

Fonte: Sito della SANDVIK COROMANT

Materiali da lavorare

 Steel	 Stainless steel	 Cast iron	 Non ISO
 Non-ferrous metal	 Super-alloys and titanium	 Hard material	

Gruppi di materiali da lavorare

L'industria della lavorazione dei metalli produce una gamma estremamente ampia di componenti, realizzati a partire da materiali molto diversi. Ogni materiale ha caratteristiche specifiche, determinate dagli elementi leganti, dai trattamenti termici, dalla durezza, ecc. Tutti questi fattori, a loro volta, influenzano notevolmente la scelta della geometria, della qualità e dei dati di taglio dell'utensile da impiegare. Pertanto, i materiali dei pezzi da lavorare sono stati suddivisi in sei grandi gruppi, in conformità con lo standard ISO, e ogni gruppo ha caratteristiche specifiche in termini di lavorabilità:

ISO P - il gruppo degli acciai è il gruppo di materiali più ampio nel settore del taglio dei metalli e spazia da materiali non legati a materiali fortemente legati; comprende i getti di acciaio e gli acciai inossidabili ferritici e martensitici. La lavorabilità è normalmente buona ma può variare di molto a seconda della durezza del materiale, del tenore di carbonio, ecc.

ISO M - gli acciai inossidabili sono materiali legati con un minimo del 12% di cromo. Tra le altre leghe possono figurare nichel e molibdeno. La gamma di condizioni è molto ampia e comprende acciai ferritici, martensitici, austenitici e austenitici-ferritici (duplex). Uno dei tratti comuni di tutte queste tipologie di materiali è il fatto che il tagliente è esposto a una grande quantità di calore e a fenomeni di usura ad intaglio e tagliente di riporto.

ISO K - la ghisa, contrariamente all'acciaio, è un tipo di materiale a truciolo corto. Le ghise grigie (GCI) e le ghise malleabili (MCI) sono molto facili da lavorare, mentre le ghise nodulari (NCI), le ghise a grafite compattata (CGI) e le ghise austemperate (ADI) sono meno lavorabili. Tutte le ghise contengono SiC, che ha un'azione molto abrasiva sul tagliente.

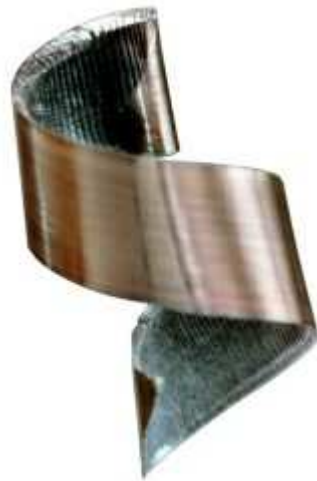
ISO N - i metalli non ferrosi sono metalli più teneri come l'alluminio, il rame, l'ottone, ecc. L'alluminio con tenore di silicio (Si) del 13% è molto abrasivo. Generalmente, per gli inserti con spigoli taglienti, è possibile prevedere velocità di taglio elevate e lunga durata utensile.

ISO S - le superleghe resistenti al calore includono un gran numero di materiali fortemente legati a base di ferro, nichel, cobalto e titanio. Sono materiali con tendenza all'incollamento che creano tagliente di riporto, si induriscono durante la lavorazione (incrudimento) e generano calore. Sono molto simili ai materiali ISO M ma molto più difficili da lavorare e determinano una riduzione della durata utensile.

ISO H - questo gruppo contiene acciai di durezza compresa tra 45 e 65 HRc e ghisa fusa in conchiglia attorno a 400-600 HB. Per la loro durezza, sono tutti materiali difficili da lavorare. Generano calore durante il taglio e sono molto abrasivi per il tagliente.

O (altri): non ISO. Termoplastiche, materiali plastici termoindurenti, GFRP (polimeri/plastiche rinforzati con fibra di vetro), CFRP (plastiche rinforzate con fibra di carbonio), compositi in fibra di carbonio, plastiche rinforzate con fibra di aramide, gomma dura, grafite (tecnica). Attualmente, i compositi vengono utilizzati molto in diversi settori, soprattutto nell'industria aerospaziale.

Definizione di lavorabilità



Generalmente, sono tre i fattori da considerare per determinare la lavorabilità di un materiale..

1. Classificazione del materiale da lavorare dal punto di vista metallurgico/meccanico.
2. Geometria del tagliente da utilizzare, micro e macro.
3. Materiale da taglio (qualità) con i suoi costituenti, ad es. metallo duro rivestito, ceramica, CBN, PCD, ecc.

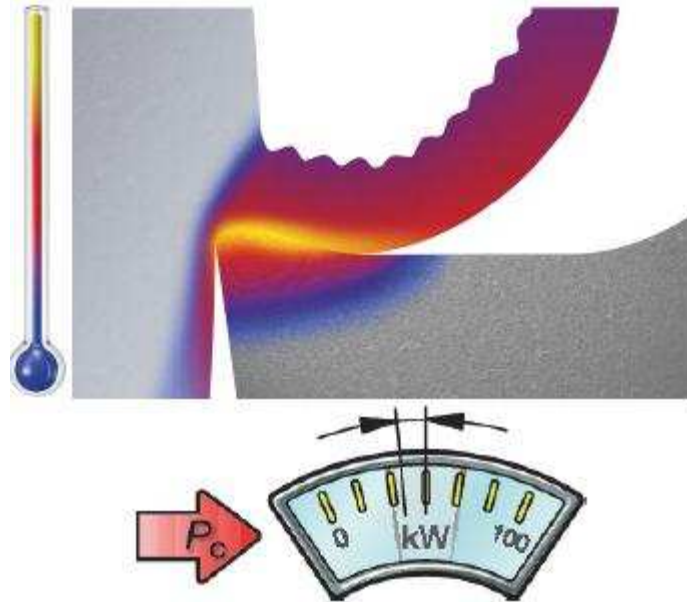
La scelta avrà una grande influenza sulla lavorabilità del materiale da trattare. Tra gli altri fattori figurano: dati di taglio, forze di taglio, trattamento termico del materiale, crosta superficiale, inclusioni metallurgiche, portautensili, condizioni generali di lavorazione, ecc.

La lavorabilità non ha una definizione diretta, diversamente da qualità o numeri. In senso lato, indica la capacità del materiale del pezzo di essere lavorato, l'usura che crea sul tagliente e la formazione dei trucioli ottenibile. In questi termini, un acciaio debolmente legato è più facile da lavorare rispetto agli acciai inossidabili austenitici e l'acciaio debolmente legato ha una maggiore lavorabilità rispetto all'acciaio inossidabile. Il concetto di "buona lavorabilità" indica generalmente una lavorazione senza inconvenienti e una durata utensile adeguata. La maggior parte dei giudizi sulla lavorabilità di un determinato materiale sono il risultato di prove pratiche e di confronti con altre prove eseguite su altre tipologie di materiali in condizioni approssimativamente simili. Durante queste prove, si prendono in considerazione anche altri fattori, come la microstruttura, la tendenza all'incollamento, la macchina utensile, la stabilità, la rumorosità, la durata utensile, ecc.

ISO P - acciaio

- Acciaio non legato - P 1.1-1.5
- Acciaio debolmente legato - P 2.1-2.6
- Acciaio fortemente legato - P 3.0-3.2

Che cos'è un acciaio ISO P?



- L'acciaio rappresenta il gruppo di materiali più ampio nel settore del taglio dei metalli
- Gli acciai possono essere non temprati o bonificati, con una durezza che può arrivare a 400 HB. L'acciaio con durezza superiore a circa 48 HRC e fino a 62-65 HRC rientra nel campo ISO H
- L'acciaio è una lega che ha come componente principale il ferro
- Gli acciai non legati hanno un tenore di carbonio inferiore allo 0.8% e sono costituiti esclusivamente da ferro (Fe), senza altri elementi leganti
- Gli acciai legati hanno un tenore di carbonio inferiore all'1.7% ed elementi leganti come Ni, Cr, Mo, V e W
- Gli acciai debolmente legati contengono elementi leganti in misura inferiore al 5%
- Gli acciai fortemente legati contengono più del 5% di elementi leganti

Lavorabilità in generale

- La lavorabilità dell'acciaio differisce in funzione degli elementi leganti, del trattamento termico e del processo di lavorazione (forgiatura, laminatura, fusione, ecc.)
- In generale, il controllo truciolo è relativamente semplice e omogeneo
- Gli acciai a basso tenore di carbonio producono trucioli più lunghi che tendono all'incollamento e richiedono taglienti affilati
- Forza di taglio specifica k_{c1} : 1400-3100 N/mm²
- Le forze di taglio e, di conseguenza, la potenza richiesta per la lavorazione rimangono contenute in un range limitato

Elementi leganti

C influisce sulla durezza (con un tenore maggiore si ha un aumento dell'usura per abrasione). Con un basso tenore di carbonio, inferiore allo 0.2%, si ha un aumento dell'usura per adesione, con conseguente formazione di tagliante di riporto e controllo truciolo insoddisfacente.

Cr, Mo, W, V, Ti, Nb (formatori di carburi) determinano un aumento dell'usura da abrasione.

O influisce notevolmente sulla lavorabilità; genera inclusioni non metalliche, ossidiche ed abrasive.

Al, Ti, V, Nb sono impiegati come trattamenti a grana fine sull'acciaio che lo rendono più tenace e difficile da lavorare.

P, C, N nella ferrite, determinano una diminuzione della duttilità, con conseguente aumento dell'usura per adesione.

Effetto positivo

Il **Pb** nell'acciaio facilmente lavorabile (con punto di fusione basso) riduce l'attrito tra truciolo e inserto, riduce l'usura e migliora il controllo truciolo.

Ca, Mn (+S) formano solfuri teneri con azione lubrificante. Un elevato tenore di zolfo (S) migliora la lavorabilità e il controllo truciolo.

Lo **zolfo (S)** influisce positivamente sulla lavorabilità. Anche le più piccole differenze nell'ordine dello 0,01% e 0,03% possono incidere notevolmente sulla lavorabilità. Questi effetti sono sfruttati negli acciai facilmente lavorabili. Generalmente, il tenore di zolfo si aggira intorno allo 0,25%. Lo zolfo determina inclusioni tenere di solfuro di manganese (MnS) che vanno a costituire uno strato lubrificante tra il truciolo e il tagliante. Il solfuro di manganese (MnS) migliora anche il controllo truciolo. Il piombo (Pb) ha un effetto analogo ed è spesso utilizzato insieme allo zolfo (S) in acciai facilmente lavorabili, in quantità che si aggirano intorno allo 0.25%.

Effetti sia positivi sia negativi

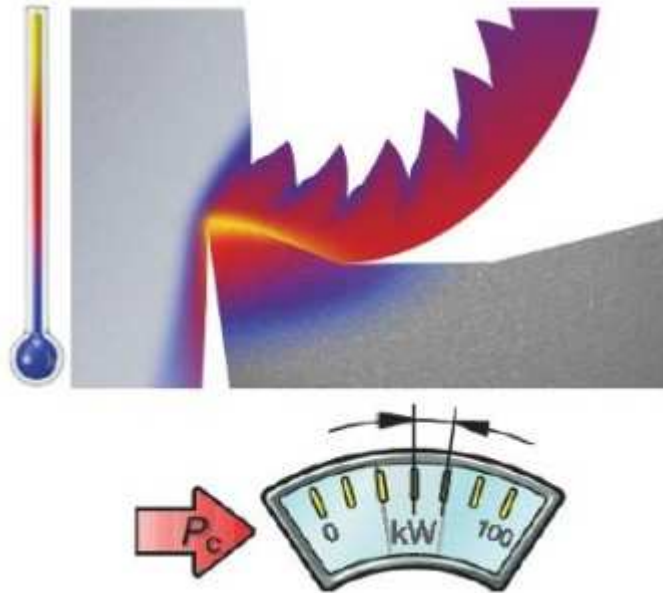
Si, Al, Ca formano inclusioni di ossidi che determinano un aumento dell'usura. Le inclusioni nell'acciaio hanno una notevole influenza sulla lavorabilità, anche se sono presenti in percentuali molto ridotte della composizione totale. Questa influenza può essere sia negativa che positiva. L'alluminio (Al), ad esempio, è utilizzato per deossidare la colata di ferro. Tuttavia, l'alluminio forma dell'ossido di alluminio fortemente abrasivo (Al₂O₃) che ha un effetto dannoso sulla lavorabilità (a confronto con il rivestimento di allumina di un inserto). Questo effetto negativo, tuttavia, può essere contrastato con l'aggiunta di calcio (Ca) che va a formare un guscio tenero attorno alle particelle abrasive.

- **L'acciaio fuso** ha una struttura superficiale ruvida che può comprendere inclusioni di sabbia e scorie; pertanto, il tagliante dovrà avere un'elevata tenacità
- **L'acciaio laminato** è caratterizzato da una grana abbastanza grossa che rende la struttura irregolare, provocando variazioni nelle forze di taglio
- **L'acciaio forgiato** ha una grana più fine e una struttura più uniforme che determina meno problemi durante il taglio

ISO M - acciaio inossidabile

- Acciaio inossidabile ferritico e martensitico - P5.0-5.1
- Acciaio inossidabile austenitico e superaustenitico - M1.0-2.0
- Acciaio inossidabile duplex - M 3.41-3.42

Che cos'è l'acciaio inossidabile ISO M?



- Lega che ha come componente principale il ferro (Fe)
- Tenore di cromo superiore al 12%
- Tenore di carbonio generalmente basso ($C \leq 0.05\%$)
- Le varie aggiunte di nichel (Ni), cromo (Cr), molibdeno (Mo), niobio (Nb) e titanio (Ti) producono caratteristiche differenti, come la resistenza alla corrosione e alle alte temperature
- Il cromo si combina con l'ossigeno (O) per creare uno strato passivante di Cr_2O_3 sulla superficie dell'acciaio, il quale conferisce al materiale proprietà non corrosive

Lavorabilità in generale

La lavorabilità dell'acciaio inossidabile differisce in funzione degli elementi leganti, del trattamento termico e dei processi di lavorazione (forgiatura, fusione, ecc.) In generale, la lavorabilità diminuisce all'aumentare del tenore di lega, ma sono disponibili materiali liberamente lavorabili o a lavorabilità migliorata in tutti i gruppi di acciaio inossidabile.

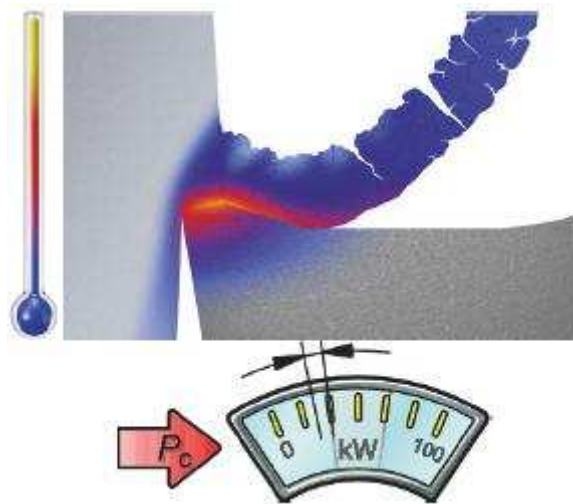
- Materiale a truciolo lungo
- Il controllo truciolo è discreto nei materiali ferritici/martensitici, mentre diventa più complesso nei tipi austenitici e duplex
- Forza di taglio specifica: $1800-2850 \text{ N/mm}^2$
- La lavorazione genera elevate forze di taglio, tagliente di riporto, calore e superfici incrudite

- La struttura austenitica a tenore di azoto (N) relativamente elevato migliora la robustezza e conferisce una certa resistenza contro la corrosione ma riduce la lavorabilità, mentre aumentano le superfici incrudite
- Per migliorare la lavorabilità si utilizzano aggiunte di zolfo (S)
- L'alto tenore di C (>0.2%) produce un'usura sul fianco relativamente ampia
- Mo e N riducono la lavorabilità ma conferiscono resistenza agli attacchi degli acidi e contribuiscono a rafforzare la robustezza alle alte temperature
- SANMAC (Sandvik trade name) è un materiale la cui lavorabilità viene migliorata ottimizzando la percentuale volumetrica di solfuri e ossidi senza sacrificare la resistenza alla corrosione

ISO K - ghisa

- Ghisa malleabile (MCI) K 1.1-1.2 e ghisa grigia (GCI) K 2.1-2.3
- Ghisa nodulare (NCI) K 3.1-3.5
- Ghisa a grafite compatta (CGI) K 4.1-4.2
- Ghisa duttile austemperata (ADI) K 5.1- 5.3

Che cos'è la ghisa ISO K?



Esistono 5 tipi principali di ghisa:

- Ghisa grigia (GCI)
- Ghisa malleabile (MCI)
- Ghisa nodulare (NCI)
- Ghisa a grafite compatta (CGI)
- Ghisa duttile austemperata (ADI)

La ghisa è un composto di Fe-C con tenore relativamente alto di Si (1-3%). Il tenore di lega è superiore al 2%, corrispondente alla massima solubilità del carbonio nella fase austenitica. Cr (cromo), Mo (molibdeno) e V (vanadio) formano dei carburi che aumentano robustezza e durezza ma riducono la lavorabilità.

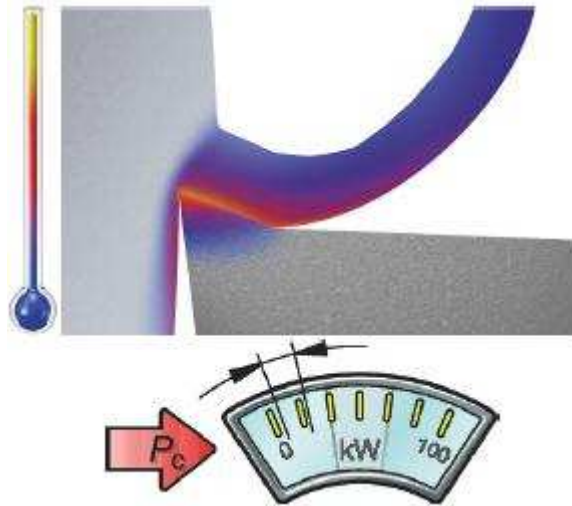
Lavorabilità in generale

- Si tratta di un materiale a truciolo corto con un buon controllo truciolo nella maggior parte delle condizioni. Forza di taglio specifica: 790 - 1350 N/mm²
- Le lavorazioni a velocità elevate, specialmente nelle ghise con inclusioni di sabbia, provocano usura da abrasione
- Le ghise NCI, CGI ed ADI richiedono un'attenzione particolare a causa delle diverse caratteristiche meccaniche e della presenza di grafite nella matrice, rispetto alla GCI normale
- Le ghise spesso vengono lavorate con inserti negativi, che hanno taglienti robusti e garantiscono condizioni applicative sicure
- I substrati di carburo dovrebbero essere duri e i rivestimenti dovrebbero essere di ossido di alluminio spesso, per garantire una buona resistenza all'usura da abrasione
- Le ghise generalmente vengono lavorate senza refrigerante ma possono essere utilizzate anche in condizioni "umide", sostanzialmente per ridurre al minimo la contaminazione delle polveri dovuta al carbonio e al ferro. Vi sono anche qualità adatte per lavorazioni con adduzione di refrigerante

Influenza della durezza

- Nel caso delle ghise, l'influenza della durezza sulla lavorabilità è analoga a quella degli altri materiali
- Ad esempio, le ghise ADI (Ghisa Nodulare Austemperata), CGI (Ghisa a Grafite Compatta) e NCI (Ghisa Nodulare) possono avere durezza massime di 300-400 HB. Le ghise MCI e GCI hanno una durezza media di 200-250 HB
- La ghisa bianca può arrivare ad avere una durezza superiore a 500 HB con tempi di raffreddamento rapidi, quando il carbonio reagisce con il ferro per formare un carburo Fe₃C (cementite), invece di essere presente come carbonio libero. Le ghise grigie sono molto abrasive e difficili da lavorare

ISO N - materiali non ferrosi



Che cosa sono i materiali non ferrosi ISO N?

- Questo gruppo contiene metalli teneri, non ferrosi, con durezza inferiori a 130 HB, ad eccezione dei bronzi ad alta resistenza (>225 HB)
- Il gruppo più consistente è rappresentato dalle leghe di alluminio (Al) con meno del 12-13% di silicio (Si)
- MMC: Compositi a matrice di metallo: Al + SiC (20-30%)
- Leghe a base di magnesio
- Rame: rame elettrolitico con il 99.95% di Cu
- Bronzo: rame con stagno (Sn) (10-14%) e/o alluminio (3-10%)
- Ottone: rame (60-85%) con zinco (Zn) (40-15%)

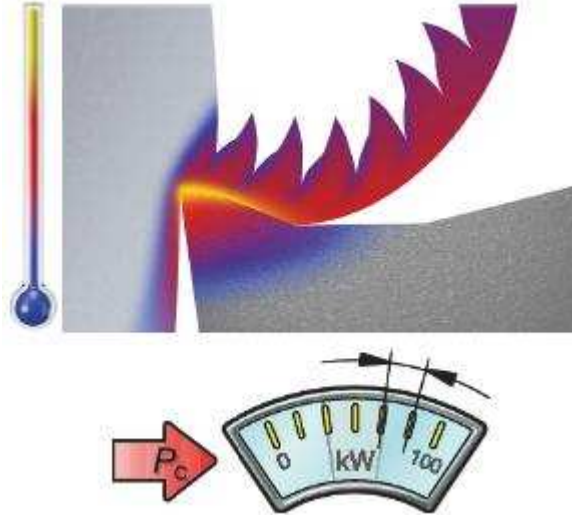
Lavorabilità dell'alluminio

- Materiale a truciolo lungo
- Se legato, il controllo truciolo è relativamente facile
- L'Al puro è tendente all'incollamento e richiede taglienti affilati e alta v_c
- Forza di taglio specifica: 350-700 N/mm²
- Le forze di taglio e quindi la potenza richiesta alla macchina sono basse
- Questo materiale può essere lavorato con qualità di metallo duro a grana fine non rivestito se il tenore di Si è inferiore al 7-8% e con qualità con taglienti di PCD nel caso dell'alluminio con un tenore maggiore di Si
- L'Al eutettico con tenore di Si superiore al 12% è molto abrasivo

ISO S - HRSA e titanio

- Materiali HRSA - S 1.0-3.0
- Titanio - S 4.1-4.4

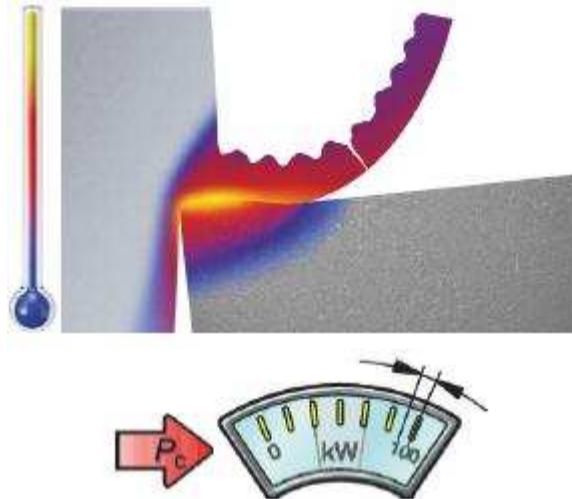
Che cosa sono HRSA e titanio ISO S?



- Il gruppo ISO S può essere diviso in superleghe resistenti al calore (HRSA) e titanio
- Le superleghe HRSA possono essere divise in tre gruppi: leghe a base di nichel, di ferro e di cobalto
- Condizioni: ricotte, sottoposte a trattamento termico per solubilizzazione, invecchiate, laminare, forgiate, fuse
- Caratteristiche: il maggiore tenore di lega (Co più che Ni) aumenta la resistenza al calore, alla trazione e alla corrosione

ISO H - acciaio temprato

Che cos'è l'acciaio temprato ISO H?



- Questo gruppo di materiali contiene acciai bonificati di durezza >45 - 68 HRC
- Gli acciai comuni includono l'acciaio cementato (~60 HRC), l'acciaio per cuscinetti (~60 HRC) e l'acciaio per utensili (~68 HRC). I tipi di ghisa duri includono ghisa bianca (~50 HRC) e ADI/Kymenite (~40 HRC). A questo gruppo appartengono anche l'acciaio da costruzione (40-45 HRC), l'acciaio al manganese e varie tipologie di rivestimenti duri come la stellite, l'acciaio P/M e il metallo duro
- La tornitura di pezzi temprati normalmente rientra nella gamma 55-68 HRC

Lavorabilità

- L'acciaio temprato è il gruppo più piccolo dal punto di vista della lavorazione e la finitura è l'operazione più comune. Forza di taglio specifica: 2550-4870 N/mm². Questa operazione determina generalmente un controllo truciolo abbastanza buono. Le forze di taglio e le potenze richieste sono molto elevate
- Il materiale di costruzione dell'utensile deve avere una buona resistenza alla deformazione plastica (durezza a caldo), stabilità termica alle alte temperature, resistenza meccanica e resistenza all'usura per abrasione. Il CBN ha queste caratteristiche e consente di eseguire la tornitura anziché la rettifica
- Anche la ceramica mista o rinforzata con whisker è utilizzata per la tornitura, se le esigenze relative alla finitura superficiale sono moderate e la durezza è eccessiva per il metallo duro
- Il metallo duro è predominante nelle lavorazioni di fresatura e foratura, ed è impiegato fino a circa 60 HRC



Componenti comuni

Tra i componenti lavorati più di frequente figurano: alberi di trasmissione, scatole del cambio, sterzi a cremagliera, stampi.