

# La geometria della superficie

NELL'AMBITO DELLE PROVE DI DUREZZA, LA PROVA MEDIANTE DUROMETRO DI LEEB È PRATICAMENTE L'UNICA CHE OFFRA UNA REALE PIENEZZA OPERATIVA "ON SITE". QUESTA POSSIBILITÀ DI POTER OPERARE DIRETTAMENTE SUI COMPONENTI OGGETTO DELLE DETERMINAZIONI INTRODUCE NELLA MISURAZIONE DELLA DUREZZA TUTTA UNA SERIE DI PROBLEMATICHE IGNOTE ALLE PROVE TRADIZIONALI BASATE SULL'APPLICAZIONE STATICA DI UN PENETRATORE. IN QUESTO ARTICOLO AFFRONTEREMO L'ASPETTO DELLA PLANARITÀ DELLA SUPERFICIE, O PER MEGLIO DIRE DEL SUO RAGGIO DI CURVATURA.



## Un breve richiamo alla meccanica della prova Leeb

Per capire perché la prova di durezza mediante sonda Leeb possa essere influenzata anche da fattori che invece non influenzano le più tradizionali prove di durezza mediante penetratore, è opportuno richiamare brevemente i diversi fenomeni fisici utilizzate per le due tipologie di misurazione.

Le tradizionali prove di durezza mediante penetratore sfruttano per la determinazione della durezza la misurazione dell'impronta lasciata sulla superficie del materiale da un penetratore di forma nota e applicato mediante un carico statico ben definito. Nel caso della prova di durezza Leeb viene invece utilizzato un elemento mobile che viene lanciato contro la superficie del materiale da analizzare, e la determinazione della durezza avviene attraverso il confronto della velocità del suddetto elemento mobile prima dell'urto e dopo il rimbalzo conseguente all'urto.

Più specificamente la cosiddetta Durezza Leeb viene quantificata mediante il rapporto tra la velocità di rimbalzo e la velocità di impatto, misurate entrambe a 5mm dalla superficie di impatto.

Posto che la durezza ricavata in questo modo viene indicata come HL (hardness Leeb), numericamente si ha che

$$HL = \frac{V_{\text{rimbalzo}}}{V_{\text{impatto}}} \cdot 1000$$

Al di là del significato fisico di tale rapporto (per il cui approfondimento rimandiamo a quanto già precedentemente pubblicato), elemento fondamentale perché la durezza Leeb abbia un significato univoco è che la velocità di andata e ritorno vengano misurate rigorosamente alla stessa distanza dal punto di impatto, distanza che convenzionalmente è stata assunta pari a 5 mm.

Tale valore è stato infatti considerato come un giusto compromesso tra la necessità di poter avere una differenza significativa tra le due velocità (a vantaggio della risoluzione della misurazione) ma

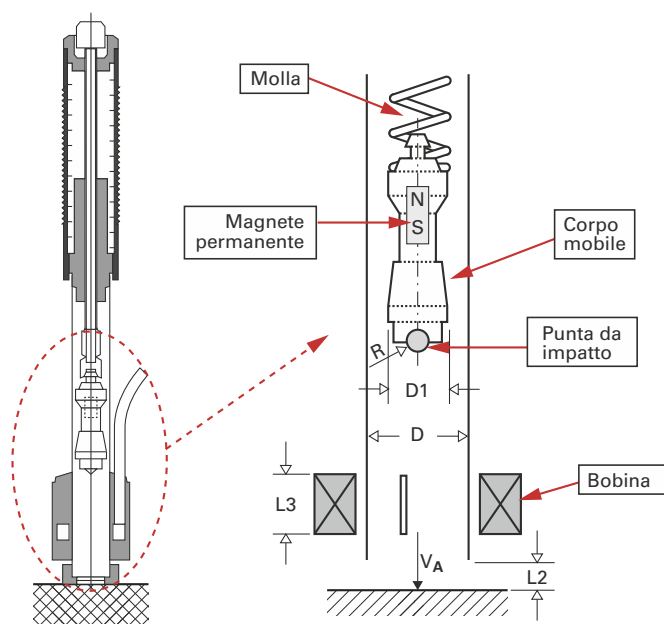


Fig. 1 - Spaccato di una sonda Leeb, tratto direttamente dalla normativa ASTM E-956

senza correre il rischio che fattori esterni potessero influire soprattutto sulla velocità dopo il rimbalzo

## Cosa succede se cambia la distanza

Consideriamo adesso la struttura della sonda Leeb, così come illustrata nella figura 1, tratta direttamente dalla normativa ASTM E-956. Facendo riferimento a tale vista in sezione, nella figura 2 sono rappresentati, in forma volutamente accentuata, i casi in cui la superficie di misurazione sia rispettivamente planare, concava e convessa: è facile riconoscere come nei tre casi (che ribadiamo essere ovviamente esasperati per meglio illustrare il fenomeno) la distanza tra punto di impatto e punto di misurazione della velocità del corpo mobile cambia significativamente: prendendo come riferimento la distanza che intercorre nel caso di superficie piana, nel caso di superficie convessa tale distanza diminuisce, mentre aumenta nel caso di superficie concava. A questo punto qualcuno potrebbe pensare che, visto che comunque la "distanza di volo" prima e dopo l'impatto dell'elemento mobile sempre identica rimane, non dovrebbero esserci differenze ...

In realtà non è proprio così, e la colpa è sempre sua, della forza di gravità. Consideriamo infatti cosa succede alla velocità dell'elemento mobile tra il punto di misurazione e il punto di impatto all'andata, e tra il punto di impatto e il punto di misurazione al ritorno, supponendo di effettuare la misurazione con la sonda diretta verticalmente verso il basso. Nella fase precedente all'impatto la accelerazione di gravità contribuisce ad incrementare la velocità dell'elemento mobile, ma lo fa in maniera sostanzialmente limitata, mentre nella fase di risalita successiva all'impatto la accelerazione di gravità contribuisce invece a frenare l'elemento mobile, diminuendone la velocità. A questo punto bisogna ricordare quella che è una "semplificazione" adottata nella misurazione di Leeb: concettualmente la durezza di Leeb non è altro che una quantifi-

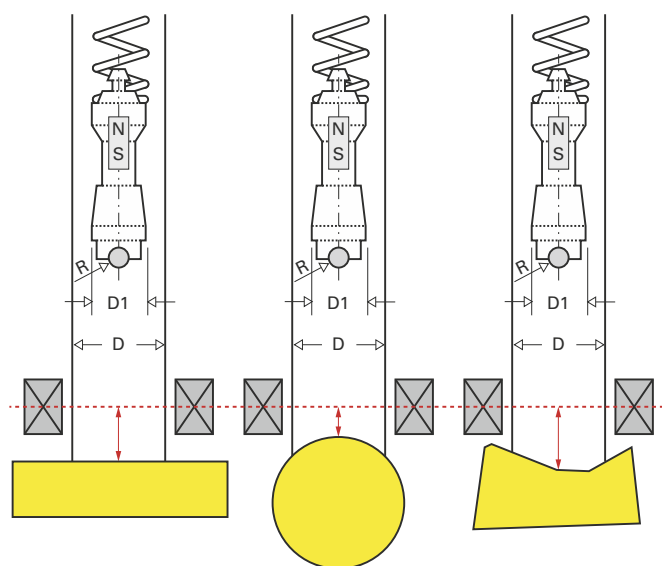


Fig. 2 - La distanza di 5mm tra i rilevatori magnetici e la superficie di impatto è garantita solo nel caso in cui la sonda sia applicata ad una superficie piana (A). Nel caso in cui la superficie sia concava (B) o convessa (C) tale distanza finisce per essere variata, falsando il risultato della misurazione



Fig. 3 - Il set di adattatori commercialmente disponibile per permettere di adattare la sonda di Leeb a superfici di diversa curvatura, sia concave sia convesse

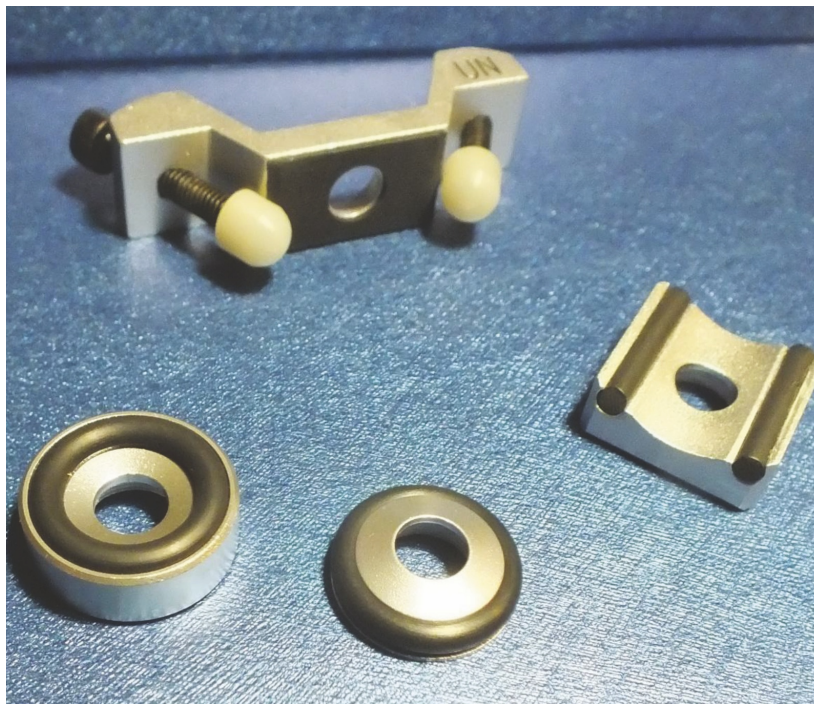


Fig. 4 - Dettaglio delle diverse tipologie di adattatore, destinati a superfici concave o convesse, emisferiche o cilindriche

cazione dell'energia di deformazione assorbita dal materiale durante l'urto del corpo mobile, essendo tale energia quantificata come la differenza di energia cinetica posseduta dal corpo mobile prima e dopo l'urto.

E poiché l'energia cinetica  $E$  è espressa come

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Essendo

$m$ =massa del corpo

$v$ = velocità del corpo

ecco perché il confronto delle velocità può essere preso a rappresentazione del confronto delle energie prima e dopo l'urto.

Da questo punto di vista quelle che dovrebbero essere considerate sono le velocità del corpo mobile esattamente all'istante immediatamente precedente l'urto e all'istante immediatamente successivo all'urto. Ma poiché una tale condizione è misurativamente impossibile da ottenere, perlomeno entro i requisiti di peso, ingombro e costo richiesti a questo tipo di strumentazione, la convenzione adottata da questa metodologia di prova è stata quella di misurare le velocità prima e dopo l'impatto alla distanza di 5 mm dal punto di impatto stesso. Ecco quindi che nella pratica si utilizza la differenza di energia cinetica a 5 mm di distanza dal punto di impatto per rappresentare la differenza di energia cinetica direttamente sul punto di impatto.

Ma perché sia possibile approssimare l'informazione ricercata (la velocità immediatamente prima e immediatamente dopo l'impatto)

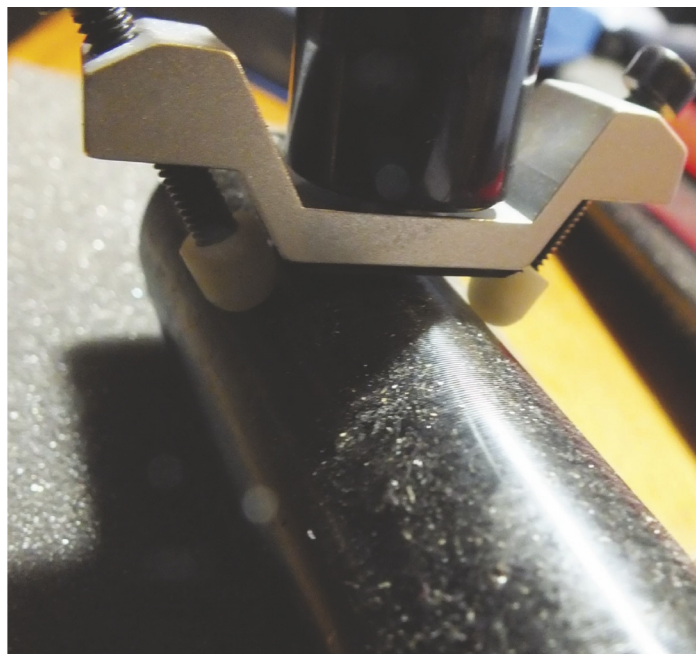


Fig. 5 - Il cavalletto ad "U" è destinato all'accoppiamento esterno con tubazioni aventi raggi di curvatura particolarmente ridotti

con la grandezza effettivamente misurata (la velocità a 5 mm dal punto di impatto) è necessario che la distanza tra punto di misurazione della velocità e punto di impatto sia esattamente quella prevista: pertanto introdurre una variazione nella distanza di volo significa introdurre un errore nella ricostruzione della energia effettiva



Fig. 9 - Esempio dell'utilizzo dell'adattatore per la misurazione in un raggio di raccordo

Fig. 6 -7-8 - Procedura di applicazione dell'elemento adattatore sulla testa della sonda, applicazione che avviene sfruttando la filettatura di cui la testa della sonda è dotata. Dopo il montaggio fondamentale verificare che il serraggio sia arrivato a battuta, pena il rischio di trovarsi nuovamente con la distanza tra sonda e superficie da misurare diversa dai 5 mm richiesti.

vamente dissipata nell'impatto. E poiché l'errore introdotto non solo è opposto per la fase di discesa e per quella di risalita (ad esempio diminuire la distanza di volo significa diminuire l'effetto di accelerazione della forza di gravità durante la fase di discesa e diminuirne l'effetto di decelerazione durante la fase di risalita) ma è anche "numericamente" diverso, ne consegue che operare con una distanza tra punto di misurazione della velocità e punto di impatto diversa dai 5mm previsti comporta una sovrastima o una sottostima della velocità di impatto, e un errore opposto per la determinazione della velocità di rimbalzo. Ad esempio, supponendo di operare con la sonda disposta verticalmente su una superficie convessa (e quindi con spazio di volo inferiore ai 5 mm previsti) comporta una sottostima della velocità di rimbalzo e una sovrastima della velocità di impatto, con il risultato finale di sovrastimare la durezza del materiale. Risultato ovviamente opposto nel caso in cui la distanza aumenti a causa di una superficie concava, o nel caso in cui la sonda venga utilizzata "a testa ingiù".

## Gli adattatori ed il loro impiego operativo

Al di là di questa spiegazione più intuitiva che numerica, punto fermo per una corretta misurazione della durezza mediante sonda Leeb è che la distanza di 5mm tra il punto di impatto e il punto di misurazione della velocità dell'elemento mobile sia rispettata nella maniera più rigorosa possibile, sia in andata sia in ritorno. Mettendo da parte la soluzione più ovvia ma meno pratica di spianare la superficie di misurazione, la soluzione adottata è quella di ricorrere a particolari anelli adattatori, da avvitarsi sull'estremità



terminale della sonda previo smontaggio dell'anello planare montato di serie. Di tali anelli adattatori ne è disponibile in commercio una serie standardizzata costituita da 12 elementi, in grado di garantire un accoppiamento ottimale praticamente con tutte le possibili morfologie di superficie (figure 3, 4 e 5)

Tali elementi risultano dotati di un attacco filettato con passo analogo a quello presente sulla testa della sonda, e quindi possono essere montati su di essa con la massima facilità e rapidità, come illustrato nelle figure 6, 7 e 8. Unico accorgimento da osservare con il massimo scrupolo è quello di assicurarsi il serraggio



Fig. 10 - Un'utilizzazione relativamente "tipica" degli adattatori è per l'esecuzione di misure di durezza sulle teste di rivetti: nello specifico l'immagine si riferisce ad una serie di misurazioni eseguite su una struttura danneggiata dal fuoco per verificare o meno il danneggiamento da globalizzazione del materiale utilizzato proprio per i rivetti

in battuta di tali adattatori, pena il duplice rischio da un lato di rimanere con una distanza tra punto di misurazione della velocità e punto di impatto superiore ai fatidici 5 mm, e dall'altro di innescare fenomeni di vibrazione al momento dell'impatto, vibrazioni in grado di assorbire parte dell'energia dell'impatto e quindi falsare il risultato finale. Proprio per abbattere ulteriormente questo pericolo di vibrazioni, tutti gli adattatori sono per altro equipaggiati con elementi in materiale elastico smorzante. Un primo esempio di utilizzo di tali adattatori è la misurazione della durezza su raggi di raccordo, come illustrato in figura 9, mentre un ulteriore esempio operativo è costituito dalla casa delle misurazioni sulla testa di rivetti, come illustrato in figura 8.

## Conclusioni

In considerazione del significato fisico delle misurazioni mediante sonda di Leeb, per la esecuzione delle misurazioni di durezza elemento fondamentale è la corretta distanza tra la testa della sonda e la superficie da analizzare. Se tale condizione è di facile realizzazione per superfici piane, quando le superfici risultano curve il problema si complica ed obbliga all'utilizzo di particolari adattatori, da avvitarsi sulla testa della sonda e in grado di ottimizzare l'accoppiamento con superfici concave o convesse di differenti curvature. ■

© RIPRODUZIONE RISERVATA

Si ringrazia SAMA ITALIA SRL per aver concesso l'utilizzo dei propri prodotti per la stesura della pubblicazione

# Getecno

COMPONENTI INDUSTRIALI



**RODOFLEX®**

GIUNTI FLESSIBILI  
A SOFFIETTO METALLICO  
TORSIONALMENTE RIGIDI  
FORI FINITI,  
PRONTI AL MONTAGGIO  
SERIE MINIATURA,  
SERIE TRASMISSIONE  
DI POTENZA



**RULAND**

GIUNTI FLESSIBILI  
DIVERSI SISTEMI  
FASCI ELICOIDALI  
OLDHAM - A STELLA  
A DISCHI

GIUNTI RIGIDI  
COLLARI PER ALBERI



**RODOSET®**

DISTANZIALI  
VARIABILI  
ELEMENTI DI  
LIVELLAMENTO  
ACCIAIO CrMo,  
ACCIAIO INOX  
SUPPORTO PRECISO  
SERIE AUTOALLINEANTI



**AURORA  
RODOBAL**

TESTE A SNODO  
SNODI SFERICI  
MILLIMETRI - POLLICI  
GAMMA ESTESA  
INDUSTRIALI  
AEROSPAZIALI  
AUTOMOTIVE,  
MOTORSPORT  
INOSSIDABILI  
USO ALIMENTARE  
USO MARINO



**RODOGRIP®**

GHIERE  
DI BLOCCAGGIO  
DI PRECISIONE  
SERIE STRETTA  
SERIE LARGA  
BLOCCAGGIO RADIALE  
BLOCCAGGIO ASSIALE  
FILETTATURE  
FINO A M200

**Getecno**  
COMPONENTI INDUSTRIALI

qualità - esperienza  
gamma - servizio

**Getecno** srl  
GENOVA

fax 010 835.6655

www.getecno.com

sales@getecno.com