείται για μαλακά υλικά όπως κράματα χαλκού , μαλακός χάλυβας , κράματα αλουμινίου κ.α.) και HRC (χρησιμοποιείται για σκληρά υλικά όπως σκληρός χυτοσίδηρος , πολλά κράματα χάλυβα κ.α.)

ΣΚΟΠΟΣ

Το περιεχόμενο της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός της σκληρότητας των διαφόρων μετάλλων κατά την μέθοδο στατικής δοκιμής Rockwell και Brinell

ΟΡΓΑΝΑ – ΥΛΙΚΑ

1. Σκληρόμετρο μέτρησης σκληρότητας κατά Brinell
2. Σκληρόμετρο μέτρησης σκληρότητας κατά Rockwell
3. Πρότυπα δοκίμια για σκληρότητες HRB και HRC
4. Δοκίμια μετάλλων
5. Παχύμετρο
6. Χρονόμετρο

ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

A) Μέθοδος Rockwell

1. Καθορισμός του κλίμακας μέτρησης.
2. Τοποθέτηση του δοκιμίου στη βάση στήριξης.
3. Επιβολή αρχικής φόρτισης (ο μικρός δείκτης του μετρητικού ρολογιού να φθασει στη κόκκινη κουκίδα)
4. Μηδενισμός του ρολογιού. Τοποθετούμε τον μεγάλο δείκτη του μετρητικού ρολογιού στην ένδειξη μηδέν της μαύρης κλίμακας.
5. Επιβολή του τελικού φορτίου . Με τον μοχλό ή το κουμπί επιβάλλουμε το τελικό φορτίο ομαλά και σε χρόνο 3 έως 6 sec .
6. Αφαίρεση του τελικού φορτίου και ανάγνωση της μέτρησης στις αντίστοιχες κλίμακες του οργάνου (μαύρη ή κόκκινη)
7. Το πείραμα επαναλαμβάνεται άλλες 6 φορές.

B) Μέθοδος Brinell

1. Προετοιμασία δοκιμίου
2. Καθορισμός μέγιστου φορτίου και διεισδυτή.
3. Επιβολή φορτίου
4. Αφαίρεση φορτίου.
5. Μέτρηση διαμέτρου αποτυπώματος.

TAVOLE PER LA LETTURA DIRETTA DELLA DUREZZA BRINELL
HB-30 Ø 2,5 Kg: 187,5

per ghisa e ghisa dura - for cast iron - pour la fonte et la fonte trempée - für Gufstesen und Hartguß
 penetrazione: Ø 2,5 mm
 carico totale: Kg 187,5
 lettura: su scala 0-100 da convertire
 EQUIVALENTE A: Ø 10 mm
 Kg 3000

LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100
0	105	23	128,5	36	154	49	194	62	258,5
2	106,5	24	130	37	156,5	50	198	63	263,5
4	108	25	131,5	38	159	51	202	64	272,5
6	109,5	26	133	39	161,5	52	206,5	65	280
8	111	27	134,5	40	164	53	211	66	288
10	113	28	136,5	41	167	54	215,5	67	296,5
12	115	29	138,5	42	170	55	220	68	305,5
14	117	30	140,5	43	173	56	225	69	315
16	119	31	142,5	44	176	57	230	70	325
18	121,5	32	144,5	45	179,5	58	235	71	335,5
20	124	33	146,5	46	183	59	240,5	72	346,5
21	125,5	34	149	47	186,5	60	246	73	350
22	127	35	151,5	48	190	61	252	74	370

TAVOLE PER LA LETTURA DIRETTA DELLA DUREZZA BRINELL
HB-10 Ø 2,5 Kg: 62,5

per metalli non ferrosi - for non-ferrous material - pour les metaux non ferreux - für Nichtstahmetalle
 penetrazione: Ø 2,5 mm
 carico totale: Kg 62,5
 lettura: su scala 0-100 da convertire
 EQUIVALENTE A: Ø 10 mm
 Kg 1000

LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-10 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-10 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-10 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-10 0-100	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-10 0-100
0	28,9	22	38,6	44	53,5	66	83,5	86,0	110,5
1	29,3	23	39,1	45	54,4	67	86,0	88,5	112,5
2	29,7	24	39,6	46	55,3	68	88,5	91,0	115
3	30,1	25	40,2	47	56,2	69	91,0	93,5	117,5
4	30,5	26	40,8	48	57,2	70	93,5	96,0	120
5	30,9	27	41,4	49	58,2	71	96,0	99,0	122,5
6	31,3	28	42,0	50	59,2	72	99,0	102	125
7	31,7	29	42,6	51	60,3	73	102	105	127,5
8	32,1	30	43,2	52	61,4	74	105	108	130
9	32,5	31	43,8	53	62,6	75	108	112	132,5
10	32,9	32	44,5	54	63,8	76	112	116	135
11	33,3	33	45,2	55	65,0	77	116	120	137,5
12	33,7	34	45,9	56	66,4	78	120	125	140
13	34,1	35	46,6	57	67,8	79	125	130	142,5
14	34,6	36	47,3	58	69,2	80	130	135	145
15	35,1	37	48,0	59	70,6	81	135	140	147,5
16	35,6	38	48,7	60	72,0	82	140	145	150
17	36,1	39	49,4	61	73,5	83	145	150	152,5
18	36,6	40	50,2	62	75,1	84	150	155	155
19	37,1	41	51,0	63	76,8	85	155	160	157,5
20	37,6	42	51,8	64	78,6	86	160	165	160
21	38,1	43	52,6	65	81,5	88	165	170	162,5

TAVOLE PER LA LETTURA DIRETTA DELLA DUREZZA BRINELL
HB-30 Ø 2,5 Kg: 187,5

per acciaio al carbonio - for carbon steel - pour aciers au carbone - für Kohlenstahl
 penetrazione: Ø 2,5 mm
 carico totale: Kg 187,5
 lettura: su scala 0-100 da convertire
 EQUIVALENTE A: Ø 10 mm
 Kg 3000

LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²
1	104,8	37,7	31	139	50,1	55,5	212	76,5
2	105,6	38,0	32	141	50,8	56,0	215	77,4
3	106,4	38,2	33	143	51,5	56,5	217	78,3
4	107,2	38,6	34	145	52,3	57,0	220	79,3
5	108	39,0	35	147	52,9	57,5	223	80,3
6	109	39,2	36	149	53,6	58,0	226	81,4
7	110	39,6	37	151	54,4	58,5	229	82,4
8	111	40,0	38	153	55,1	59,0	232	83,5
9	112	40,3	39	155	55,8	59,5	235	84,5
10	113	40,7	40	158	56,9	60,0	238	85,6
11	114	41,0	41	161	58,0	61,0	243	87,5
12	115	41,4	42	164	59,1	62	249	89,6
13	116	41,8	43	167	60,1	63	255	91,8
14	117	42,2	44	170	61,2	64	262	94,3
15	118	42,5	45	173	62,3	65	269	96,9
16	119	42,8	46	176	63,4	66	277	99,7
17	120	43,2	47	179	64,5	67	285	102,6
18	121	43,6	48	182	65,5	68	293	105,5
19	122	43,9	49	186	66,9	69	301	108,4
20	123	44,3	50	190	68,4	70	309	111,2
21	124	44,6	50,5	192	69,1	71	316	114,5
22	125	45,0	51,0	194	69,8	72	320	118,1
23	126	45,4	51,5	196	70,5	73	328	121,7
24	127	45,8	52,0	198	71,3	74	340	125,3
25	128	46,1	52,5	200	72,0	75	359	129,2
26	130	46,8	53,0	202	72,7	76	370	133,2
27	131	47,2	53,5	204	73,4	77	382	137,5
28	133	47,8	54,0	206	74,1	78	395	142,2
29	135	48,6	54,5	208	74,8	79	409	147,2
30	137	49,3	55,0	210	75,6	80	424	152,6

per acciaio al nichel e al cromo-nichel - for nickel and chrome-nickel steel
pour les aciers au nickel et au nickel-chrome - für nickel und chrom-nickelstahl

LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²	LETTURE PUNTI 0-100	BRINELL 110-30 0-100	RESI- STENZA Kg/mm ²
20	122	41,5	37	152	54	204	69,4	71
21	124	42,2	38	155	52,7	55	200	70,8
22	125	42,5	39	157	53,4	56	212	72,2
23	127	43,2	40	160	54,4	57	216	73,5
24	128	43,6	41	162	55,1	58	221	75
25	130	44,2	42	165	56,1	59	226	76,8
26	132	44,9	43	167	56,8	60	231	78,6
27	134	45,3	44	170	57,8	61	237	80,6
28	136	45,6	45	173	58,8	62	243	82,6
29	138	46,3	46	176	59,9	63	250	85,0
30	140	47,0	47	179	60,9	64	257	87,5
31	142	47,6	48	182	61,9	65	265	90,0
32	144	48,0	49	185	62,9	66	274	92,2
33	146	48,6	50	188	63,9	67	284	94,6
34	148	49,3	51	192	65,3	68	295	97,5
35	150	50,1	52	196	66,6	69	306	101
36	153	51,0	53	200	68,0	70	318	104
37	156	52,0	54	204	69,4	71	331	107,5

Superfici dell'impronta e numeri di durezza per sfera da 2,5 mm di diametro

d mm	S mm ²	H ₁₀				d mm	S mm ²	H ₁₀				d mm	S mm ²	H ₁₀				d mm	S mm ²	H ₁₀			
		187,5 kg	62,5 kg	31,25 kg	15,625 kg			187,5 kg	62,5 kg	31,25 kg	15,625 kg			187,5 kg	62,5 kg	31,25 kg	15,625 kg			187,5 kg	62,5 kg	31,25 kg	15,625 kg
0,50	0,198	945	315	158	78,8	0,82	0,514	345	115	57,5	28,0	1,14	1,080	174	57,9	28,9	14,5	1,40	1,840	101	33,8	10,9	8,5
0,51	0,207	908	303	151	75,7	0,83	0,558	337	112	56,1	28,1	1,15	1,100	170	56,8	28,4	14,2	1,47	1,877	99,9	33,3	10,7	8,4
0,52	0,215	873	291	146	72,8	0,84	0,566	329	110	54,8	27,4	1,16	1,120	167	55,8	27,9	14,0	1,48	1,906	98,4	32,8	10,4	8,2
0,53	0,223	840	280	140	70,0	0,85	0,585	321	107	53,4	26,7	1,17	1,140	164	54,6	27,4	13,7	1,49	1,935	96,9	32,2	10,2	8,1
0,54	0,232	809	270	135	67,5	0,86	0,599	313	104	52,5	26,1	1,18	1,163	161	53,8	26,9	13,5	1,50	1,964	95,5	31,8	10,0	8,0
0,55	0,241	780	260	130	65,0	0,87	0,615	306	102	50,9	25,5	1,19	1,185	158	52,8	26,4	13,2	1,51	1,994	94,1	31,4	9,8	7,9
0,57	0,258	725	251	125	62,0	0,89	0,628	298	99,5	49,7	24,9	1,20	1,205	156	51,9	25,9	13,0	1,52	2,024	92,7	30,9	9,6	7,7
0,58	0,267	700	242	121	60,5	0,89	0,643	292	97,2	48,0	24,3	1,21	1,220	153	51,0	25,5	12,8	1,53	2,054	91,3	30,4	9,4	7,5
0,59	0,278	676	233	117	58,3	0,90	0,658	285	94,9	47,4	23,7	1,22	1,250	150	50,1	25,0	12,5	1,54	2,085	90,0	30,0	9,2	7,4
0,60	0,283	653	225	113	56,3	0,91	0,673	278	92,8	46,4	23,2	1,23	1,260	148	49,2	24,6	12,3	1,55	2,115	88,7	29,6	9,0	7,3
0,61	0,296	632	211	105	54,3	0,92	0,689	272	90,7	45,4	22,7	1,24	1,293	145	48,4	24,2	12,1	1,56	2,147	87,4	29,1	8,8	7,2
0,62	0,305	611	204	102	52,0	0,93	0,705	266	88,7	44,3	22,2	1,25	1,315	143	47,5	23,8	11,9	1,57	2,173	86,1	28,7	8,6	7,1
0,63	0,316	592	192	98,6	49,3	0,95	0,736	255	86,8	43,4	21,7	1,26	1,339	140	46,7	23,4	11,7	1,58	2,210	84,9	28,3	8,4	7,0
0,64	0,326	573	191	95,5	47,7	0,96	0,750	249	84,9	42,4	21,2	1,27	1,362	138	45,9	23,0	11,5	1,59	2,242	83,7	27,9	8,2	6,9
0,65	0,338	555	185	92,6	46,3	0,97	0,770	244	83,3	40,6	20,3	1,29	1,409	133	44,4	22,2	11,1	1,61	2,308	81,3	27,1	8,0	6,7
0,66	0,348	538	179	89,7	44,9	0,98	0,785	239	81,6	39,8	19,9	1,30	1,432	131	43,6	21,8	10,9	1,62	4,341	80,1	26,7	7,8	6,6
0,67	0,359	522	174	87,0	43,5	0,99	0,803	234	79,9	38,9	19,5	1,31	1,456	129	42,9	21,5	10,8	1,63	2,378	79,0	26,3	7,6	6,6
0,68	0,371	507	169	84,4	42,2	1,00	0,820	229	78,3	38,1	19,1	1,32	1,481	127	42,2	21,1	10,6	1,64	2,403	77,9	26,0	7,5	6,5
0,69	0,382	492	164	81,9	41,0	1,01	0,838	224	76,7	37,3	18,7	1,33	1,505	125	41,5	20,9	10,4	1,65	2,442	76,8	25,6	7,4	6,4
0,70	0,393	477	159	79,6	39,8	1,02	0,855	219	75,2	36,6	18,3	1,34	1,530	123	40,9	20,4	10,2	1,66	2,478	75,7	25,2	7,3	6,3
0,71	0,405	464	155	77,8	38,7	1,03	0,873	215	73,7	35,8	17,9	1,35	1,555	121	40,2	20,1	10,1	1,67	2,513	74,7	24,9	7,2	6,2
0,72	0,416	451	150	75,1	37,6	1,04	0,898	211	72,2	35,1	17,6	1,36	1,580	119	39,6	19,8	9,9	1,68	2,548	73,6	24,5	7,1	6,2
0,73	0,428	438	146	73,0	36,5	1,05	0,908	207	70,6	34,4	17,2	1,37	1,606	117	38,9	19,5	9,8	1,69	2,584	72,6	24,2	7,0	6,0
0,74	0,440	426	142	71,0	35,5	1,06	0,928	202	68,8	33,7	16,9	1,38	1,632	115	38,3	19,2	9,6	1,70	2,619	71,6	23,9	6,9	6,0
0,75	0,452	415	138	69,1	34,6	1,07	0,945	198	67,5	33,1	16,5	1,39	1,658	113	37,7	18,9	9,5	1,71	2,657	70,6	23,5	6,8	5,9
0,76	0,465	404	135	67,3	33,7	1,08	0,965	195	64,9	32,4	16,2	1,40	1,683	111	37,1	18,6	9,3	1,72	2,694	69,6	23,2	6,7	5,8
0,77	0,477	393	131	65,5	32,8	1,09	0,983	191	62,4	31,8	15,9	1,41	1,711	110	36,5	18,3	9,2	1,73	2,731	68,7	22,9	6,6	5,7
0,78	0,491	383	128	63,8	31,9	1,10	1,002	187	62,4	31,2	15,6	1,42	1,738	108	36,0	18,0	9,0	1,74	2,769	67,7	22,6	6,5	5,7
0,79	0,500	373	124	62,1	31,1	1,11	1,020	184	61,2	30,6	15,3	1,43	1,765	106	35,4	17,7	8,9	1,75	2,806	66,8	22,3	6,4	5,6
0,80	0,516	363	121	60,5	30,3	1,12	1,040	180	60,1	30,0	15,0	1,44	1,793	105	34,9	17,4	8,7	1,75	2,806	66,8	22,3	6,4	5,6
0,81	0,530	354	118	59,0	29,5	1,13	1,060	177	59,0	29,4	14,7	1,45	1,820	103	34,3	17,2	8,6	1,75	2,806	66,8	22,3	6,4	5,6