

## **Proprietà fisico-meccaniche dei carburi sinterizzati**

### Peso specifico

Il peso specifico delle leghe dure dipende dalla composizione chimica ed, in certa misura, dalla compattezza del sinterizzato.

E' ovvio che la presenza di porosità, oltre che a pregiudicare la prestazione dell'utensile, determina pesi specifici più bassi.

Di regola i carburi cementati sono più compatti dei prodotti con la stessa composizione ottenuti con i metodi convenzionali di fusione.

Le leghe dure al carburo di tungsteno-cobalto, possiedono i pesi specifici più alti: a seconda del contenuto di Co che può variare dal 4 al 25% e a volte anche fino al 30%, il peso specifico oscilla tra i 15,5 e i 13,4 g/cm<sup>3</sup>.

Le leghe dure contenenti altri carburi, in particolare il carburo di titanio, hanno un peso specifico più basso, tanto più basso maggior è il contenuto di titanio.

### Durezza

La durezza delle comuni leghe dure sinterizzate è compresa tra 1100 e 1900 Vickers (85 – 93 Rockwell A).

Ai limiti superiori si trovano le leghe di grado P01 , P10, K01, K10, mentre ai limiti inferiori si trova le leghe dei gradi K50 e K40, ad alto contenuto di cobalto.

A 700 °C l'acciaio rapido perde circa l'85% della sua durezza, mentre la lega dura al WC ne perde circa il 45% mentre le leghe con WC e TiC ne perdono circa il 40%.

La durezza al rosso della lega di grado P01 è di poco inferiore alla durezza a freddo dell'acciaio rapido.

La durezza dei carburi sinterizzati viene normalmente misurata con la prova Rockwell scala A con un carico di 600 N. Entro certi limiti anche la prova Vickers può dare valori attendibili, quando essa venga effettuata con un carico abbastanza grande (da 300 a 500 N), ma in questi casi si registrerà una breve durata dei diamanti penetranti.

E' essenziale, con la prova Vickers, ottenere delle impronte perfettamente quadrate in modo che possano venire valutate con precisione. Per ottenere ciò è necessario che le facce del provino siano perfettamente piane e parallele e che la superficie di prova sia levigata e priva di striature di rettifica.

### Resistenza alla rottura trasversale

La resistenza alla rottura per flessione è una delle caratteristiche fondamentali delle leghe dure e può dare una indicazione, sia pure approssimativa, del valore della tenacità.

Essa rappresenta una combinazione critica di sollecitazioni di taglio, di compressione e di trazione.

Di regola il carico di rottura a flessione cresce con l'aumentare del contenuto di cobalto e diminuisce con l'aumentare del contenuto di TiC.

La resistenza a flessione delle leghe di tungsteno-cobalto, cresce in relazione al contenuto in percentuale di Co fino ad un massimo del 20%. Per tenori superiori i valori di resistenza sono un po' controversi.

La spiegazione dell'accettazione del contenuto ottimale di Co al 20% da parte della maggior parte dei tecnici carburasti, è da ricercarsi forse nella difficoltà di produrre leghe ad alto contenuto di Co, dove diventa difficile ottenere una uniforme distribuzione di questo metallo nella fase liquida della sinterizzazione che in questi casi è sempre molto accentuata.

Anche il ritiro è molto forte, per cui diventa difficile prevedere la forma e le dimensioni finali.

Nelle leghe di WC-Co il carico di rottura oscilla fra 1200 e 2400 N/mm<sup>2</sup>), mentre per le leghe composte (WC + TiC + TaC) la resistenza assume valori variabili tra 900 e 2200 N/mm<sup>2</sup>.

La determinazione del carico di rottura per flessione deve avvenire seguendo modalità ben precise.

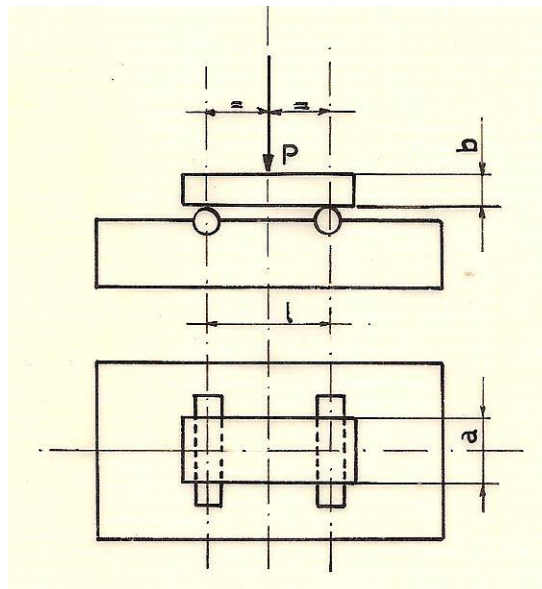
La barretta da sottoporre a prova deve venire accuratamente rettificata, allo scopo di eliminare ogni traccia rigature o fessurazioni microscopiche che possono costituire un innesco a rottura e le superfici devono essere perfettamente parallele.

La prova può essere effettuata sia su una macchina per prova di materiali di tipo comune, sia con un durometro Brinell.

La sezione della barretta standard scelta comunemente per la prova è di 5 x 8 mm e la distanza minima fra gli appoggi deve essere di 14 mm.

Il rapporto tra spessore e distanza fra gli appoggi è di  $\frac{1}{2,8}$ . L'esperienza ha dimostrato che questo è il rapporto minimo per ottenere risultati affidabili.

Il calcolo del carico di rottura a flessione deriva dalla formula della trave appoggiata con carico concentrato sulla mezzzeria degli appoggi.



**Figura N°1-** Schema di posizionamento per il controllo del carico di rottura a flessione. (Rulli di appoggio in lega dura di diametro 1/8")

Indicando con:

$l$  = distanza fra gli appoggi (mm)

$P$  = carico concentrato sulla mezzzeria della provetta (Kg o in N)

$A$  = distanza fra i rulli di appoggio (mm)

$a$  = larghezza della provetta (mm)

$b$  = spessore della provetta (mm)

$M$  = momento flettente massimo (N·mm)

$W$  = modulo di resistenza della sezione (mm<sup>3</sup>)

Si ha:

$$M = \frac{P \cdot l}{4} \qquad W = \frac{a \cdot b^2}{6}$$

$$R = \frac{M}{W} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot a \cdot b^2} \quad \text{Carico rottura a flessione in N/mm}^2.$$

Comparando fra loro le diverse qualità di carburi metallici si può sintetizzare:

- 1)- I carburi semplici (WC + Co) con basso contenuto di Co posseggono la più alta resistenza all'usura contro materiali fortemente abrasivi.
- 2)- I carburi composti (WC + TiC + TaC + Co) posseggono il più basso coefficiente d'attrito ed attenuano il fenomeno di grippatura contro metalli in genere.

### Modulo di elasticità

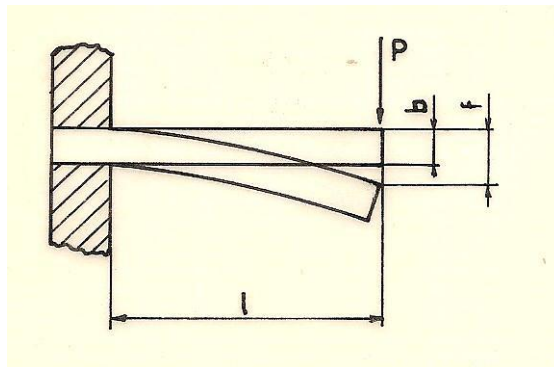
Per una corretta scelta del grado di una lega dura è molto importante conoscere il suo modulo di elasticità.

Mentre gli acciai rapidi posseggono un modulo di elasticità di  $220.000 \text{ N/mm}^2$ , per le leghe dure è compreso tra  $500.000$  e  $640.000 \text{ N/mm}^2$ .

Con le leghe dure, alla deformazione elastica non segue una apprezzabile deformazione plastica, bensì la rottura. Bisogna tenere presente ciò nella scelta della lega dura che deve essere soggetta a forti sollecitazioni.

I gradi con WC + Co hanno la rigidità più alta.

Il modulo di elasticità è calcolato con la formula della trave incastrata ad un estremo sollecitata a flessione e può essere definita come la resistenza alla deformazione opposta dalla provetta sotto un determinato carico.



**Figura N°2-** Schema di prova per la determinazione del modulo di elasticità

### Resistenza alla rottura per trazione

La determinazione del carico di rottura per trazione di materiali fragili è molto difficile e fornisce risultati molto dispersi. Comunque i valori che si ottengono con le leghe dure sono relativamente bassi:  $R = 800 - 1000 \text{ N/mm}^2$ .

### Resistenza alla rottura per compressione

I valori relativi alle leghe dure sono dello stesso ordine di grandezza di quelli degli acciai rapidi e delle leghe fuse, cioè  $4000 - 6000 \text{ N/mm}^2$ . I valori massimi si ottengono con i gradi K.

### Resistenza alla rottura per torsione

Le leghe dure posseggono una resistenza alla torsione relativamente basso:  $700 - 1300 \text{ N/mm}^2$ .

### Conducibilità termica

Questo parametro raggiunge i valori massimo nelle leghe al WC con bassa percentuale di Co: circa il doppio di quella dell'acciaio.

Con la presenza di TiC e con l'aumento del suo contenuto la conducibilità termica diminuisce considerevolmente.

Le leghe con carburi composti e con la massima durezza posseggono una bassissima conducibilità termica, per cui ogni riscaldamento localizzato provoca un urto termico che può determinare incrinature delle placchette, specie durante la loro saldatura o riaffilatura.

#### Coefficiente di dilatazione termica

L'allungamento lineare delle leghe dure è circa la metà di quello dell'acciaio. Questo fatto assume particolare importanza quando si debbano eseguire brasatura di leghe dure su supporti in acciaio.

Sono perciò necessari particolari accorgimenti, quali la cosiddetta saldatura a "sandwich", ottenuta con l'interposizione fra il supporto e la placchetta di un sottile foglio di metallo, come il rame o il nichel, che ha la funzione di assorbire le tensioni dovute alla differente dilatazione fra i due metalli da unire.

#### Permeabilità magnetica

Le leghe dure ad alto contenuto di cobalto sono lievemente ferro-magnetiche: un decimo rispetto il ferro puro.

Per le altre leghe questo parametro è pressoché trascurabile.

#### Resistenza alla corrosione

La valutazione di questo elemento dipende esclusivamente dal contenuto e dallo stato metallurgico del cobalto.

I carburi in se stessi sono praticamente inattaccabili dagli agenti chimici.

A temperatura ambiente, tutti le leghe dure, anche quelle ad alto contenuto di cobalto, posseggono un'alta resistenza agli acidi. In presenza invece di soluzioni calde, il cobalto viene attaccato rapidamente.

Con basse quantità di Co, o nelle leghe composte la resistenza alla corrosione aumenta. Bisogna però precisare che l'uso delle leghe dure raramente è giustificato quando la resistenza alla corrosione è l'unico elemento da prendere in considerazione, in quanto ci sono altri materiali con queste proprietà più lavorabili e di minor costo.

Un'altra considerazione da fare è che con i moderni sistemi di ricoprimento con TiN, TiAlN ecc. si ha una grandissima protezione del substrato contro gli agenti chimici.

#### *Riepilogo delle principali caratteristiche fisico-meccaniche*

Modulo di elasticità N/mm <sup>2</sup>	450.000 – 670.000
Resistenza alla compressione N/mm <sup>2</sup>	4000 – 5900
Carico di rottura alla flessione N/mm <sup>2</sup>	900 - 2600
Durezza Rockwell a 600 N	85 – 93
Durezza Rockwell a 1500 N	75 – 82
Durezza Vickers a 200 N	1.100 – 1.900
Peso specifico g/cm <sup>3</sup>	9 – 15
Conducibilità termica cal/°C/sec/cm	0,05 – 0,20
Coefficiente di dilatazione termica 10 <sup>-6</sup> /°C	5 – 7