

Il metallo duro è una questione di fiducia



CERATIZIT è un gruppo di Hightech Engineering, specializzato in utensili per l'asportazione truciolo e soluzioni speciali in metallo duro.

Tooling the Future

ceratizit.com

Contenuto

▲ Benvenuti da Premium	4
▲ Gruppo CERATIZIT	5
▲ Cifre & fatti	5
▲ Sedi produttive	6
▲ Metallo duro	7-17
Perché metallo duro?	7
Che cosa è il metallo duro?	8
Esempi di vari campi d'applicazione	9
Produzione del metallo duro	10-13
Esempi di qualità di m.d. – proprietà	14
Proprietà di m.d. in funzione del contenuto di cobalto	15-17
▲ Lavorazione del metallo duro	18-33
Rettifica del metallo duro	19-21
Elettroerosione	22-27
Fresatura del metallo duro	28-29
Tornitura di materiale duro	30
Sabbiatura	31
Lucidatura	31-32
Rivestimenti	33
▲ Tecniche di assemblaggio	34-39
Brasatura	35-37
Collegamenti filettati	37
Incollaggio	38
Calettamento a caldo o a freddo	39
▲ Selezione delle qualità di m.d.	40-49
Selezione delle qualità di m.d.	40
Criteri per la scelta delle qualità di metallo duro	41
Qualità di m.d.: criteri per la scelta	42-43
Scelta della qualità di m.d.: composizione e proprietà	44-45
Esempi d'applicazione	46
Scelta della qualità di m.d.: matrice delle applicazioni	47
Guida per la scelta corretta delle qualità di m.d.	48-49
▲ Hard Material Solutions	50

Benvenuti da Premium

Solo i prodotti migliori del settore antiusura sono adatti per essere usati nei vostri processi di punta. La soluzione giusta per voi, è questo che volete. Avete bisogno di un esperto che trasformi le vostre richieste in prodotti su misura e standard? CERATIZIT è il partner che fa per voi, con soluzioni eccellenti per i vostri utensili che daranno il tocco finale alla vostra catena produttiva.

Convenienza. Precisione. Affidabilità.

Le nostre soluzioni si basano su una struttura omogenea e costante del metallo duro che garantisce maggiori prestazioni degli utensili, stabilità e resistenza per tutta la durata utile.

Le qualità di m.d. CF, ad esempio, sono state sviluppate per la produzione di utensili, e soddisfano i requisiti più elevati: resistono in condizioni estreme alla corrosione e all'usura adattandosi perfettamente alle vostre esigenze. Questa soluzione ha convinto gli esperti di utensili di tutto il mondo.

CERATIZIT garantisce un'elevata produttività per tutte le applicazioni, è un partner che vi ascolta, riflette con voi e vi fornisce un servizio individuale aiutandovi nella scelta delle qualità di metallo duro che rispecchino la vostra catena produttiva. L'offerta comprende anche seminari su misura.

Affidatevi al nostro know-how all'avanguardia che va dalle materie prime e dai grezzi fino ai prodotti pronti all'uso. Grazie a un'esperienza pluriennale i nostri esperti sviluppano proposte basate sulle vostre esigenze mettendo le loro eccezionali competenze al servizio della vostra catena produttiva.

Non solo parti antiusura

Una conoscenza consolidata nell'ambito della pianificazione, della progettazione e della tecnica: 3 aspetti che riassumono perfettamente perché il risultato finale è proprio ciò che stavate cercando. Con nuove idee, innovazioni e obiettivi CERATIZIT plasma regolarmente il futuro degli esperti di utensili, aiutandoli ad aumentare il loro vantaggio competitivo con metalli duri premium. Oggi, domani e sempre una cosa è certa: per noi non siete semplici clienti ma partner.

Il team di CERATIZIT

Gruppo CERATIZIT

Da oltre 95 anni CERATIZIT è

pioniere nell'ambito di soluzioni complesse in metallo duro di prodotti per asportazione truciolo e antiusura.

L'azienda in proprietà privata con sede a Mamer, in Lussemburgo, sviluppa e produce utensili specialistici per asportazione truciolo, inserti, cilindretti e parti antiusura in metallo duro.

Il Gruppo CERATIZIT è leader mondiale in vari segmenti applicativi per i componenti antiusura e sviluppa costantemente con successo nuovi tipi di metallo duro, cermet e ceramica per la lavorazione del legno, del metallo e della pietra.

Cifre & fatti

 **Headquarters**
Mamer, Lussemburgo

 **30** oltre
sedi produttive

 **8 000**
dipendenti

 **80** oltre
Paesi in cui siamo attivi

 **1 00 000**
prodotti

 **1 000**
brevetti e modelli di utilità

 **2 00**
dipendenti in R&S

 **30** % dei prodotti
creati negli ultimi 5 anni

 **14** oltre
premi di innovazione

Sedi produttive

Quattro sedi produttive del Gruppo CERATIZIT si concentrano sullo sviluppo e sulla fabbricazione di prodotti antiusura.

Mamer (Lussemburgo)

La sede principale del Gruppo CERATIZIT si trova a Mamer, Lussemburgo. La sede di Mamer oggi conta oltre 1.150 dipendenti e si concentra sui prodotti antiusura industriali, sulla lavorazione del legno e della pietra così come sugli inserti e utensili.



Alserio (Italia)

CERATIZIT Italia, nel passato nota come "Aldap", ha circa 180 dipendenti ed è il centro d'eccellenza per la deformazione dei metalli del Gruppo CERATIZIT. La gamma di prodotti della sede ad Alserio comprende tutto, dagli utensili ad elevate prestazioni per la deformazione a freddo a quelli per l'industria dei chiodi, rivetti e viti.



Empfingen (Germania)

Dello sviluppo, della costruzione, della produzione e della distribuzione di prodotti in metallo duro nel settore antiusura e per l'ambito degli utensili per lo stampaggio e la tranciatura se ne occupano circa 400 dipendenti presso la sede di Empfingen.



Hitzacker (Germania)

La sede a Hitzacker è stata fondata nel 1985 e oggi conta circa 50 dipendenti. La CERATIZIT Hitzacker GmbH è specializzata nella fabbricazione di grezzi in metallo duro e prodotti semilavorati per la tecnica della deformazione. Presso questa sede produttiva vengono soprattutto prodotti pezzi singoli e piccole serie con brevi termini di consegna.



Perché metallo duro?

Anno dopo anno le esigenze riguardanti gli utensili aumentano. Questo è dovuto anche alla situazione di concorrenza che affrontiamo e che, a causa della globalizzazione, non diventa affatto più semplice. Sempre più concorrenti che a volte spingono sui mercati tradizionali da paesi a basso reddito e mettono sotto pressione le aziende tradizionali del settore della costruzione di utensili.

Per poter affrontare queste difficoltà è necessario rispondere con utensili all'avanguardia dal punto di vista tecnico e di eccellenti prestazioni e alta qualità. Utensili a elevate prestazioni significano durate utili lunghe e prevedibili. Infatti, a soddisfare tutte queste esigenze è un materiale solo: il metallo duro di elevata qualità.

Grazie al metallo duro si realizzano durate estremamente lunghe, l'alto livello di qualità nella produzione è assolutamente necessario per garantire una qualità omogenea del metallo duro che di seguito costituisce il requisito per una durata prevedibile. L'utensile deve avere una struttura che consiste di un ottimo materiale per dare la risposta giusta alla concorrenza globale. In combinazione con eccellenti partnership con i fornitori ognuno di voi è eccellentemente preparato per affrontare il mercato.

Noi di CERATIZIT siamo lieti di essere sempre un partner nel campo dei materiali.



Che cosa è il metallo duro?

Il concetto del metallo duro descrive generalmente un gruppo di materiali caratterizzato da elevata durezza e proprietà metalliche. I primi metalli duri furono sviluppati nel 1921. All'epoca si trattava di metalli estremamente semplici che venivano usati principalmente per le lavorazioni di tornitura.

La lucentezza metallica e la conduttività elettrica e termica rendono questi materiali decisamente diversi da quelli non metallici che già venivano utilizzati come abrasivi molto tempo prima dell'introduzione dei metalli.

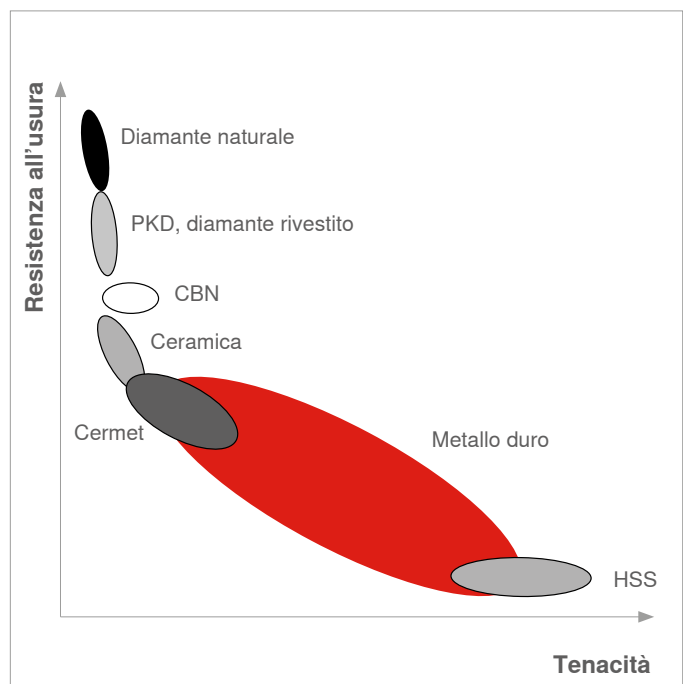
Il metallo duro è un materiale a due fasi prodotto mediante la metallurgia delle polveri e composto da una fase in materiale duro e una fase metallica legante. Il materiale duro fornisce la necessaria durezza (= resistenza all'usura), mentre il legante conferisce l'adeguata tenacità.

Criteri rilevanti per l'applicazione

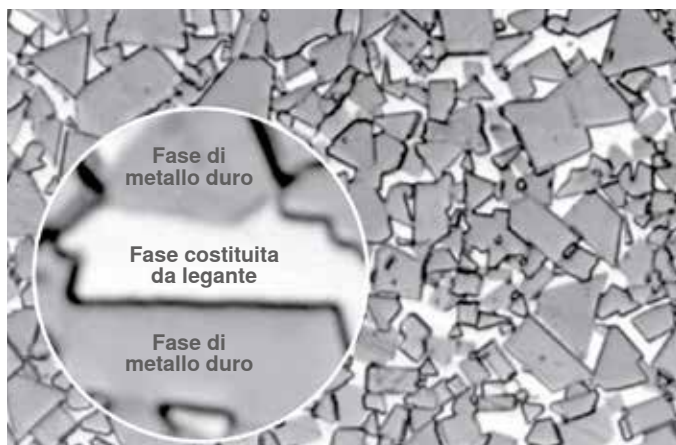
- ▲ Resistenza all'usura, durezza
- ▲ Resistenza alla compressione
- ▲ Resistenza all'urto
- ▲ Resistenza alla flessione
- ▲ Proprietà tribologiche
- ▲ Peso specifico
- ▲ Proprietà magnetiche
- ▲ Modulo di elasticità, rigidità
- ▲ Proprietà termiche
- ▲ Resistenza alla corrosione e all'ossidazione
- ▲ Tenacità

Grazie alle numerose possibilità di combinazione della percentuale di legante utilizzato e della dimensione grana del metallo duro, è possibile coprire una vasta gamma di applicazioni (mostrata nel diagramma seguente).

I metalli duri più usati nella costruzione di utensili consistono di carburo di tungsteno (materiale duro) e cobalto (legante metallico) essendo questa combinazione quella che offre le migliori caratteristiche fisiche e meccaniche.



Campi d'applicazione di vari materiali duri



Micrografia della struttura del metallo duro



Il materiale duro fornisce

- ▲ durezza
- ▲ resistenza all'usura

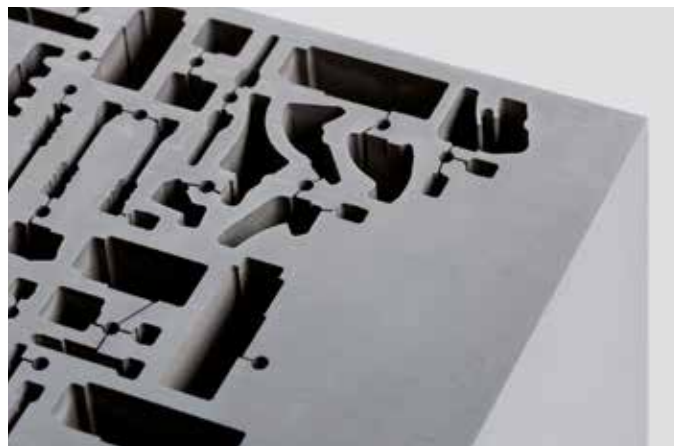
Il legante fornisce

- ▲ tenacità

Esempi di vari campi d'applicazione



Deformazione del metallo in generale



Blocchi per elettroerosione



Focalizzatori per ugelli per il taglio a getto d'acqua (TEC)



Cilindretti e preformati



Nitruro di silicio



Creatori

Produzione del metallo duro

Il processo di produzione del metallo duro ha una notevole influenza sulla qualità del prodotto finito: il metallo duro può essere prodotto solamente mediante la metallurgia delle polveri. In ognuna delle numerose fasi di produzione devono essere eliminati tutti i rischi di contaminazione.

Produzione della polvere

Il processo di produzione del carburo di tungsteno inizia con l'estrazione del minerale. Durante le prime fasi di separazione e di trasformazione si ottiene un materiale cristallino di estrema purezza: il para-tungstato di ammonio. Con la ricottura sotto vuoto si ottiene successivamente

l'ossido di tungsteno W_2O_5 (blu), mentre dalla ricottura in aria risulta l'ossido di tungsteno WO_3 (giallo verdastro).

A una temperatura fra gli 800 e i 1000 °C l'ossido di tungsteno viene ridotto in polvere di puro tungsteno. Il carburo di tungsteno risulta dalla carburizzazione. A questo proposito alla polvere di tungsteno viene aggiunta fuliggine o grafite riscaldando il tutto in seguito a 1500 – 2000 °C. La polvere utilizzata è una miscela di vari carburi in polvere con leganti metallici e vari additivi. Per ottenere la granulometria richiesta il materiale viene macinato ad umido per il tempo necessario e successivamente sottoposto a un processo di essiccazione.



Miscelazione, macinazione



Ossido di tungsteno

✓ Riduzione

Tungsteno

✓ Carburizzazione

Carburo di tungsteno



< TiC, TaC, NbC

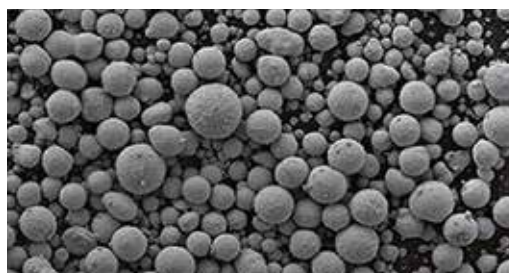
< Cr_3C_2 , VC, MoC



Granulazione



Polvere di metallo duro, granulato



Deformazione del metallo

Il metallo riceve la sua forma mediante vari processi di pressatura e deformazione come ad esempio:

▲ Pressatura diretta

In questo processo la polvere viene pressata creando la forma finale.

▲ Pressatura isostatica (wet bag)

I tubi in gomma sintetica che si trovano in gabbie d'acciaio vengono riempiti di polvere e successivamente montati in una pressa isostatica a freddo che trasforma la polvere in una massa compatta. Mediante il processo seguente di deformazione si ottiene la forma finale.

▲ Estrusione

Con questo processo si producono parti come cilindretti o listelli pressando la polvere plastificata in uno stampo. Successivamente vengono tagliati.

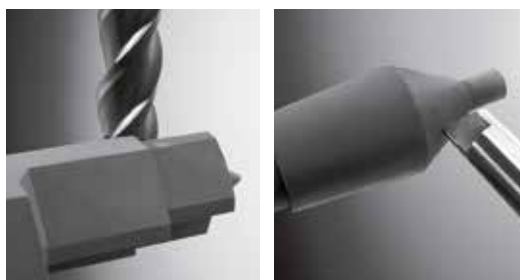
Stampaggio per estrusione



Pressatura isostatica a freddo



A scelta: lavorazione del grezzo



Sinterizzazione, HIP, sinterizzazione HIP

Le qualità di metallo duro ricevono le loro proprietà meccaniche attraverso il processo di sinterizzazione. Il materiale viene riscaldato a ca. 1500 °C, dove il cobalto entra in fase liquida. La struttura densifica quando il cobalto avvolge i granuli del carburo di tungsteno. In questa fase i componenti si restringono tra il 20 e il 25 %, a seconda della struttura e del contenuto di cobalto.

Nella fabbricazione dei grezzi quindi è indispensabile molta esperienza nel campo per ottenere un prodotto finale dalle dimensioni giuste.

Nonostante le possibilità tecniche, la sinterizzazione del metallo duro rimane un processo che richiede un know-how notevole dato che ha un'enorme influenza sulla qualità del prodotto finale.

Benché venga evitata scrupolosamente la formazione di difetti durante le numerose fasi della produzione del metallo duro, non si può del tutto escludere una porosità residua. Ciò può avere conseguenze gravi soprattutto per le applicazioni nel campo della costruzione degli utensili: basta pensare alle porosità che possono essere presenti sulle superfici esterne dei punzoni di tranciatura. Grazie al trattamento HIP (Hot Isostatic Pressing - pressatura isostatica a caldo), è possibile eliminare una gran parte di questa porosità residua riscaldando il pezzo in metallo duro nuovamente alla temperatura di sinterizzazione ed esponendolo a una pressione di gas inerte di circa 1000 bar. Di conseguenza il cobalto si deforma ed entra nelle cavità chiudendole. La sinterizzazione HIP è una combinazione fra sinterizzazione e pressatura isostatica a caldo: alla sinterizzazione segue subito un trattamento con gas inerte in pressione. Si ottiene un addensamento sufficiente già con una pressione di 100 bar.

Per ogni lotto di polvere vengono realizzati dei campioni che vengono sinterizzati insieme agli altri pezzi in produzione. Questi campioni possono essere utilizzati per i seguenti controlli:

- ▲ controllo della durezza
- ▲ controllo della densità
- ▲ misurazione della forza coercitiva
- ▲ analisi della struttura e della porosità

Dopo un'analisi dettagliata si decide se il campione è conforme alle specifiche e se pertanto può essere approvato il lotto oppure se va respinto.

Sinterizzazione



Grezzi

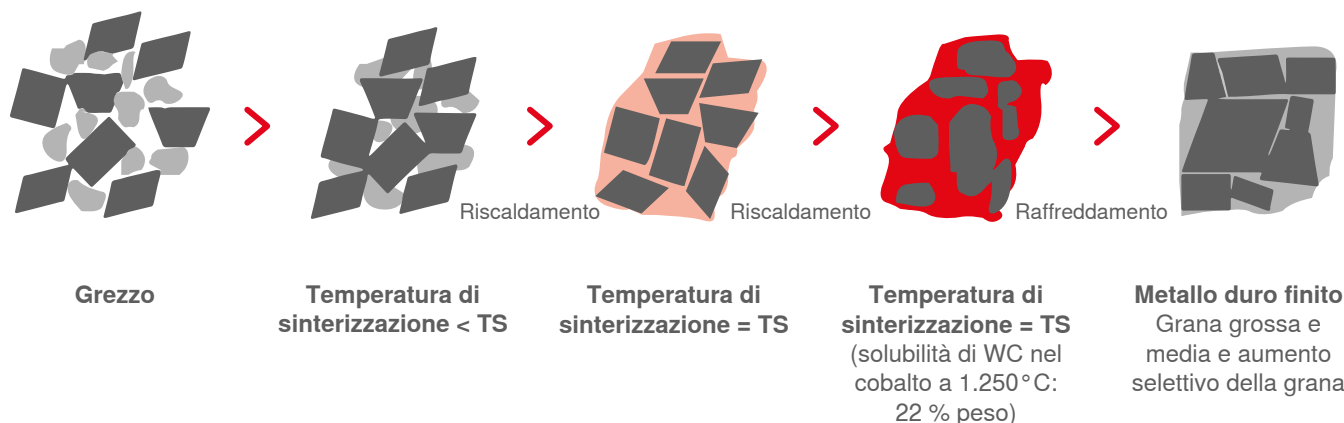


Dopo la pressatura



Ritiro durante la sinterizzazione

Dopo la sinterizzazione



La sequenza dei processi della sinterizzazione

Finitura

I metodi di lavorazione più frequentemente utilizzati per la finitura di pezzi in carburo sinterizzato sono:

- ▲ **rettifica**
- ▲ **elettroerosione**
- ▲ **erosione a tuffo**
- ▲ **erosione a filo**

Questi processi vengono trattati più dettagliatamente a partire da pagina 18.



Rettifica



Erosione a filo

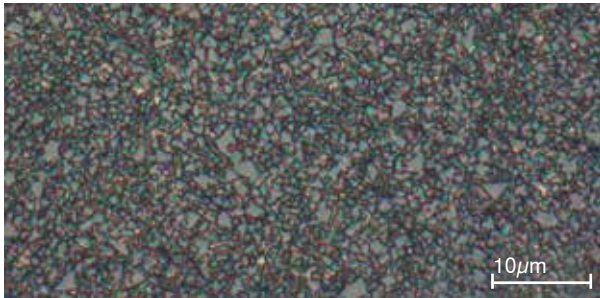


Erosione a tuffo

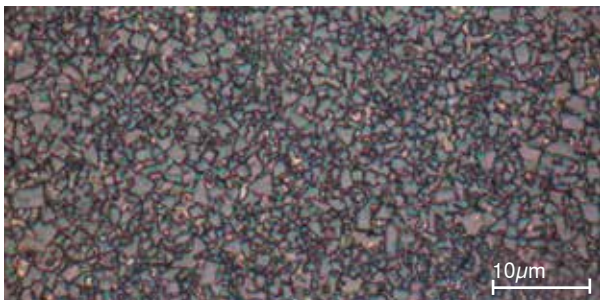
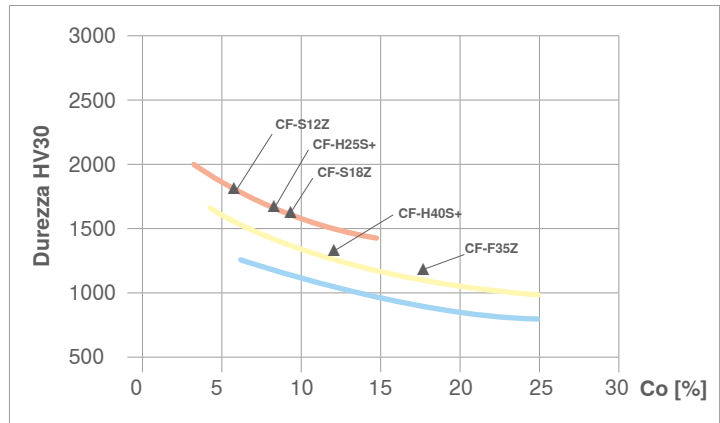


Finitura, metodi più comuni

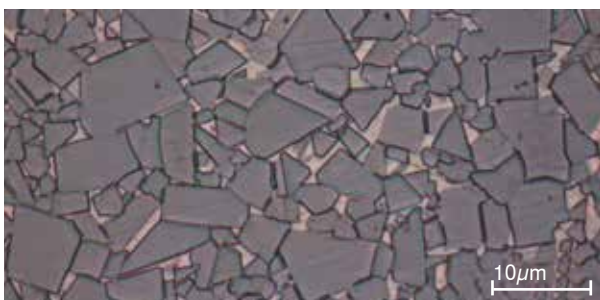
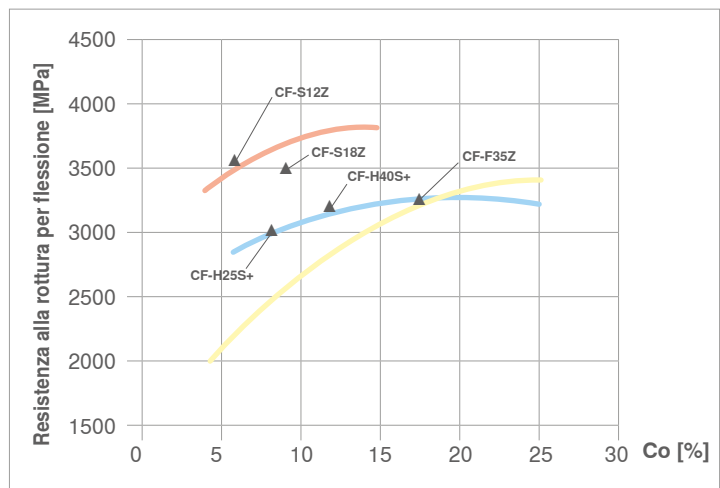
Esempi di qualità di m.d. – proprietà



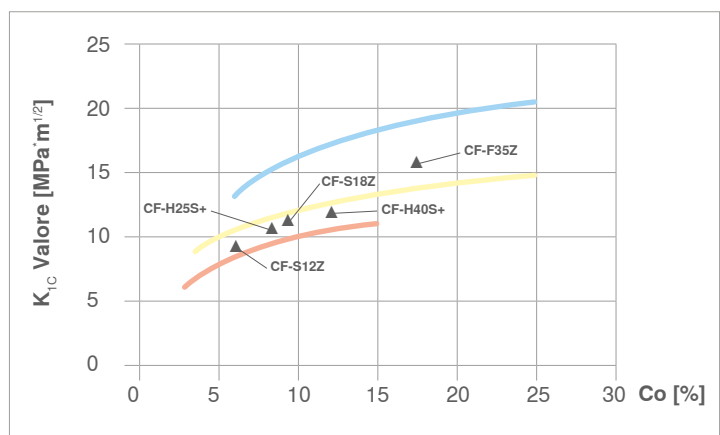
Qualità a micrograna



Qualità a grana fine / media

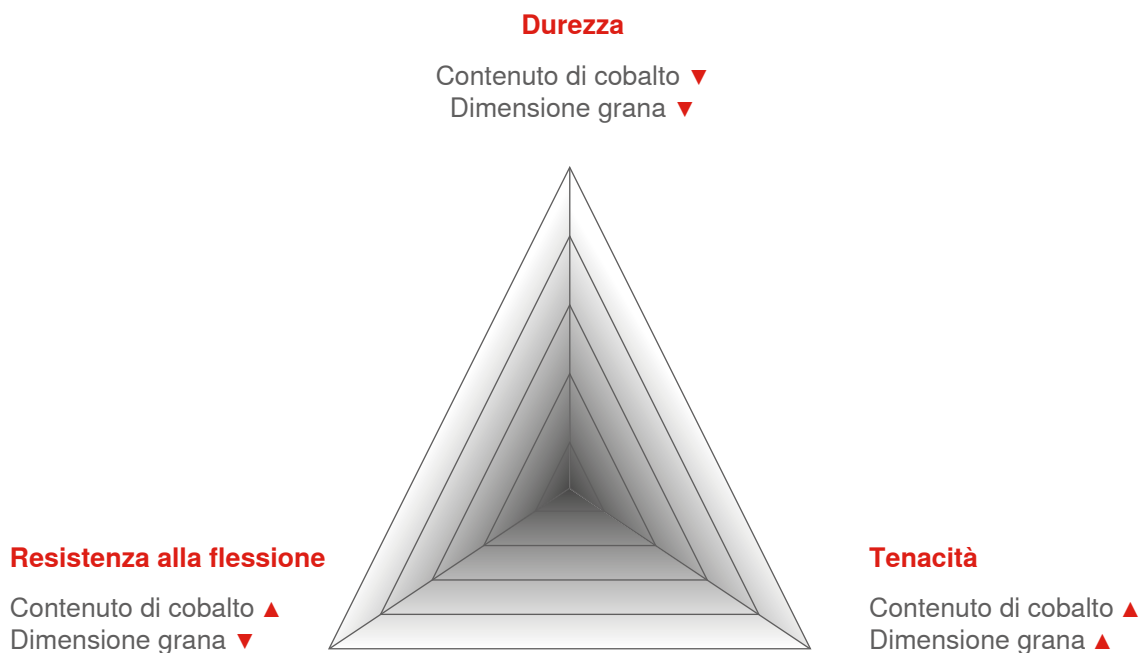


Qualità a grana grossa



- Qualità a micrograna
- Qualità a grana fine / media
- Qualità a grana grossa

Proprietà di m.d. in funzione del contenuto di cobalto e della dimensione WC



Durezza (resistenza all'usura)

Ugelli per il taglio a getto d'acqua
 Sollecitazione
 ▲ Usura
 ▲ Corrosione

Qualità di m.d.
 ▲ Durezza molto elevata: 2800 HV₃₀
 ▲ Dimensione grana piccola: <0,5 μm
 ▲ Basso contenuto di cobalto: 0,4%
 ▲ Resistenza alla corrosione aggiungendo Cr₃C₂



Resistenza alla flessione

Micro-punte
 Sollecitazione
 ▲ Usura
 ▲ Flessione

Qualità di m.d.
 ▲ Elevata resistenza alla flessione: >4000 MPa
 ▲ Dimensione grana piccola: <0,5 μm
 ▲ Contenuto di cobalto ~ 8,5%
 ▲ Elevata resistenza all'usura: 1930 HV₃₀

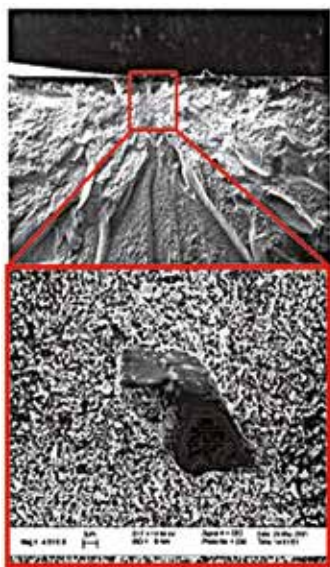


Tenacità

Rulli per laminazione a caldo
 Sollecitazione
 ▲ Usura causata da abrasione
 ▲ Accumuli di materiale
 ▲ Rotture da impatto

Qualità di m.d.
 ▲ Sufficiente resistenza alla rottura: contenuto di cobalto 20%
 ▲ Buona resistenza all'usura: 1030 HV₃₀
 ▲ Dimensione media della grana: grossa o extragrossa

Per le caratteristiche di fragilità e durezza, l'omogeneità della struttura è importante per conferire al materiale una buona resistenza alla flessione.



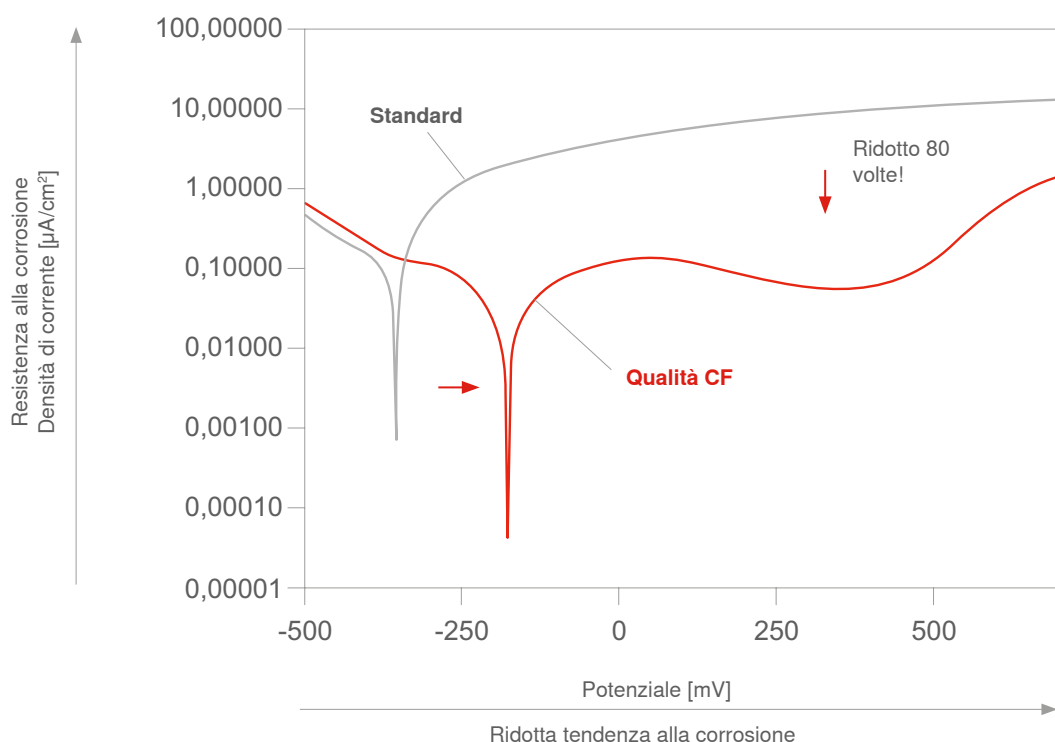
Esempio di porosità che ha causato la rottura in un metallo duro a micrograna senza trattamento isostatico a caldo => la resistenza alla flessione è del 30% minore



Esempio di depauperamento del cobalto in superficie provocato da corrosione

Resistenza alla corrosione

La resistenza alla corrosione rappresenta una caratteristica di particolare importanza per le applicazioni su stampi e utensili. In presenza di corrosione la struttura del metallo duro di solito provoca un depauperamento del legante metallico. Un caso estremo di depauperamento è mostrato nell'immagine seguente. Il fenomeno può verificarsi sull'utensile durante alcune lavorazioni (erosione da liquido dielettrico o da emulsione usata in rettifica), ma anche durante il processo applicativo (lubrificanti corrosivi/emulsione).



Curve del potenziale della densità di corrosione

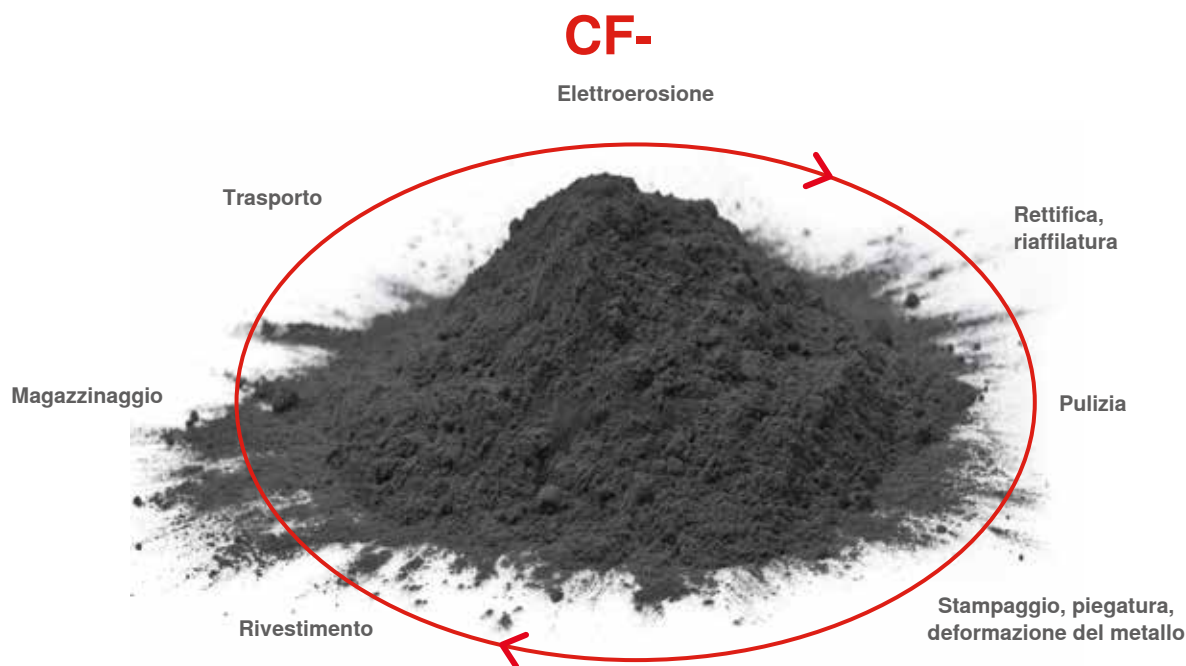


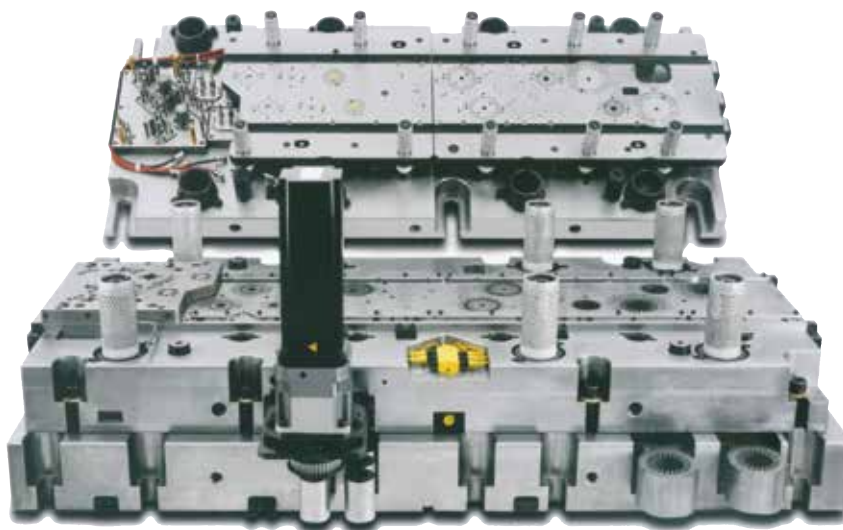
Grafico dei processi CF

Stabilità del tagliente

Le cause che hanno portato all'instabilità del filo tagliente di un utensile ormai usurato possono essere interpretate quasi esclusivamente da personale con grande esperienza. Una qualità di metallo duro può essere poco resistente ai carichi dinamici imposti sul filo tagliente. Anche nel caso di un metallo duro di bassa durezza è possibile verificare deformazioni del tagliente che risultano in scheggiature e pertanto danni simili sul filo di taglio. Anche un metallo duro adatto all'applicazione, ma con struttura non omogenea può comportare scheggiature locali.

Tendenza all'incollamento

La tendenza all'incollamento (adesione) del materiale da taglio dipende in grande misura dal tipo di metallo duro, dal materiale lavorato, nonché dalla qualità della superficie dell'utensile, dal gioco tra gli utensili di trancitura, dalla geometria dell'utensile e dal tipo di lubrificante utilizzato.



Tipico stampo rotore/statore

Lavorazione del metallo duro

La lavorazione del metallo duro influenza notevolmente le proprietà e le prestazioni degli utensili finiti. Eseguendo le varie fasi di lavorazione correttamente e con una qualità adatta, è possibile aumentare in misura considerevole la durata degli utensili. In questo capitolo saranno descritte le seguenti tecnologie di lavorazione:

- ▲ rettifica
- ▲ elettroerosione
- ▲ erosione a filo
- ▲ erosione a tuffo
- ▲ elettroerosione del foro di partenza
- ▲ fresatura di metallo duro
- ▲ tornitura di metallo duro
- ▲ sabbiatura
- ▲ lucidatura
- ▲ rivestimento



Rettifica del metallo duro

Definizione di rettifica secondo DIN 8589: con rettifica si intende un metodo di lavorazione che utilizza vari metodi di taglio. Le mole di rettifica sono dotate di taglienti geometricamente non definiti.

I taglienti sono fatti di un materiale caratterizzato da una durezza superiore a quella del materiale da tagliare.

Selezione delle mole

Le mole vengono scelte tenendo conto della dimensione della grana del materiale di cui consistono, del tipo di legante e della loro concentrazione.

Legante della mola

Si può distinguere quanto segue: resine sintetiche, metallo sinterizzato, ceramica e aggregazione galvanica.

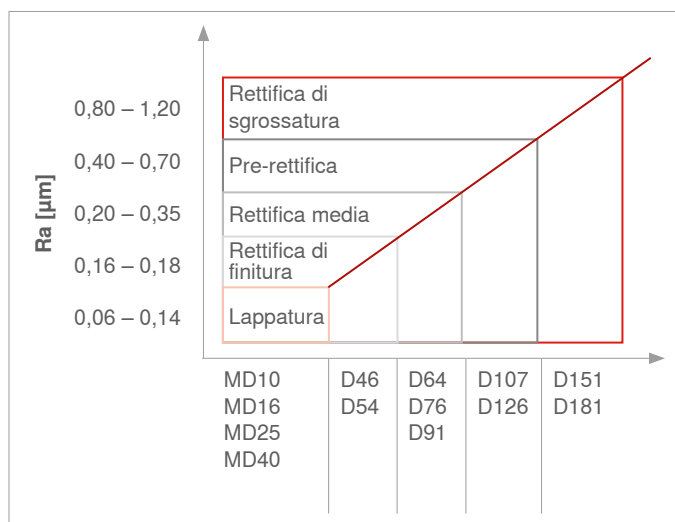
Dimensione dei grani

Maggiore è il grano abrasivo della mola

- ▲ maggiori risultano le forze di rettifica
- ▲ più breve è la durata della mola
- ▲ peggiore è la qualità della superficie
- ▲ più elevata è la temperatura di lavoro.

Più duro è il legante

- ▲ maggiori risultano le forze di rettifica
- ▲ la durata della mola non cambia
- ▲ migliore risulta la qualità della superficie
- ▲ più elevata è la temperatura di lavoro.



Valori indicativi per la scelta delle mole (diamante su metallo duro)

Dimensione dei grani abrasivi	CBN HSS 64 HRC	DIA Metallo duro K20
D301	R _a 2,10	–
D213	R _a 1,41	–
D181	R _a 1,12	R _a 0,53
D91	R _a 0,50	R _a 0,33
D54	R _a 0,33	R _a 0,16
MD20	–	R _a 0,05

Valori indicativi per la scelta delle mole (confronto mola CBN/mola acciaio e diamante/metallo duro)

Concentrazione del materiale da taglio

La concentrazione dei grani abrasivi rappresenta un parametro significativo per le mole diamantate CBN e indica il volume di CBN o di grani di diamante riscontrabili sulla superficie della mola.

Più elevata è la concentrazione

- ▲ maggiori risultano le forze di rettifica
- ▲ migliore risulta la durata della mola
- ▲ migliore risulta la qualità della superficie
- ▲ più elevata è la temperatura di lavoro.

Rettifica del metallo duro



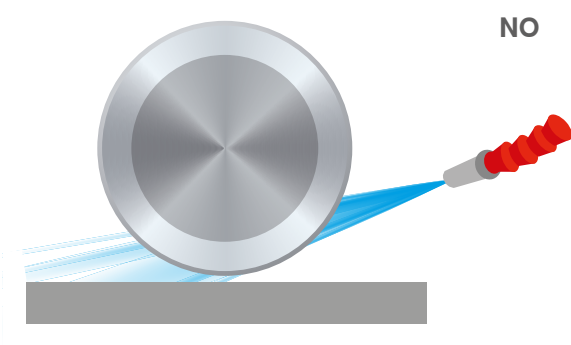
Scelta dei lubrorefrigeranti

La scelta del lubrorefrigerante per la rettifica è di fondamentale importanza per il produttore di metallo duro. La rettifica va sempre eseguita utilizzando un refrigerante.

	Olio	Emulsione	Acqua
Effetto refrigerante	medio	alto	alto
Effetto lubrificante	molto alto	medio	insufficiente
Numero di controlli necessari	basso quando il volume è alto	alto, controllo continuo	basso
Numero di lavaggi	alto, impianti speciali	medio	basso
Impatto ambientale	alto	basso	basso
Costo	alto	medio	basso
Potenziale corrosivo	basso	medio	alto

Informazioni per la scelta del lubrorefrigerante

Il lubrorefrigerante deve venire a contatto col pezzo in rettifica nel punto più caldo in modo da raffreddare ottimamente. In caso contrario possono risultare danni al metallo duro.



Uso scorretto del lubrorefrigerante



Uso corretto del lubrorefrigerante

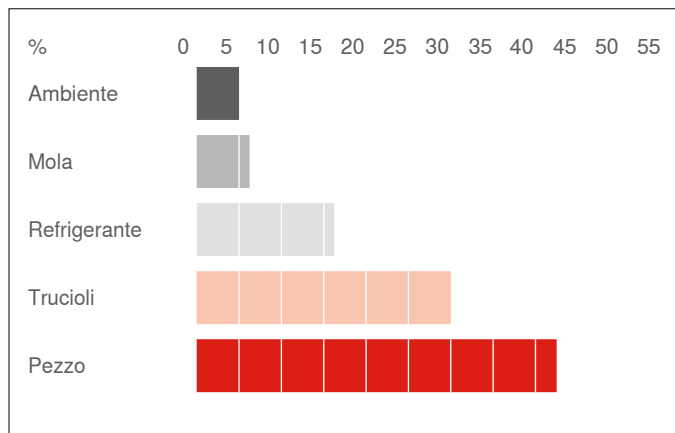


Possibili effetti di una lubrorefrigerazione insufficiente

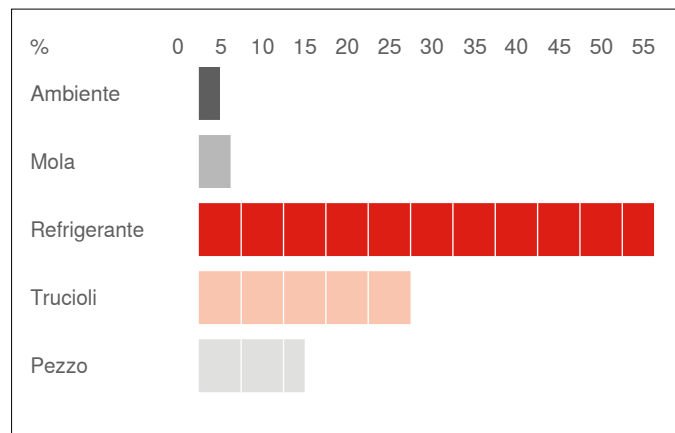


Superficie ottimale ottenuta con una refrigerazione corretta

Assorbimento del calore in caso di refrigerazione inefficace

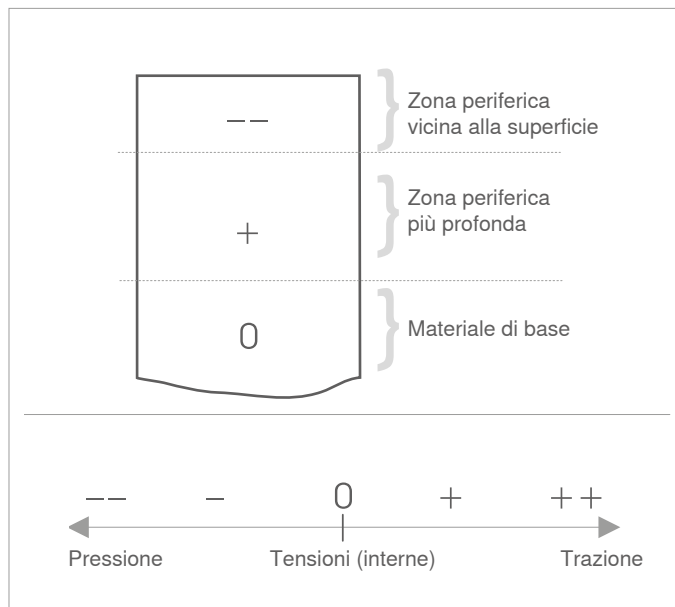


Assorbimento del calore in caso di refrigerazione ottimale



Tensioni interne

Durante la rettifica di un metallo duro, negli strati superiori sono presenti tensioni che possono influenzare notevolmente la resistenza alla flessione del componente.



Formazione/creazione di tensioni durante la rettifica di componenti in metallo duro

Tabella di conversione

Diamante Standard FEPA	Standard USA (mesh USA)	DIA Metallo duro K20
D301	50/60	300 – 250
D251	60/70	250 – 212
D213	70/80	212 – 180
D181	80/100	180 – 150
D151	100/120	150 – 125
D126	120/140	125 – 106
D107	140/170	109 – 90
D91	170/200	90 – 75
D76	200/230	75 – 63
D64	230/270	63 – 53
D54	270/325	53 – 45
D46	325/400	45 – 38
D35	400/500	40 – 32
D30	500/600	32 – 25
D25	–	30 – 20
D20	–	25 – 15

Tabella di conversione per dimensioni grana

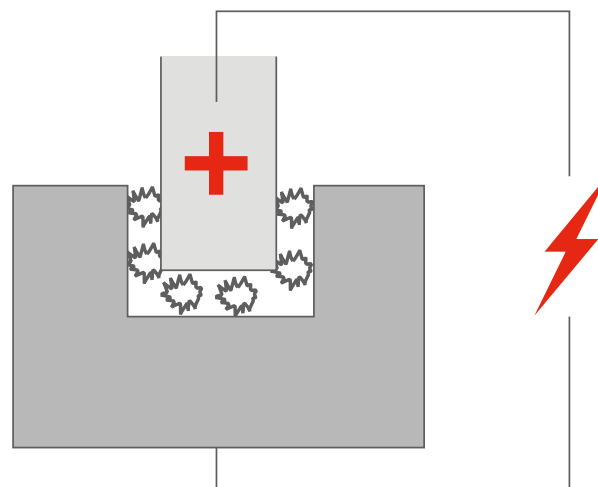
Elettroerosione

Con il metodo dell'elettroerosione i materiali conduttori di elettricità come il metallo duro vengono lavorati immersi in un liquido dielettrico (acqua o olio). L'utensile per la lavorazione e il copro in metallo duro formano due elettrodi tra i quali si realizzano processi di scarica ad alta frequenza. La scarica fra gli elettrodi si verifica quando la tensione voltaica fra pezzo e utensile supera un limite che dipende dalla distanza fra i due e dal potere isolante del liquido dielettrico. L'immagine a destra mostra il principio dell'elettroerosione.

In generale si distingue tra

- ▲ elettroerosione a filo
- ▲ elettroerosione a tuffo

Entrambi i metodi saranno descritti nei paragrafi seguenti.



Principio di funzionamento dell'elettroerosione

Errori nell'elettroerosione a filo del metallo duro e come evitarli

Danni alla superficie

In generale, in un metallo duro lavorato con un taglio di sgrossatura si trovano i seguenti scenari:



Superficie di un pezzo in metallo duro dopo il taglio di sgrossatura

Zona 1:

Per il taglio di sgrossatura si utilizza in genere l'avanzamento massimo con la massima potenza. Di conseguenza nella zona 1, chiamata anche zona bianca, sono presenti depositi fusi di vari materiali. La maggior parte di questi depositi fusi proviene dal pezzo e dal filo. Questa zona di solito ha uno spessore compreso fra 3 e 5 μm .

Zona 2:

Le prestazioni e l'avanzamento elevati creano un'altra zona termicamente alterata che si trova immediatamente sotto la zona 1 e, a causa della temperatura di circa 15.000°C, raggiunta durante il processo arriva a una profondità di 9 μm . Nelle nostre analisi della superficie però spesso abbiamo trovato dei danni che raggiungevano profondità molto maggiori. Se la zona 2 non viene rimossa completamente mediante un numero sufficiente di passaggi di finitura, il depauperamento di cobalto nella zona può avere effetti negativi. Questo argomento sarà trattato più dettagliatamente in seguito.

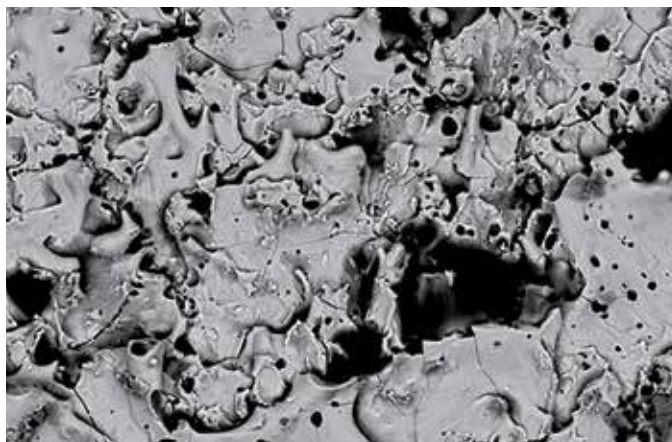
Zona 3:

Qui il materiale è senza danni. Solo raggiungendo questa zona dopo aver effettuato un numero sufficiente di passaggi di finitura, la struttura del metallo duro riacquista le sue caratteristiche meccaniche importanti per la costruzione di utensili, quali la durezza e la tenacità. È quindi indispensabile raggiungere questa zona. La decisione relativa a quanti passaggi occorrono per raggiungere l'obiettivo invece è soltanto una questione di esperienza degli impiegati del reparto di elettroerosione. L'immagine a sinistra mostra la necessità di eliminare le prime due zone e quindi la situazione di cui ogni collaboratore dovrebbe essere consapevole.

Impatto termico e cricche termiche

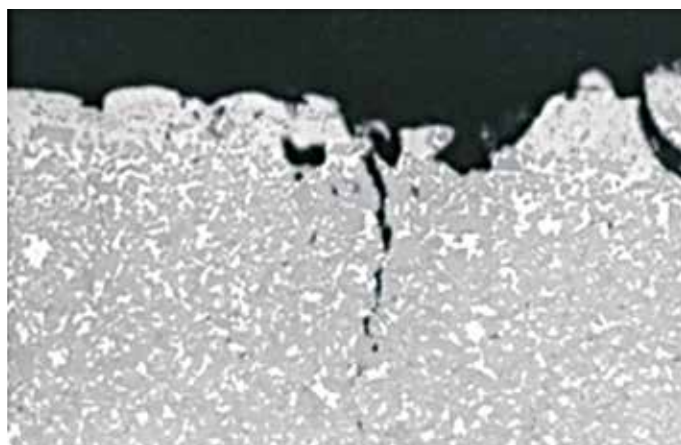
L'elevata potenza del generatore produce altissime temperature che il pezzo e l'ambiente non riescono a disperdere portando al rischio di cricche. In combinazione con gli avanzamenti elevati questo porta a un'insufficiente circolazione del dielettrico, causando l'aumento della sua conduttività elettrica e favorendo inoltre il depauperamento di cobalto, di cui parleremo più avanti. Le cricche sono assolutamente inaccettabili, perché si propagano durante l'utilizzo dell'utensile durante l'applicazione e possono portare a rotture. In questi casi spesso la colpa viene data alla qualità del metallo duro.

Una buona qualità della superficie significa una maggiore durata utile del vostro utensile, ma allo stesso tempo una buona superficie costa!

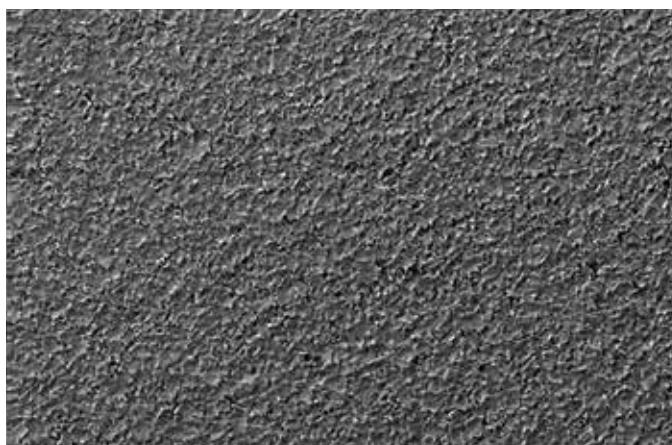


Micrografia di una superficie di metallo WC-Co dopo la prima erosione in olio.¹⁾ ($R_a = 1,3 \mu\text{m}$)

10 μm HS = 20,00 kV Segnale A = CZ BSD
WD = 6,0 mm Mag = 1,00 K X



Cricche termiche dopo il taglio di sgrossatura



Micrografia di una superficie di metallo WC-Co dopo la nona erosione in olio.¹⁾ ($R_a = 0,06 \mu\text{m}$)

10 μm HS = 20,00 kV Segnale A = SE1
WD = 6,0 mm Mag = 1,00 K X



Superficie ottenuta mediante un numero sufficiente di passaggi di finitura

¹⁾ Klünsner 2016: durata a fatica di WC-Co lucidati e soggetti a erosione esclusivamente mediante sabbatura a umido

Foratrici

Oggi nel settore della costruzione di utensili sono indispensabili le macchine per l'elettroerosione, chiamate foratrici, perché grazie a loro si riesce a realizzare la sgrossatura di un blocco in elettroerosione a filo realizzando dei fori nel materiale. Scheggiature fino a una profondità di 0,5 mm sono la conseguenza di una potenza e un avanzamento eccessivi e di insufficiente circolazione del dielettrico. In base alla nostra esperienza consigliamo di ridurre la potenza in questa fase di lavorazione e di rimuovere minimo 0,3 mm di materiale nell'immediata vicinanza.

Corrosione e pitting

È impossibile trattare separatamente l'argomento della corrosione e del pitting ("camolatura"): i fenomeni sono strettamente legati al processo di corrosione e si presentano sia su superfici erose che non erose del pezzo. Le macchie e cavità sulla superficie erosa si chiamano pitting. Spesso queste cavità che indicano l'assenza di cobalto per depauperamento, all'inizio sono talmente piccole da non essere visibili. Nel corso della rettifica, della lucidatura o, peggio ancora, durante l'utilizzo dell'utensile diventano invece evidenti.

L'immagine a destra mostra un esempio tipico del pitting che è chiaramente visibile senza lente o microscopio. Come già descritto, le cavità compaiono anche su superfici non lavorate. Questo è dovuto al fatto che il metallo duro che è composto in parte dal legante cobalto, ha proprietà magnetiche. Questo magnetismo raccoglie particelle dal liquido dielettrico provocando in seguito

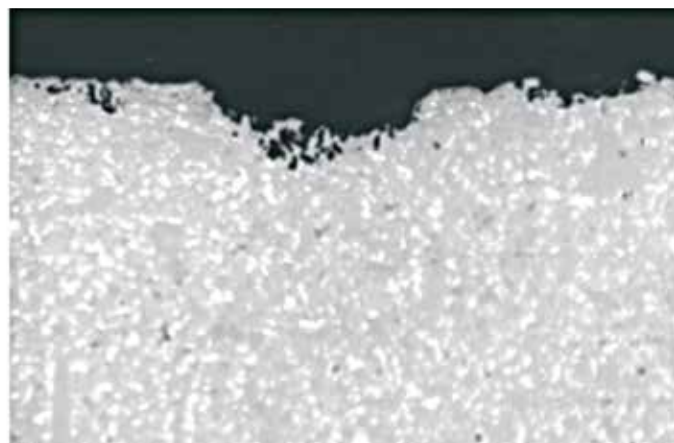
- ▲ una corrosione accelerata
- ▲ e un'usura meccanica locale

causate dalla vibrazione delle particelle residue sulla superficie.



Pitting

L'immagine in basso mostra lo stesso fenomeno visto in sezione. Il legante (cobalto) viene corrosivo fino ad una profondità di 20 μm . Questo processo accelera notevolmente in condizioni di scarsa circolazione del dielettrico, o quando la conduttività del dielettrico è troppo elevata.



Pitting visto in sezione

È interessante osservare che questo fenomeno si presenta anche sulla parte frontale del pezzo che non è soggetto all'elettroerosione. Ciò avviene perché il dielettrico è sporco e anche a causa del processo elettrochimico sopra descritto. Il depauperamento del cobalto non è sempre visibile senza microscopio. La soluzione di dielettrico che penetra nel materiale separa il cobalto senza supporto (legante) sulla superficie privandolo della sua tenacità e durezza in questa zona. È pertanto indispensabile rettificare le superfici frontali. La maggior parte dei produttori rimuove infatti fra 0,3 e 0,5 mm di materiale.

Suggerimenti per la risoluzione dei problemi nell'elettroerosione

- ▲ Gli strati della zona termicamente alterata vanno rimossi attraverso un numero sufficiente di passaggi di finitura.
- ▲ Attenzione alla fase di foratura: gli effetti termici possono essere enormi. Le macchine per la foratura sono molto utili se utilizzate correttamente.
- ▲ Il metallo duro è magnetico: occorre smagnetizzare le parti prima dell'erosione
- ▲ Il principio della minima iniezione: contrariamente alle istruzioni per l'uso, in molte aziende la pressione dell'ugello superiore e inferiore vengono registrate uguali. Di conseguenza i due flussi d'acqua si scontrano nella zona di taglio rendendo difficile l'asportazione delle particelle del filo. Il risultato è un aumento immediato della conduttività del dielettrico. Come già descritto precedentemente questa causa inevitabilmente anche una maggiore corrosione! Pertanto è fondamentale mantenere la pressione sull'ugello superiore notevolmente più alta rispetto a quella sull'ugello inferiore per tenere puliti i guidafilo inferiori.
- ▲ Come procedere: si raccomanda di sgrossare prima tutte le parti, procedendo in seguito con il primo passaggio di finitura di tutte le parti. Altrimenti la prima parte finita sarebbe esposta per troppo tempo all'acqua e di conseguenza alla corrosione. Osservando la sequenza corretta di lavorazione invece si riduce notevolmente il rischio di corrosione.
- ▲ Controllare continuamente la conduttività del dielettrico: $< 5 \mu\text{S}/\text{cm}$. Non iniziare la lavorazione se vi sono difficoltà a mantenere questo valore.
- ▲ Pulizia del pezzo alla fine della lavorazione: il metodo giusto per conservare i pezzi è lavarli in acqua normale asciugandoli per un'ora in forno a una temperatura di 100° .
- ▲ Non rimuovere l'acqua dalla vasca dove sono presenti i pezzi. Le gocce d'acqua aderenti al materiale avranno la più alta concentrazione di sostanze corrosive, meglio lasciare le parti sommerse nella vasca.
- ▲ Tenere pulito il dielettrico. I filtri non trattengono tutte le particelle di cobalto.
- ▲ Controllare regolarmente il pH, la conduttività, la durezza e il contenuto di cloruri dell'acqua. I valori non critici pH di metallo duro vanno da 6,5 a 8,5, il valore ottimale da perseguire è pari a 7.
- ▲ Utilizzare esclusivamente un metallo duro di qualità costante prodotto con trattamento HIP
- ▲ Le superfici laterali devono essere rettificate dopo la lavorazione per elettroerosione. Per eliminare eventuali difetti dalla superficie è sufficiente rimuovere uno strato di circa 0,3 mm.
- ▲ Marcatura dei pezzi: attenzione agli inchiostri che contengono solventi aggressivi.

- ▲ Quando una macchina di elettroerosione viene prevalentemente usata per la lavorazione di acciaio, e solo sporadicamente per la lavorazione di metallo duro, si raccomanda vivamente la pulizia del dielettrico prima di iniziare la lavorazione del metallo duro. In caso contrario può risultare una maggiore tendenza alla corrosione del metallo duro. Sarebbe ottimale usare una macchina di elettroerosione (EDM) esclusivamente per metallo duro.

Elettroerosione del metallo duro montato

Per la deformazione a freddo di filo o lamiera metallica gli utensili usati spesso vengono montati con interferenza in una montatura d'acciaio. Grazie alla compressione il metallo duro mostra le sue caratteristiche migliori e il rischio di rotture è ridotto.

L'interferenza nel metallo duro comporta uno stato di compressione che è utile nella tranciatura e nella forgiatura, ma può essere critico durante il processo di taglio a filo.

Non si consiglia di rimuovere elevate quantità di materiale tramite taglio a filo da una parte in metallo duro montata (esempio: tagliare una sagoma partendo da un solo preforo). Il motivo è che durante l'elettroerosione si liberano le tensioni presenti nel metallo duro in maniera incontrollata portando al rischio di rottura.

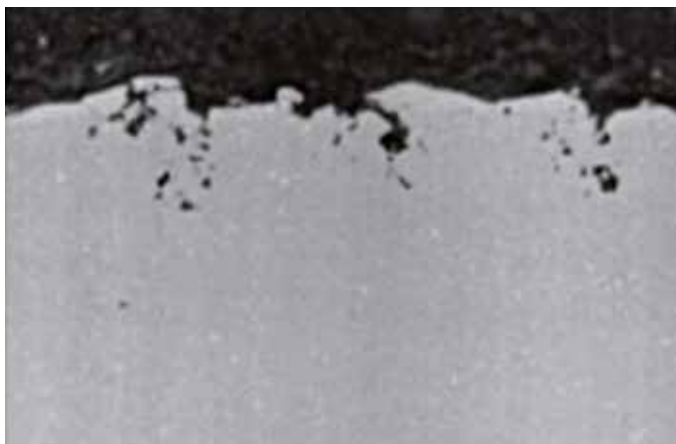
La sequenza corretta del processo di lavorazione è la seguente.

- ▲ Taglio di sgrossatura prima del montaggio: il profilo richiesto viene tagliato prima del montaggio del metallo duro nella montatura d'acciaio. Il profilo va tagliato con una tolleranza di qualche decimo di millimetro per rendere possibile la lavorazione di finitura.
- ▲ Montaggio: dopo il taglio di sgrossatura è possibile montare il metallo duro nella gabbia d'acciaio. A causa dell'interferenza si avrà una deformazione del profilo interno.
- ▲ Lavorazione di finitura: dopo il montaggio il profilo può essere portato alle dimensioni finali mediante l'elettroerosione a filo. Dato che l'asportazione in questa lavorazione è limitata, il rischio di scheggiature è considerevolmente ridotto.

Elettroerosione a tuffo

L'utensile per l'elettroerosione a tuffo è un elettrodo con la forma negativa dell'incavo ottenuto dall'operazione. Grazie ai movimenti su assi diversi si possono ottenere forme complesse. Gli elettrodi possono essere costruiti in rame-tungsteno, in rame o in grafite. Come dielettrico viene

utilizzato l'olio per ridurre al minimo il rischio di corrosione. Nell'elettroerosione a tuffo occorre prestare molta attenzione all'impostazione dei parametri di lavoro che devono essere corretti per evitare danni termici su una zona estesa della superficie del pezzo.



Zona termicamente alterata vista in sezione



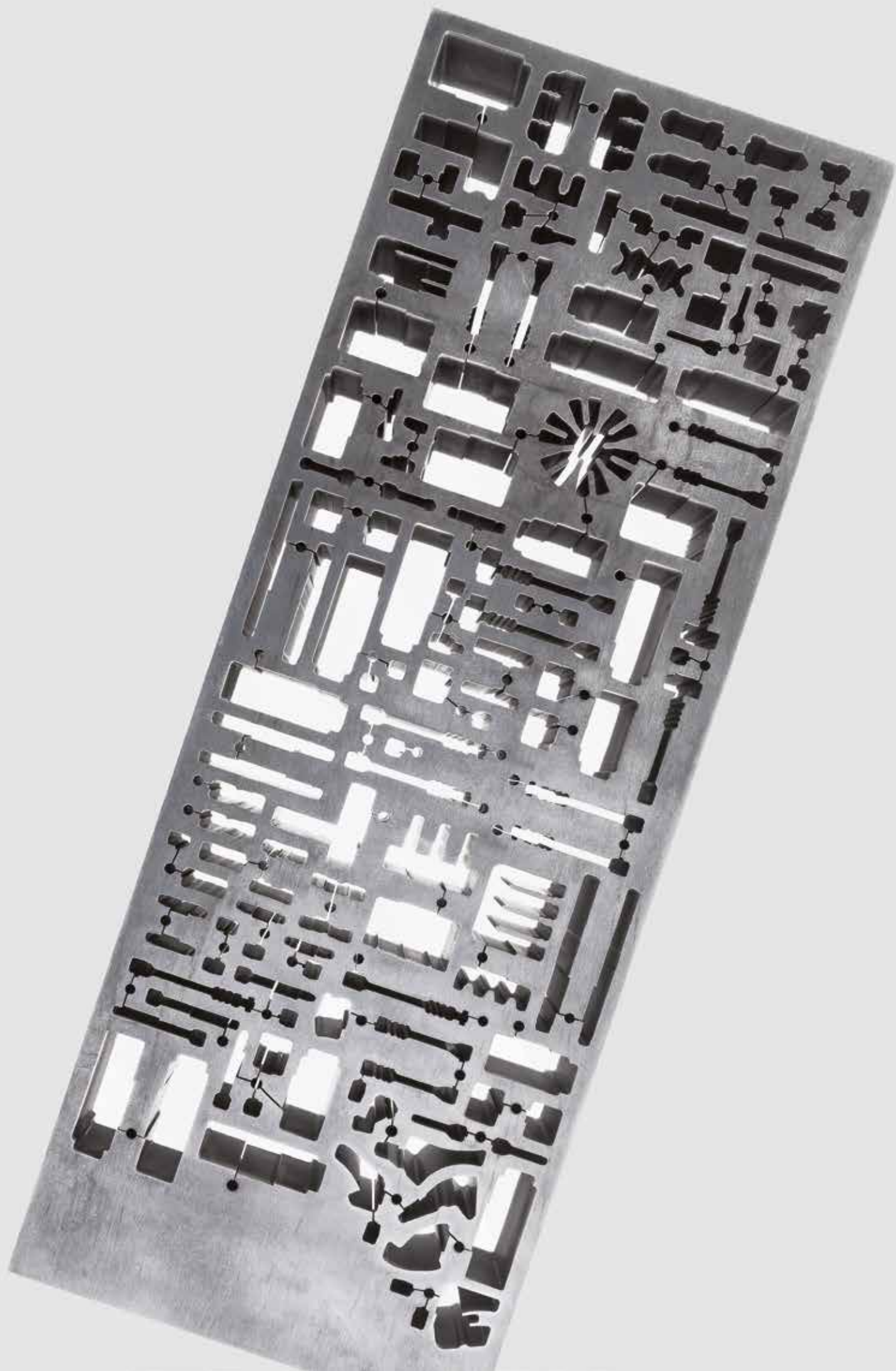
Superficie lavorata in condizioni ottimali

Materiali per elettrodi

Requisiti dei materiali per elettrodi	Caratteristiche necessarie
Asportazione elevata	Conducibilità elettrica
Bassa usura	Elevato punto di fusione Alta conducibilità termica
Alta precisione	Bassa dilatazione termica Basse tensioni interne Alta stabilità dei bordi
Bassi costi di produzione	Buona lavorabilità Buona idoneità alla deformazione del materiale
Costo contenuto	Elevata disponibilità di materia prima

Qualità della superficie

Fasi di lavorazione	Sgrossatura	Finitura	Finitura di precisione	Lucidatura
Asportazione di materiale V_w [mm ³ /min]	≥ 17	≥ 2,5	≥ 0,5	< 0,5
Asportazione specifica V_w . [mm ³ /(A·min)]	4,5 - 9,0	0,3 - 4,5	01, - 0,3	< 0,1
Rugosità media R_a [μm]	≥ 3	≥ 0,8	≥ 0,5	≥ 0,5



Fresatura del metallo duro

Introduzione

La fresatura del metallo duro rappresenta una tecnologia nuova sviluppata negli ultimi anni che comporta dei vantaggi rispetto ad altre tecnologie di produzione.

Vantaggi e limiti della fresatura

- ▲ Paragonato alle altre tecnologie di produzione come l'elettroerosione a tuffo, la fresatura riduce il tempo di lavorazione. Questo è possibile perché il pezzo viene lavorato direttamente, l'elettroerosione non viene effettuata e si riducono altri tempi di inattività come le attese fra le varie fasi di lavoro.
- ▲ Buona qualità della superficie: mediante la fresatura si raggiungono valori Ra fino a 0,05 riducendo di conseguenza il tempo di lucidatura.
- ▲ È possibile produrre anche forme complesse. Le forme e i profili che in passato potevano essere prodotti solamente con l'elettroerosione a tuffo, ora vengono ottenuti mediante fresatura.
- ▲ Un limite della tecnologia è dato dal fatto che non è adatta per l'asportazione di grandi volumi di materiale. Con gli utensili disponibili per la fresatura del metallo duro, l'asportazione di un grande volume di materiale può non essere economicamente vantaggiosa.
- ▲ A volte i raggi piccoli negativi sono difficili da lavorare. Il raggio del pezzo lavorato viene influenzato direttamente dal raggio della fresa.

Utensili di fresatura per metallo duro (rivestimenti di diamante CVD, PKD)

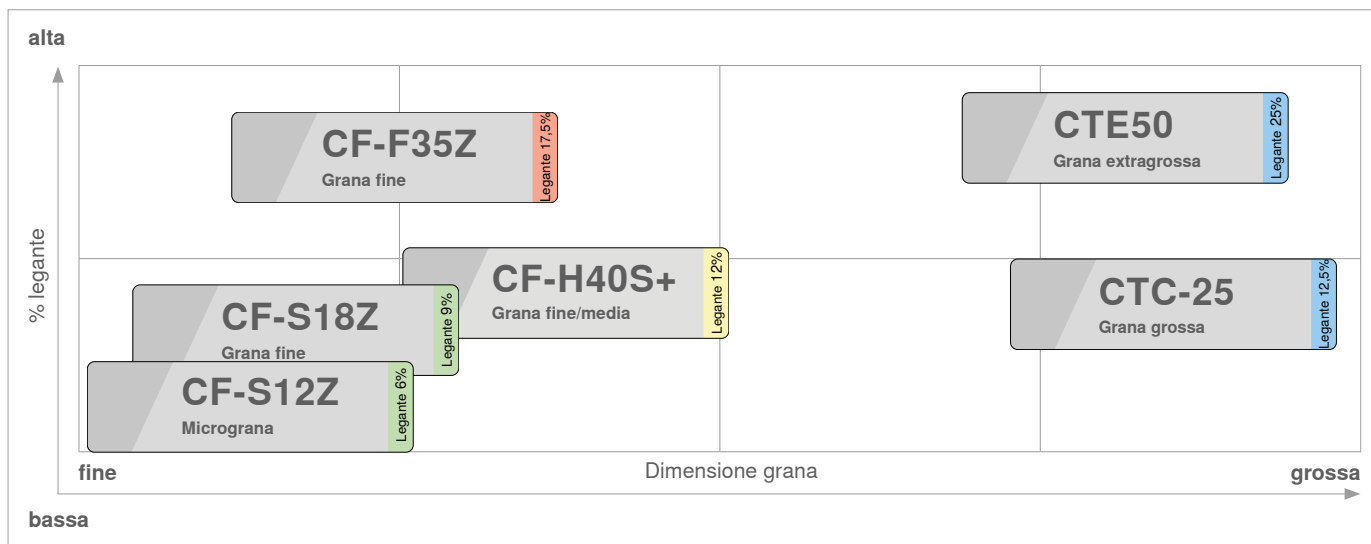
Per il taglio gli utensili devono essere circa quattro volte più duri del materiale da lavorare. A causa delle proprietà meccaniche e della durezza delle qualità di metallo duro (800–2.200 HV₃₀) normalmente si usano solo due materiali per la lavorazione: utensili PKD (diamante policristallino) o CVD (con rivestimento di diamante). Entrambi i materiali hanno una durezza compresa tra ca. 8000 e 10.000 HV₃₀ e sono pertanto adatti alla lavorazione del metallo duro.



Fresatura di metallo duro ²⁾

²⁾ Fraunhofer IPT

Qualità di metallo duro idonee per la fresatura



Qualità di metallo duro idonee per la fresatura

Le proprietà della qualità di m.d. da lavorare hanno una grande influenza sulla fresatura. Più duro è il metallo duro, più difficile diventa il processo di fresatura. Il grafico mostra la lavorabilità di varie qualità di m.d. in funzione della dimensione della grana e del contenuto di legante.

Una durezza di ca. 1860 HV₃₀ costituisce il limite della lavorabilità mediante fresatura.

La durata utile di una fresa viene anche determinata dalla durezza del materiale da lavorare. Nella fresatura di una qualità di m.d. di una durezza pari a ca. 750 HV₃₀ (legante 25 % e grana grossa) una fresa riesce ad asportare ca. 1000 mm³ di materiale; con una durezza crescente si riduce la durata utile dell'utensile.

Consiglio: anche la produzione di filetti mediante fresatura è diventata nel frattempo molto conveniente. Un altro vantaggio della fresatura è la resistenza notevolmente maggiore dei filetti fresati rispetto ai filetti prodotti attraverso elettroerosione.

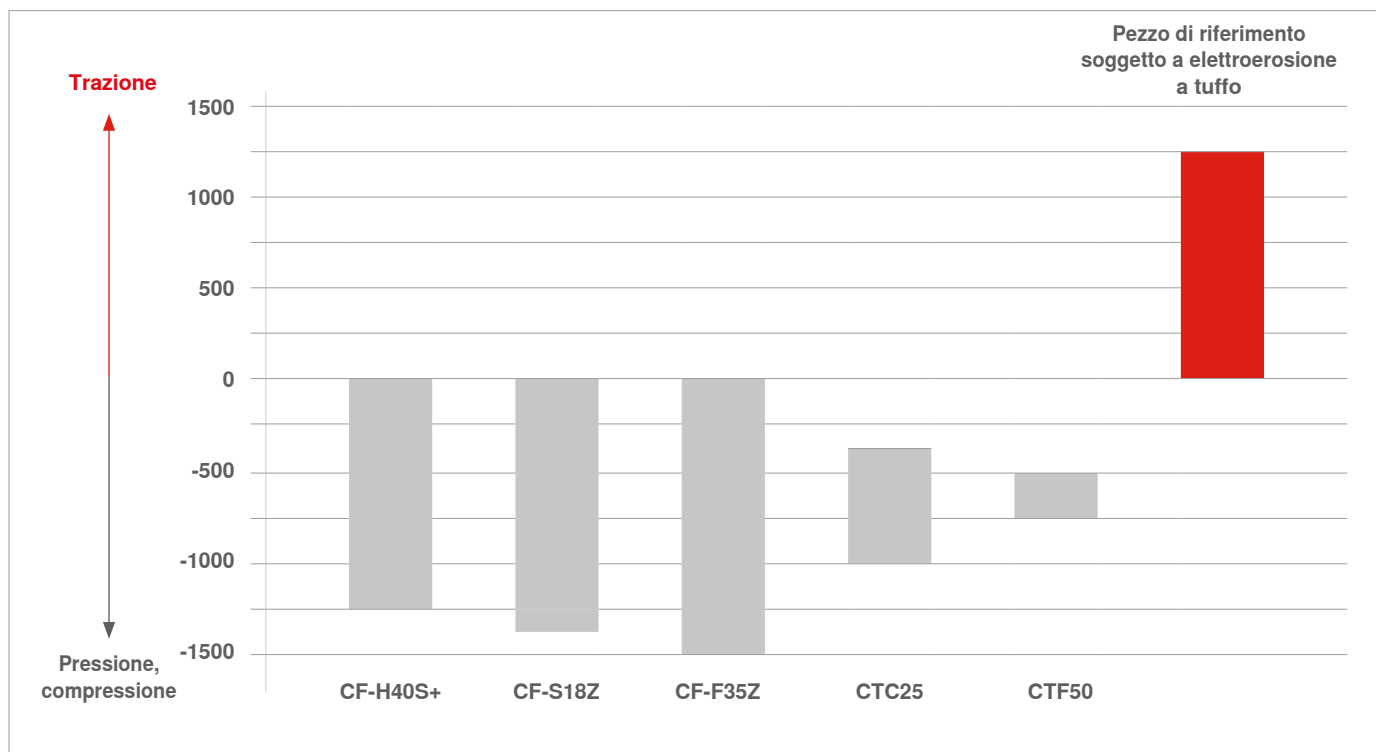
Parametri di fresatura

- ▲ Profondità di taglio da 0,005 a 0,2 mm
- ▲ Passi da 0,005 a 0,4 mm
- ▲ Numero di giri da 20.000 a 48.000 min⁻¹
- ▲ Durata utensile fino a 400 minuti

Sforzi interni

Un grande vantaggio della fresatura è che durante il processo di lavorazione si formano sforzi all'interno del metallo duro. Questi comportano una migliore resistenza delle parti lavorate ed evitano il propagarsi di cricche.

Dalle prove pratiche risulta un aumento della durata utile delle parti attive fino al fattore 3,5. Insieme a altri fattori, questo è dovuto anche alla presenza di sforzi residui di compressione.



Tensioni interne dopo la fresatura

Tornitura di materiale duro

La tornitura è un'altra tecnologia di produzione che può essere applicata al metallo duro. Con tornitura di materiali duri si definisce un processo destinato a materiali con una durezza superiore a 80 HRA (58 HRC).

La tornitura di materiali duri è adatta per la sgrossatura con asportazione di grandi volumi di materiale o per la produzione di profili complessi dov'è richiesta un'eccellente qualità della superficie o per un'asportazione ridotta del materiale e basse profondità di taglio.

Per un processo stabile e costante è importante avere la macchina giusta per la lavorazione del metallo duro. Per la tornitura è importante utilizzare una macchina rigida.

Utensili per la tornitura del metallo duro

Come anche nella fresatura del metallo duro l'utensile deve essere più duro del materiale da lavorare. I materiali principali degli inserti per la tornitura del metallo duro sono CBN (nitruro di boro cubico) e PKD (diamante policristallino).

Gli inserti da taglio CBN vengono utilizzati con qualità di m.d. di una durezza fino a circa 1100 HV₃₀. Usando utensili con una geometria idonea, è possibile raggiungere elevati volumi di asportazione e grandi profondità di taglio.

Per qualità di metallo duro con valori di durezza fino a circa 1600 HV₃₀ è necessario usare utensili PKD. Questi inserti normalmente vengono brasati sul corpo d'acciaio dell'utensile.

Grazie all'uso di utensili PKD nella tornitura di materiale duro si raggiungono delle qualità della superficie fino a ca. Ra 0,1.

Qualità di metallo duro idonee per la tornitura

Come nella fresatura di materiali duri anche nella tornitura le caratteristiche meccaniche del metallo duro hanno un'influenza notevole sul processo di lavorazione.

Le qualità con durezza minore di 1100 HV₃₀ – questo corrisponde a una dimensione grana media e il 15 % di legante – sono facilmente lavorabili. Queste qualità possono essere lavorate sia con utensili CBN che con utensili PKD. La tornitura di sgrossatura è idonea per elevati volumi di asportazione e profondità di taglio fino ad alcuni decimi di millimetro.

Una durezza fra 1100 e 1600 HV₃₀ è più critica nella tornitura di materiali duri. I processi di lavorazione realizzabili con questi materiali sono più limitati: normalmente non vanno oltre la produzione di raggi o profili.

Per queste qualità di m.d. sono adatti solo utensili PKD. Anche i parametri di lavorazione sono più limitati, perché la profondità di taglio è pari a soli pochi centesimi di millimetro.

Teoricamente qualità di metallo più dure possono essere lavorate anche in tornitura. Il limite spesso non è di natura tecnica ma piuttosto economica dato che il costo del tagliente diventa troppo alto.

Parametri di lavorazione per la tornitura di metalli duri di durezza elevata

Consigli generali per i parametri di tornitura di tre qualità di metallo con utensili PKD. Da regolare in base alla lavorazione.

Qualità di m.d.	Utensile PKD sgrossatura	Utensile PKD finitura	
CTC50	10	35	Velocità di taglio (m/min)
	0,1	0,015	Avanzamento
CTM40	9	30	Velocità di taglio (m/min)
	0,1	0,01	Avanzamento
CTM30	8	15	Velocità di taglio (m/min)
	0,1	0,01	Avanzamento

Parametri di lavorazione



Tornitura di metallo duro

Sabbaiatura

La sabbaiatura può rimuovere (a volte completamente) la zona bianca e la zona termicamente alterata precedentemente prodotta mediante elettroerosione. Inoltre lo stato di sforzo all'interno del materiale viene portato in uno stato di compressione e si può avere densificazione dello strato più esterno del metallo duro.

Anche micro-scheggiature che si sono formate durante la rettifica possono essere eliminate mediante sabbaiatura.

La micro-sabbaiatura con successiva lucidatura delle superfici trattate è particolarmente adatta per la finitura di utensili in metallo duro. Come materiale di sabbaiatura per questo processo si presta bene il corindone bianco di grana fine.

Anche la finitura a trascinamento, aerolapping in inglese, è adatta alla finitura di utensili in metallo duro.



Sabbaiatura

Lucidatura

La lucidatura solitamente è l'ultima lavorazione con lo scopo di migliorare la qualità della superficie del pezzo e può essere eseguita utilizzando macchine o manualmente. Per il metallo duro viene solitamente effettuata con paste diamantate con grana di varie dimensioni in base alla rugosità di partenza della superficie.

Lucidatura automatica

Sul mercato sono disponibili vari tipi di macchina per la lucidatura.

Lucidatura interna

Le macchine per la lucidatura dei profili interni spingono una pasta con particelle di diamante attraverso il pezzo da lucidare (esempio: extrude-hone).

Vantaggi: processo ripetibile, possibile lucidatura di cavità profonde e piccole

Svantaggio: è difficile migliorare notevolmente la qualità della superficie

Lucidatura esterna

La lucidatura esterna può essere realizzata con macchine (per esempio macchine Otec) a trascinamento in cui i pezzi vengono immersi in un recipiente contenente granuli e il materiale per la lucidatura (diamante). Con questo approccio e utilizzando vari media è possibile eseguire anche altre lavorazioni (come la sbavatura, la preparazione dei taglienti ecc.).

Vantaggi: processo ripetibile, automazione possibile, è possibile lavorare più pezzi allo stesso tempo.

Svantaggi: processo rigido, lo sviluppo e l'adattamento del ciclo di lucidatura al prodotto richiedono tempo.



Lucidatura manuale

Lucidatura manuale

La lucidatura manuale del metallo duro avviene sempre con una pasta diamantata che viene depositata sul pezzo mediante vari supporti di legno o di plastica.

La lucidatura dei profili (interni ed esterni) di solito viene eseguita con utensili vibranti (ad esempio Diprofil). Le parti con simmetria assiale possono essere montate su un mandrino e lucidate.

Grazie all'uso di paste diamantate è possibile migliorare notevolmente la qualità della superficie. In base alla rugosità iniziale della superficie che si deve ottenere con la lucidatura è necessario usare diverse granulometrie di diamante.

Vantaggi: processo flessibile, è possibile produrre pezzi con dimensioni e geometrie molto diverse; l'utilizzo di varie dimensioni della grana dei media rende possibile un notevole miglioramento della qualità della superficie, raggiungendo valori fino a ca. Ra 0,05

Svantaggi: a seconda dell'abilità dell'operatore può essere difficile replicare esattamente il processo manuale. Con l'uso di paste diamantate più grossolane c'è il rischio di deformare i profili/raggi



Lucidatura manuale

Valore iniziale Ra	I lucidatura	II lucidatura	III lucidatura	Valore finale Ra
0,8	D45	D15	D3	0,05
0,4	D15		D3	0,05
0,1		D3		0,05

Valore iniziale	R _a 0,6-0,8
Dopo la lucidatura con D45	R _a 0,3
Dopo la lucidatura con D15	R _a 0,15
Dopo la lucidatura con D3	R _a 0,05

Pressioni interne

Anche tramite lucidatura è possibile portare lo stato di sforzo all'interno del materiale in uno stato di compressione. È difficile eliminare completamente la zona bianca e la zona termicamente alterata che risultano dal processo di elettroerosione precedente, mediante il solo processo di lucidatura.

Rivestimenti

I rivestimenti resistenti all'usura oggi vengono utilizzati sempre più frequentemente e in diversi campi per aumentare la durata degli utensili e la qualità del processo.

I rivestimenti resistenti all'usura sono solitamente materiali in ceramica con elevata durezza e resistenza all'usura.

Esempi di materiali utilizzati per rivestimenti: SiC, TiC, TiN, TiCN, BC, ecc.

La scelta del rivestimento è spesso difficile. La qualità del processo dipende da molti parametri (lavorabilità del materiale, lubrificante ecc.).

I materiali possono essere depositati sul metallo duro mediante varie tecnologie. I più comuni sono il procedimento PVD (deposizione fisica da vapore) e CVD (deposizione chimica da vapore).

Processo PVD

La deposizione fisica da vapore si basa sull'evaporazione del materiale in modo da poter depositare uno strato molto sottile. Il materiale solido viene riscaldato fino all'evaporazione (evaporazione termica) o evaporato mediante ioni (sputtering).

Vantaggi:

- ▲ Temperatura di deposizione bassa (200–500 °C)
- ▲ Possibile rivestimento di parti in acciaio senza diminuzione della durezza
- ▲ Rivestimento di utensili brasati possibile
- ▲ Buona precisione dimensionale (possibili tolleranze strette)

Svantaggi

- ▲ Deposizione rettilinea ("line of sight"):
 - cavità, geometrie complesse e difficili da rivestire
 - rivestimento di cavità limitata a 1 fino a 1,5 x diametro
- ▲ Adesione limitata sul substrato (paragonato ai rivestimenti CVD)
- ▲ Spessore limitato (ca. 2 µm) paragonato ai rivestimenti CVD

Processo CVD

La deposizione chimica da vapore si basa su una reazione chimica che ha luogo ad alta temperatura in un'atmosfera reattiva in cui sono immersi i pezzi da rivestire. Questa reazione chimica avviene su tutte le superfici nella camera di reazione, in modo che i pezzi alla fine del processo sono completamente rivestiti.

Vantaggi

- ▲ Elevato spessore – maggiore resistenza all'usura
- ▲ Eccellente adesione al substrato – legame chimico con il substrato
- ▲ Distribuzione regolare del rivestimento – cavità interne, geometrie complesse ecc.

Svantaggi

- ▲ Elevata temperatura di deposizione
 - Possibile formazione di fase eta nel metallo duro
 - Per evitare deformazioni il metallo duro deve avere un contenuto di cobalto <20 %.
 - A causa della diminuzione della durezza dell'acciaio non è possibile rivestire utensili montati (in acciaio e metallo duro)
 - Non è possibile rivestire utensili brasati
- ▲ Struttura più complessa (per parti montate)
- ▲ Necessità di tolleranze maggiori (rispetto a parti non rivestite o con rivestimento PVD)



Processi di rivestimento

Tecniche di assemblaggio

La maggior parte delle tecniche di assemblaggio è utilizzabile con i metalli duri. Le tecniche di assemblaggio per i metalli duri possono essere suddivise come segue:

Accoppiamento con apporto di materiale

- ▲ brasatura
- ▲ saldatura
- ▲ incollaggio

Montaggio con interferenza

- ▲ montaggio a caldo

Accoppiamento geometrico

- ▲ collegamenti filettati
- ▲ collegamenti con chiavetta
- ▲ collegamenti per fusione



Il tipo di accoppiamento deve rispettare le caratteristiche del metallo duro:

- ▲ il metallo duro è caratterizzato da durezza e fragilità allo stesso tempo
- ▲ i fili taglienti vanno protetti da scheggiature (raccordi, smussi)
- ▲ gli accoppiamenti e le guide devono adattarsi al materiale (angoli, gioco, centraggio , ...)
- ▲ la combinazione di materiali diversi nelle zone di contatto può provocare tensioni a causa della dilatazione termica e della rigidità del materiale

Brasatura

Definizioni / spiegazioni

Punto di fusione, intervallo di fusione, temperatura di lavoro

Solo i metalli allo stato puro e le leghe eutettiche hanno un punto di fusione ben definito oltre al quale il metallo diventa liquido. Le leghe usate per la brasatura hanno solitamente un intervallo di fusione, ossia una gamma di temperature attraverso le quali la lega passa progressivamente dallo stato solido a quello liquido. Al di sotto di una certa temperatura la lega risulta solida, mentre al di sopra entra in una fase semiliquida. La lega brasante diventa completamente liquida quando la sua temperatura supera la fase di transizione. La temperatura di lavoro ideale è quella in cui la lega inizia a essere fluida e a coprire le superfici da saldare (nella gamma superiore di fusione).

Brasatura dolce

- ▲ Temperatura di lavoro <450°C
- ▲ Vantaggi: accoppiamento di superfici grandi, basse tensioni residue
- ▲ Svantaggi: scarsa resistenza meccanica
- ▲ Applicazione: componenti in metallo duro di basso spessore sensibili a flessione (righe, ecc...).

Brasatura forte

- ▲ Temperatura di lavoro >450°C
- ▲ Vantaggi: elevata stabilità termica e meccanica
- ▲ Svantaggi: a causa delle tensioni residue le dimensioni dei componenti devono essere limitate

Bagnabilità e composti antiossidanti

La bagnabilità è definita come la diffusione della liquida lega brasante sul substrato e il flusso della lega brasante in un'intercapedine stretta.

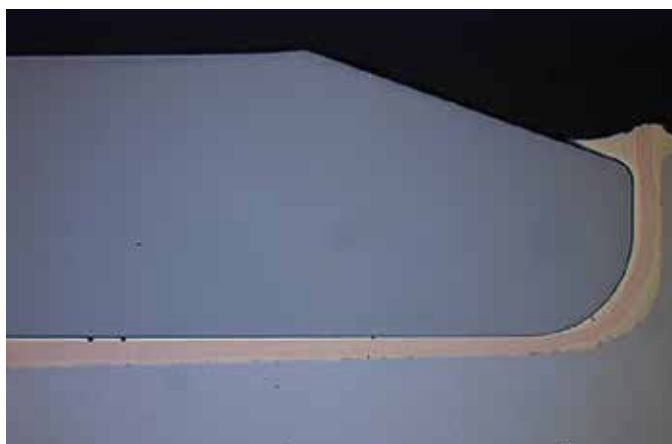
Antiossidanti

I composti antiossidanti migliorano la bagnabilità fra il metallo duro e la lega brasante grazie alla riduzione delle tensioni superficiali e proteggono contro l'ossidazione.

Processo di brasatura

- ▲ Pulizia meccanica e rimozione del grasso dalla zona di brasatura

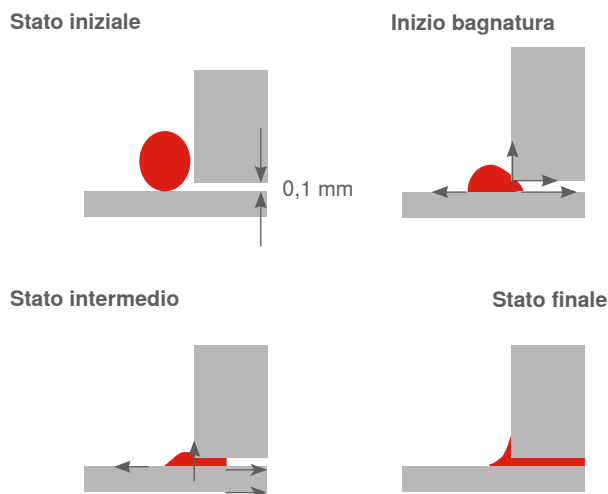
- ▲ Applicazione rapida dell'agente antiossidante come protezione contro l'ossidazione
- ▲ Posizionamento dei pezzi da brasare
- ▲ Riscaldamento veloce e costante da applicare sempre sulla parte del substrato
- ▲ Tutto l'antiossidante viene sostituito dalla lega brasante
- ▲ Raffreddamento lento per prevenire la formazione di tensioni residue mettendo il pezzo finito in forno o immergendolo in sabbia – non lasciarlo MAI all'aria libera, o soffiare con l'aria compressa o raffreddarlo in acqua ecc.



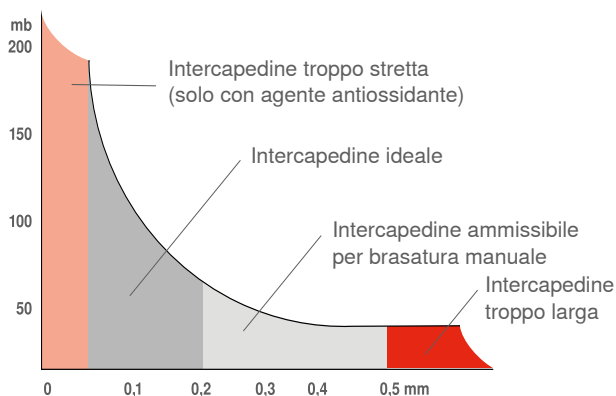
Brasatura del metallo duro

La brasatura del metallo duro sul corpo in acciaio richiede temperature superiori ai 450 °C. Gli accoppiamenti brasati presentano caratteristiche di alta stabilità termica e meccanica.

Occorre che la lega brasante raggiunga una buona bagnabilità per riempire completamente (grazie alle forze capillari) le intercapedini fra l'acciaio e il metallo duro. È necessario assicurare che entri una quantità sufficiente di lega brasante nell'intercapedine di accoppiamento.



Brasatura del metallo duro



Effetto della capillarità in funzione della larghezza dell'intercapedine

La bagnabilità di un metallo duro da parte della lega brasante (solitamente una lega con base rame e argento) dipende in larga misura dal contenuto di cobalto e/o di nickel nel metallo duro. Rivestendo il carburo con cobalto, nickel o rame, si migliora la bagnabilità della lega brasante. I composti antiossidanti vengono utilizzati per le brasature effettuate in atmosfera ossidante. Questi agenti dissolvono gli strati di ossido presenti sulla superficie del carburo e favoriscono la bagnabilità. In generale, le superfici del metallo duro e dell'acciaio devono essere pulite e libere da grasso per assicurare una buona bagnabilità della lega brasante.

Tensioni interne

In tutti i processi che richiedono il raggiungimento di alte temperature i diversi coefficienti di dilatazione termica dei materiali coinvolti danno luogo a tensioni negli strati di accoppiamento e a tensioni interne residue. Nella brasatura fra metallo duro e materiale del substrato (generalmente acciaio) si raggiungono temperature superiori ai 450 °C. In seguito ai diversi coefficienti di dilatazione termica di questi materiali, le tensioni interne possono causare deformazioni o rotture.

- ▲ Acciaio: $12,0 - 14,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.
- ▲ Metallo duro: 4,7 (basso contenuto di cobalto) - 7,3 (alto contenuto di cobalto) $\cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

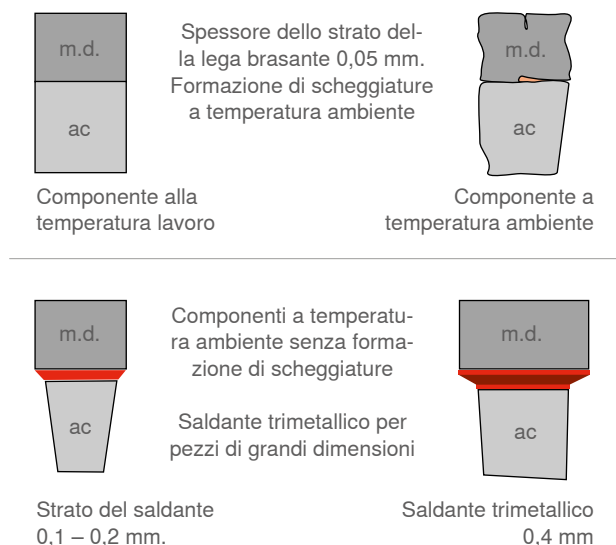
Il valore e la distribuzione delle tensioni interne dipendono:

- ▲ dalla differenza fra i coefficienti di dilatazione termica (vedi sopra)
- ▲ dalla temperatura di fusione della lega brasante
- ▲ dalla duttilità della lega brasante
- ▲ dallo spessore dello strato della lega brasante
- ▲ dalle dimensioni e dalla geometria dei componenti in accoppiamento
- ▲ dalle caratteristiche meccaniche del metallo duro (modulo di elasticità, e resistenza alla rottura) e del materiale del substrato / acciaio.

Riduzione delle tensioni interne della lega brasante

Le tensioni interne residue dopo la brasatura possono essere parzialmente ridotte attraverso la deformazione plastica del giunto brasato. Pertanto conviene utilizzare quanto segue:

- ▲ una lega brasante con basso punto di fusione
- ▲ una lega brasante con elevato spessore
- ▲ un rivestimento di rame o nickel sul corpo di metallo duro da brasare, in particolare quando la superficie da brasare è di 100 mm² e oltre



Utilizzo di un saldante trimetallico

Durante la brasatura è essenziale un riscaldamento uniforme:

- ▲ riscaldare l'intera superficie di lavoro
- ▲ applicare la lega brasante nell'intercapedine fra i pezzi da accoppiare
- ▲ mantenere la temperatura di lavoro fino a quando l'antiossidante e la lega brasante non fuoriescono dall'intercapedine
- ▲ non surriscaldare il giunto brasato. Le temperature di lavoro eccessive danneggiano sia la lega brasante che i pezzi brasati.

Per evitare tensioni interne lo strato di brasatura e i componenti assemblati devono essere raffreddati lentamente. Questo riduce le tensioni interne grazie alla deformazione plastica della lega brasante. Il pezzo brasato non va raffreddato all'aria, ma trattato in uno dei modi seguenti:

- ▲ in forno (a temperatura fra 350 e 400 °C)
- ▲ sotto sabbia
- ▲ in aria riscaldata

Troubleshooting

- ▲ L'intercapedine fra il metallo duro e l'acciaio è troppo stretta.
Cause: riscaldamento irregolare, saldante insufficiente, profili/geometrie scorretti
Effetto: scheggiature nel metallo duro
- ▲ Scarsa bagnabilità del metallo duro e dell'acciaio.
Cause: contaminazioni sulla superficie, temperatura di brasatura insufficiente, quantità di antiossidante scorretta
Effetto: la lega brasante non aderisce al pezzo da brasare
- ▲ Pori nella zona di brasatura.
Causa: temperatura di brasatura troppo elevata, quantità di lega brasante insufficiente
Effetto: pori e cavità di ritiro, scheggiature nel metallo duro
- ▲ Inclusioni nella zona di brasatura.
Causa: quantità eccessiva di antiossidante
Effetto: fratture e scheggiature nella lega brasante

Collegamenti filettati

I fori passanti per le viti nel metallo duro non presentano problemi.

Filetti nel metallo duro

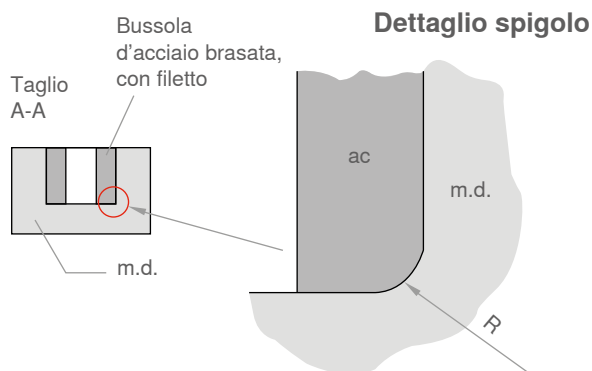
La produzione di filetti nel metallo duro, mediante preformatura allo stato tenero, fresatura o erosione è molto costosa.

Filetto interno (metallo duro integrale)

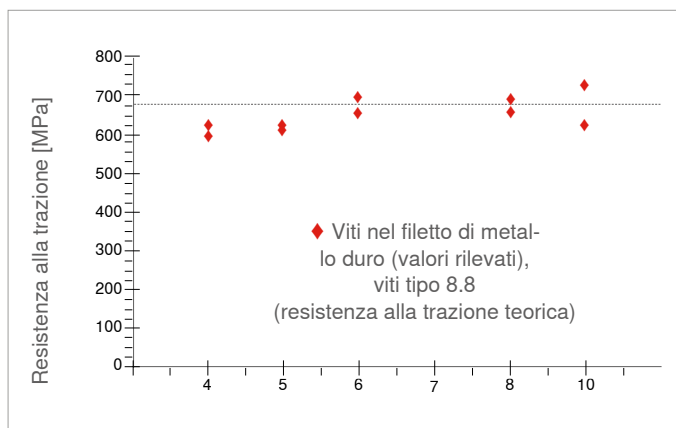
Le analisi di CERATIZIT hanno dimostrato che il massimo carico in trazione delle viti con filetto interno (M4 fino a M10) nel metallo duro è limitato dalla resistenza a trazione del materiale delle viti.



Filetti interni (bussola d'acciaio nel metallo duro)



Filetto interno brasato in bussola d'acciaio



Risultati delle prove di estrazione

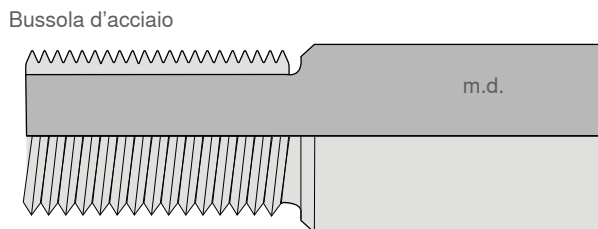
Filetto esterno (metallo duro integrale)

I filetti esterni in metallo duro integrale sono suscettibili a intaglio e possono rompersi quando la coppia di serraggio è eccessiva.

Filetti con bussole e viti di acciaio

Sono consigliabili le bussole filettate in acciaio che vengono brasate o incollate sul metallo duro.

Filetto esterno (bussola d'acciaio nel metallo duro)



Filetto esterno (bussola d'acciaio nel metallo duro)

Filetto in esecuzione grezza

Filetto	Lunghezza max.
M4	16
M5	20
M6	20
M8	30
M10	30

Incollaggio

L'incollaggio con adesivi costituisce un metodo di fissaggio semplice, rapido ed economico. L'incollaggio con adesivi industriali non va scambiato con la colla del bricolage!

Il trattamento delle superfici è essenziale per la qualità dell'adesione e per la stabilità sotto sollecitazione:

- ▲ le superfici devono essere pulite, asciutte e senza tracce di olio o grasso
- ▲ una rugosità normale è preferibile (Ra 0,8-3,2)

Esistono diversi tipi di adesivi:

- ▲ adesivi a uno o a due componenti

- ▲ adesivi che induriscono a caldo e adesivi che induriscono a freddo

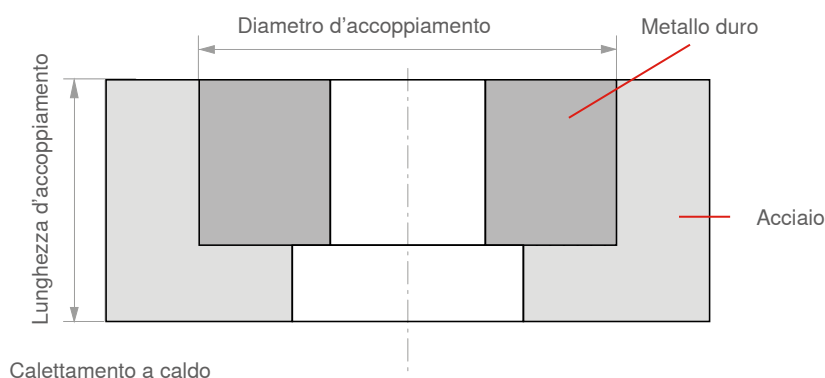
L'incollaggio può essere utilizzato per sforzi <25-35 MPa e temperature di lavoro <150-250°C.

Gli adesivi sono soggetti a invecchiamento, pertanto possono essere usati solo per un determinato periodo di tempo. Il pezzo incollato deve essere protetto da detergenti e diluenti. I liquidi possono far staccare l'adesivo. Per l'incollaggio, seguire le indicazioni fornite con l'adesivo. Queste possono essere in parte diverse rispetto ad altre tecniche di giunzione.

Calettamento a caldo o a freddo

Il calettamento a caldo rappresenta un ulteriore metodo per inserire un nocciolo di metallo duro in un corpo d'acciaio. Il nocciolo in metallo duro viene serrato e sottoposto al calettamento a caldo o a freddo in una montatura in acciaio. Qualsiasi sforzo interno può così essere compensato durante l'utilizzo senza creare sforzi di trazione nel metallo duro. In questa tecnica di giunzione il metallo duro viene

prodotto con misure maggiori rispetto al diametro interno del foro del componente in acciaio. Oltre alla qualità delle superfici (rettificate) da accoppiare è importante il valore di interferenza tra il nocciolo in metallo duro e la montatura in acciaio. Questo valore determina la pressione di montaggio data al nocciolo in metallo duro e di conseguenza la sua resistenza in esercizio.



Dopo il calettamento nella montatura d'acciaio riscaldata, a causa dell'interferenza, durante il raffreddamento si produce una forza di serraggio. È importante non superare la temperatura di rinvenimento dell'acciaio durante il riscaldamento per non compromettere la sua durezza. La temperatura deve però essere abbastanza alta per espandere il diametro interno della montatura d'acciaio considerando l'interferenza.

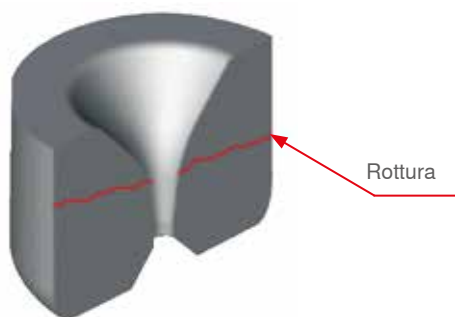
La pressatura a caldo è una combinazione fra montaggio a caldo e pressatura. La montatura in acciaio viene riscaldata solo moderatamente e il metallo duro viene pressato tramite una forza di pressatura aggiuntiva. L'acciaio mantiene la sua durezza. Quando invece il mantenimento

delle caratteristiche dell'acciaio è il criterio più importante, occorre utilizzare la pressatura a freddo. La qualità delle superfici di contatto in questo caso deve essere ottima e la superficie di accoppiamento deve essere conica. La pressatura a freddo è possibile solo con un diametro di giunzione conico.

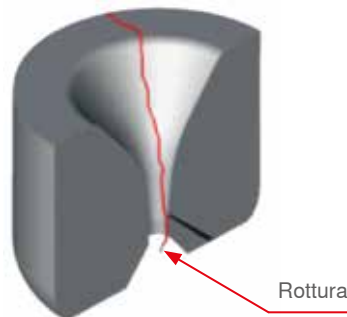
Le fratture di sovraccarico si presentano quando le forze di serraggio non compensano sufficientemente le forze di lavorazione.

Le soluzioni più efficaci sono:

- ▲ un aumento del carico di serraggio
- ▲ l'ottimizzazione del diametro dell'inserto



Andamento della rottura causata da eccessiva compressione



Andamento della rottura causata da compressione insufficiente

Selezione delle qualità di m.d.

Per lavorare con successo gli utensili di metallo duro risultano indispensabili i seguenti requisiti:

- ▲ la lavorazione e il trattamento corretti del metallo duro
- ▲ una progettazione adeguata dell'utensile
- ▲ una buona stabilità dello stampo
- ▲ una buona stabilità della pressa



Criteri per la selezione delle qualità di metallo duro: esempi per gli utensili di tranciatura e stampaggio

Quando si adempiono i requisiti per l'uso del metallo duro, occorre scegliere la qualità giusta per l'applicazione specifica.

La selezione è soggetta ai seguenti parametri:

Tipo di utensile

- ▲ stampo rotore/statore
- ▲ stampo per connettori elettrici
- ▲ stampo per microforature
- ▲ stampo per tranciatura fine

Tipo di lavorazione

- ▲ stampaggio
- ▲ piegatura
- ▲ coniatura

Materiale da stampare

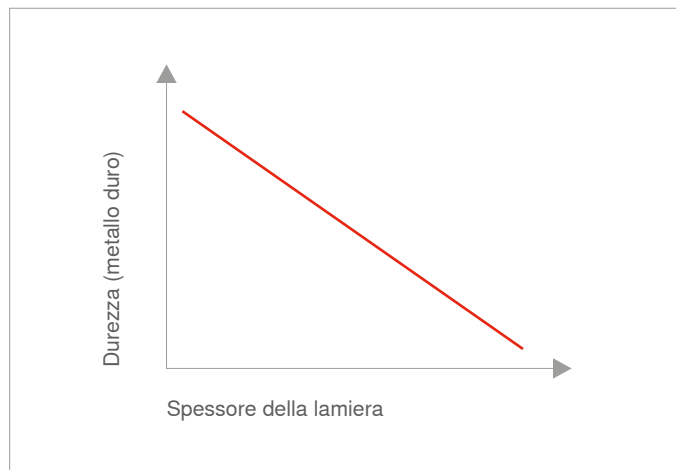
- ▲ lamierino magnetico
- ▲ lamiera in materiale non ferroso
- ▲ ...

Spessore della lamiera

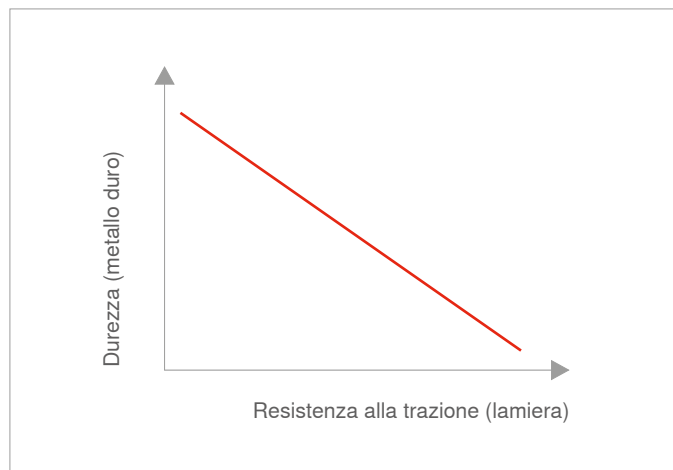
Resistenza alla trazione

Le caratteristiche principali del materiale da stampare e soprattutto lo spessore e la resistenza alla trazione danno una prima indicazione generale per la selezione delle qualità di metallo duro. Le altre lavorazioni servono alla

selezione più dettagliata della qualità di m.d.. Il rapporto fra lo spessore della lamiera e la resistenza alla trazione del materiale nella selezione delle qualità di metallo duro è illustrato graficamente qui sotto.



Spessore della lamiera



Resistenza alla trazione

Qualità di metallo duro

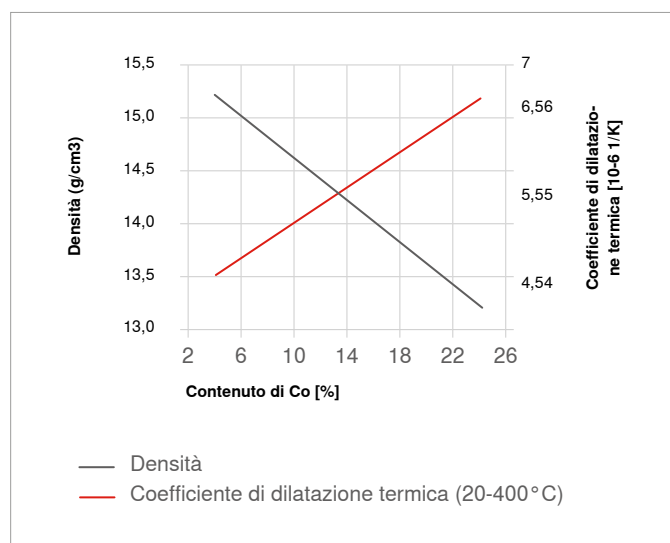
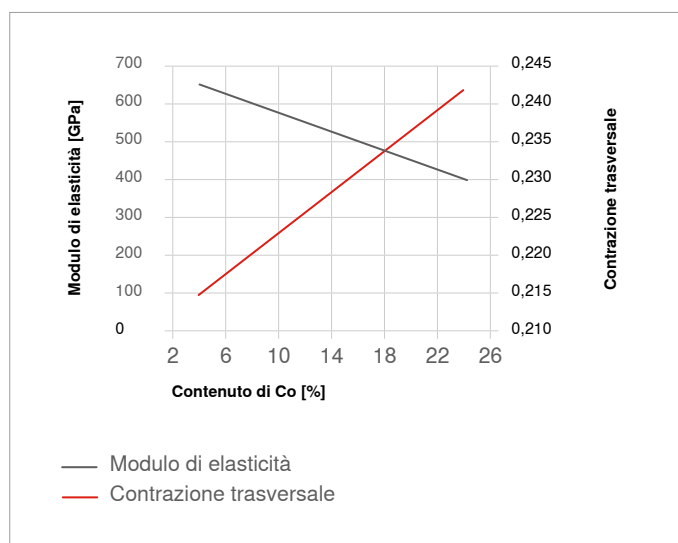
Linee guida principali per la selezione delle qualità di metallo duro

Dimensione grana	Resistenza all'urto	Sollecitazioni causate da tensioni d'intaglio	Sollecitazioni di tensione e flessione (con superficie buona!)	Resistenza all'adesione ai metalli
grossa/media	++	+	o	o
fine	+	o	o	+
micrograna	o	-	+	++
ultrafine	-	--	++	++

Per materiali con la stessa dimensione grana vale quanto segue: riducendo il contenuto di Co (= durezza crescente)

aumenta la resistenza all'usura e la resistenza alla compressione, mentre diminuiscono notevolmente i valori di tenacità.

Modulo di elasticità, contrazione trasversale, densità e coefficiente di dilatazione termica



Micrografie



Metallo duro WC-Co



Nitruro di silicio

Composizione e proprietà:

Qualità di m.d. resistenti alla corrosione

CERATIZIT Codice qualità	Codice ISO	Codice USA	Legante [m %]	HV10	Durezza HV30	HRA	Resistenza alla flessione [MPa]	Resistenza alla flessione [P.S.I]	Resistenza alla rottura [MPa·m ^{1/2}]
Qualità a micrograna									
CF-S12Z			6,0	1860	1830	93,2	3600	522.000	9,0
CF-S18Z			9,0	1630	1610	92,2	3500	508.000	11,0
Qualità a grana fine e media									
CF-H25S+	K20-K30		8,5	1660	1640	92,2	3000	435.000	10,2
CF-H40S+	K40	C11/C12	12,0	1400	1380	90,3	3200	464.000	12,5
CF-F35Z			17,5	1200	1190	88,2	3300	479.000	15,6

Qualità di m.d. non magnetiche

CERATIZIT Codice qualità	Codice ISO	Codice USA	Legante [m %]	HV10	Durezza HV30	HRA	Resistenza alla flessione [MPa]	Resistenza alla flessione [P.S.I]	Resistenza alla rottura [MPa·m ^{1/2}]
CTS17R NM		C18	8,5	1600	1580	91,6	2800	406.000	8,7

Altri articoli su richiesta

Classificazione della dimensione grana m.d.

Dimensione grana media [μm]	Classificazione	Codice CERATIZIT
< 0,2	nano	N
0,2 – < 0,5	ultrafine	U
0,5 – < 0,8	micrograna	S
0,8 – < 1,3	fine	F
1,3 – < 2,5	media	M
2,5 – < 6,0	grossa	C
> 6,0	extragrossa	E

La classificazione dei metalli duri relativa alla dimensione grana corrisponde alle raccomandazioni della “European Powder Metallurgy Association”.

Commento:

1. I dati contenuti in questa tabella sono parametri tipici del materiale. Ci riserviamo il diritto di modificare questi dati a seguito del progresso tecnologico o di sviluppi interni della nostra azienda.

2. K_{IC}^* : I fattori dell'intensità critica di tensione misurati (K_{IC}) dipendono in grande misura dalla geometria delle prove e dalla preparazione delle stesse. Un paragone diretto con valori determinati in base ad un metodo diverso non è quindi ammissibile.

Selezione delle qualità di m.d.

La tabella sottostante è da intendersi come indicativa per la scelta della qualità di metallo duro adatta al proprio processo di deformazione. Bisogna comunque tenere presente che, oltre alla scelta della qualità di metallo duro corretta, è importante anche una costante ed elevata qualità

metallurgica, per ottenere una lunga durata utile del vostro utensile. Avvaletevi del know-how e dell'esperienza del vostro interlocutore CERATIZIT per ottimizzare la durata utile dei vostri utensili.

Composizione e caratteristiche

Codice qualità CERATIZIT	Codice ISO	Campo di applicazione	Legante	Densità	Durezza			Resistenza alla flessione		Resistenza alla rottura (K _{1C})	Resistenza alla compressione	Modulo di elasticità	Conducibilità termica	Coefficiente di dilatazione termica
			[m %]	[g/cm ²]	HV10	HV30	HRA	[MPa]	[psi]	[MPa·m ^{1/2}]	[MPa]	[GPa]	[W/mK]	[10 ⁻⁶ /K]
Qualità a grana ultrafine														
CTU17R			8,5	14,55	1760	1730	92,7	2500	363000	8,0	4900	580	85	5,1
Qualità a micrograna														
CTS06D	K01		3,0	15,35	2020	1980	93,9	3300	479000	7,3	8500	665	95	4,6
CTS12D	K05-K15		6,0	14,95	1800	1770	92,9	3700	537000	8,8	7200	625	90	5,1
CTS15D	K15-K30		7,5	14,75	1740	1710	92,6	3800	551000	9,5	6700	610	90	5,3
CTS17R			8,5	14,55	1600	1580	91,8	2800	406000	8,7	4800	585	100	5,1
CTS18D	K20-K40		9,0	14,55	1610	1590	91,9	3800	551000	11,0	6600	590	90	5,3
CTS20D	K20-K40		10,0	14,38	1620	1600	91,9	4000	580000	10,4	6500	580	85	5,3
CTS22D	K30-K40		11,0	14,35	1520	1500	91,2	3900	566000	12,0	6300	570	85	5,3
CTS24D	K30-K40		12,0	14,25	1480	1460	90,9	4000	580000	12,5	6100	560	85	5,4
Qualità a grana fine e media														
CTF08E			4,0	15,15	1845	1815	93,1	2050	297000	8,0	7400	650	100	4,6
CTF11E	K10	G05	5,6	14,95	1760	1730	92,7	2150	312000	9,2	7000	630	95	4,7
CTF12E	K20	G10	6,0	14,95	1640	1620	92,1	2200	319000	9,9	6400	625	100	4,7
CTF24E	K40	G20	12,0	14,30	1330	1320	89,7	3000	435000	12,0	4900	560	95	5,5
CTF30E	>K40	G30	15,0	14,05	1250	1240	88,8	3100	450000	13,1	4600	530	90	5,7
CTF40A		G40	20,0	13,60	1070	1060	86,8	3400	493000	18,0	3900	490	90	6,4
CTF50A		G50	25,0	13,15	950	940	85,3	3400	493000	21,0	3900	450	90	6,4
CTF54A		>G50	27,0	12,95	920	910	85,0	3200	464000	22,0	3000	440	90	6,9
CTM14E			7,0	14,90	1550	1530	91,5	2600	377000	10,4	6000	615	95	5,0
CTM16O			8,0	14,85	1300	1290	89,4	2400	348000	10,8	4800	605	100	5,1
CTM17E			8,5	14,65	1420	1400	90,4	2800	406000	11,3	5300	600	95	5,1

Commento:

1. I dati contenuti in questa tabella sono parametri tipici del materiale. Ci riserviamo il diritto di modificare questi dati a seguito del progresso tecnologico o di sviluppi interni della nostra azienda.

2. K_{1C}*: I fattori dell'intensità critica di tensione misurati (K_{1C}) dipendono in grande misura dalla geometria delle prove e dalla preparazione delle stesse. Un paragone diretto con valori determinati in base ad un metodo diverso non è quindi ammissibile.

	Codice qualità CERATIZIT	Codice ISO	Campo di applicazione	Legante Densità		Durezza			Resistenza alla flessione		Resistenza alla rottura (K1C)	Resistenza alla compressione	Modulo di elasticità	Conducibilità termica	Coefficiente di dilatazione termica
				[m %]	[g/cm2]	HV10	HV30	HRA	[MPa]	[psi]	[MPa*m½]	[MPa]	[GPa]	[W/mK]	[10-6/K]
Qualità a grana grossa															
	CTE12A			6,0	15,00	1300	1290	89,4	2400	348000	16,0	4300	630	115	4,7
	CTE20A			10,0	14,60	1130	1120	87,6	2600	377000	18,0	4000	580	110	5,1
	CTE20M			10,0	14,50	1140	1130	87,7	2600	377000	21,0	3600	560	110	5,1
	CTE25A			12,5	14,30	1050	1040	86,6	2700	392000	20,0	3800	555	107	5,3
	CTE30A			15,0	14,05	970	960	85,6	2800	406000	22,0	3600	530	105	5,6
	CTE30M			15,0	14,05	960	950	85,5	2900	421000	23,0	3400	530	105	5,6
	CTE35A			17,5	13,80	910	900	84,8	2850	413000	23,0	3500	510	103	5,9
	CTE40A			20,0	13,60	850	840	84,2	2900	421000	24,0	3400	490	100	6,3
	CTE40M			20,0	13,50	810	800	83,6	2800	406000	25,0	3200	490	100	6,3
	CTE44A			22,0	13,40	810	800	83,6	2900	421000	25,0	3300	475	100	6,5
	CTE50A			25,0	13,15	760	750	82,6	2800	406000	26,0	3200	450	97	6,8
	CTE50M			25,0	13,15	710	700	81,7	2700	392000	27,0	3100	450	97	7,0
	CTE60A			30,0	12,75	690	680	81,4	2700	392000	27,0	3100	420	95	7,3
	CTE60M			30,0	12,70	610	600	80,0	2700	392000	29,0	3000	420	95	7,4
Nitruro di silicio															
	SNC1			9,0	3,25	1550	1530	91,5	1100	160000	6,5	3000	300	30	3,3
	SNCB5			12,5	3,25	1500	1480	91,1	900	145000	6,0	3000	300	30	3,4
	SNCE10			SN/TiN	4,20	1400	1380	90,3	>850	>123000	>7,0	3000	325	60	5,5
	SNC20			11,0	3,24	1470	1450	90,8	850		5,7	3000	290	30	3,4

Commento:

1. I dati contenuti in questa tabella sono parametri tipici del materiale. Ci riserviamo il diritto di modificare questi dati a seguito del progresso tecnologico o di sviluppi interni della nostra azienda.

2. K_{1C}*: I fattori dell'intensità critica di tensione misurati (K_{1C}) dipendono in grande misura dalla geometria delle prove e dalla preparazione delle stesse. Un paragone diretto con valori determinati in base ad un metodo diverso non è quindi ammissibile.

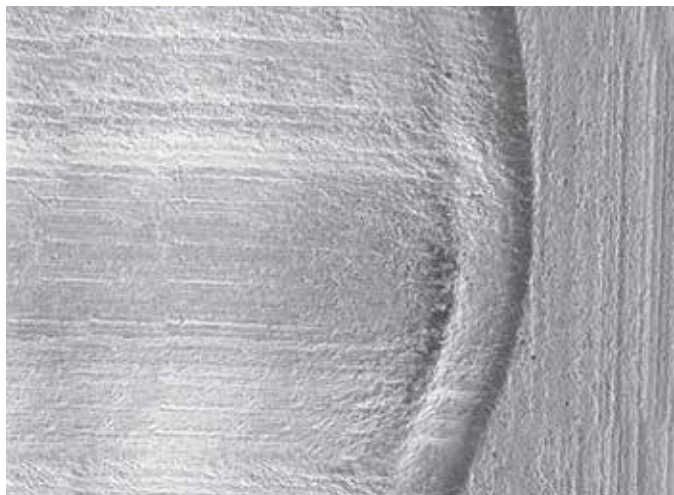
Esempi d'applicazione

Nei seguenti paragrafi descriveremo come selezionare le qualità di m.d.

Se la qualità di m.d. è troppo dura per l'applicazione, il tagliente avrà il seguente aspetto:



Scheggiatura del tagliente



Usura della superficie esterna

Di conseguenza va scelta una qualità con una maggiore resistenza alla rottura che però non deve contenere troppo cobalto perché altrimenti si presenta usura.

La regola generale per la selezione delle qualità di m.d. è la seguente: meno cobalto possibile (per ridurre l'incollaggio e la corrosione) e una grana più grossa possibile (per aumentare la resistenza alla rottura e per stabilizzare i taglienti).

La tabella sottostante è da intendersi come indicativa per la scelta della qualità di metallo duro adatta al proprio processo di deformazione. Bisogna comunque tenere presente che, oltre alla scelta della qualità di metallo duro corretta, è importante anche una costante ed elevata qualità metallurgica, per ottenere una lunga durata utile del vostro utensile.

Avvaletevi del know-how e dell'esperienza del vostro interlocutore CERATIZIT per ottimizzare la durata utile dei vostri utensili.

Matrice delle applicazioni

La tabella seguente offre una buona base per una selezione delle qualità di m.d. adatte. Occorre tenere conto anche di altri fattori che influenzano la scelta della qualità di m.d. come

la composizione del materiale del nastro, l'intercapedine di taglio, la lubrificazione, la geometria dei componenti attivi e la struttura degli utensili.

Requisiti relativi alla qualità della superficie

Spessore lamiera	Resistenza alla trazione (N/mm ²)				
	< 500	500–900	900–1400	1400–2000	> 2000
< 0,2	CF-S12Z CF-S18Z CF-H25S+	CF-S12Z CF-S18Z CF-H25S+	CF-S18Z CF-H25S+	CF-S18Z CF-H40S+	CF-F35Z
0,2–0,5	CF-S12Z CF-S18Z CF-H25S+	CF-S12Z CF-S18Z CF-H25S+	CF-S18Z CF-H25S+	CF-H40S+ CF-F35Z	CF-F35Z
0,5–0,8	CF-S18Z CF-H25S+	CF-S18Z CF-H40S+	CF-S18Z CF-H40S+	CF-F35Z	o
0,8–1,2	CF-S18Z CF-H40S+	CF-H40S+	CF-H40S+	CF-F35Z	o
1,2–1,5	CF-H40S+	CF-H40S+	CF-H40S+ CF-F35Z	CF-F35Z	o
1,5–2	CF-H40S+	CF-H40S+ CF-F35Z	CF-F35Z	o	o
2–3	CF-H40S+	CF-H40S+ CF-F35Z	CF-F35Z	o	o
3–6	CF-H40S+ CF-F35Z	CF-F35Z	o	o	o
6–10	CF-F35Z	o	o	o	o
> 10	o	o	o	–	–

o Dati disponibili insufficienti. Realizzazione della prova su richiesta.

– Danneggiamento minimo durante la lavorazione (formazione di scheggiature termiche, zona bianca ...) e basso valore di rugosità. La tendenza all'adesione del nastro richiede la qualità migliore possibile della superficie.

Guida per la scelta delle giuste qualità di metallo duro per i processi di deformazione dei metalli

Codice qualità CERATIZIT	Utensili per la produzione di chiodi, rivetti e viti		Utensili di trafilatura - metalli ferrosi (trafile e mandrini)				Trafile - metalli non ferrosi (trafile e mandrini)			Martelli di fucinatura		
	Morsetti	Coltelli	Ø grande	→	Ø piccolo	→	Ø grande	→	Ø piccolo	Elevata tenacità	Tenacità media Resistenza media all'usura	Elevata resistenza all'usura
CTS 10												
CTS 12												
CTS 15												
CTS 20												
CTS 24												
CTS 30												
CTF 11												
CTF 12												
CTF 18												
CTF 24												
CTF 30												
CTF 40												
CTF 50												
CTF 54												
CTM 12												
CTM 17												
CTM 30												
CTM 40												
CTC 50												
CTE 35												
CTE 40												
CTE 50												
CTE 60												

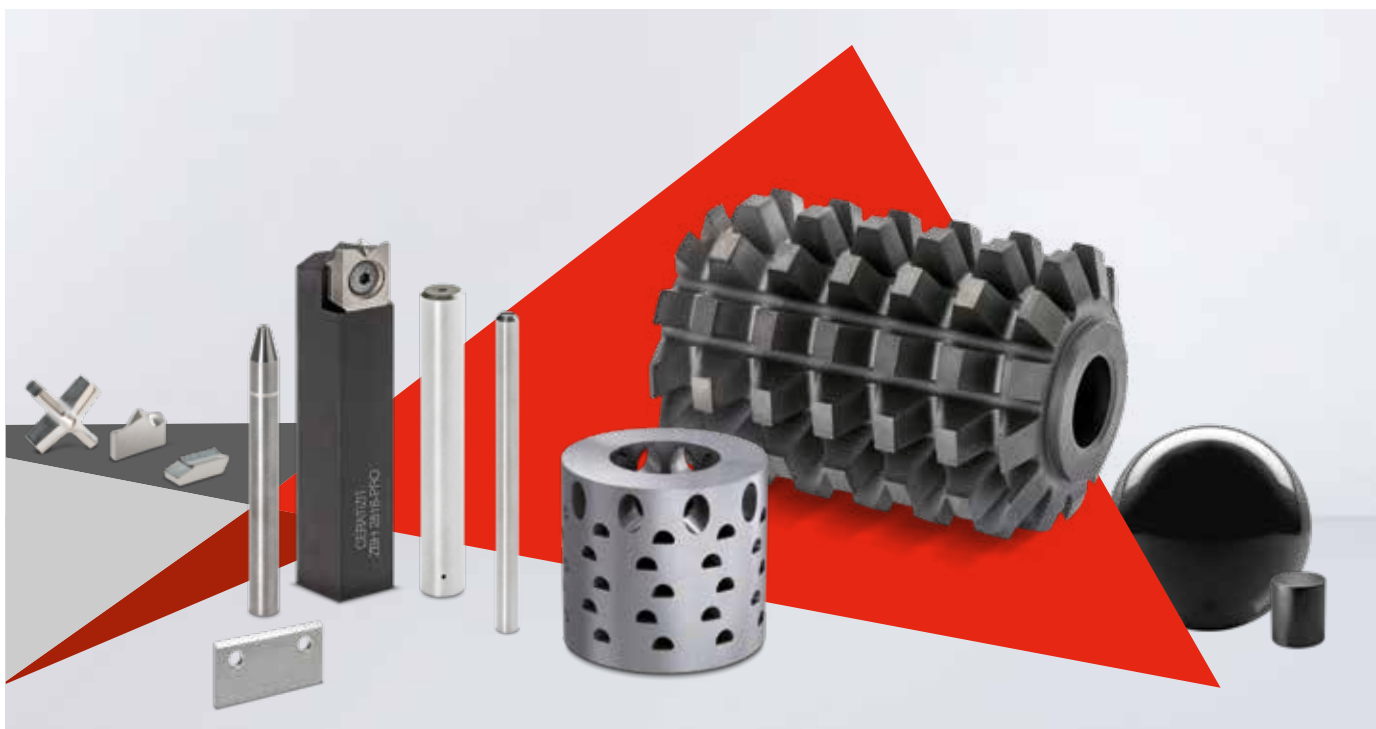
- Qualità di m.d. principale per la rispettiva applicazione
- Aumentare la resistenza all'usura
- Aumentare la resistenza alla rottura

I casi “duri” sono la nostra specialità

bassi costi operativi complessivi. Ciò vale per diversi campi di applicazione e settori industriali. Anche quando sono soggetti a forti sollecitazioni, i nostri metalli duri sono caratterizzati da una notevole flessibilità applicativa in numerosi settori industriali.

I nostri prodotti sono appositamente progettati per condizioni di lavoro estreme: le nostre Hard Material Solutions costituiscono utensili perfetti per l'ottimizzazione dei vostri processi e l'aumento della resistenza all'usura.

▲ Industria delle materie plastiche



Headquarters

CERATIZIT S.A.
LU-8232 Mamer
T. +352 31 20 85-1
E. hardmaterialsolutions@ceratizit.com
ceratizit.com