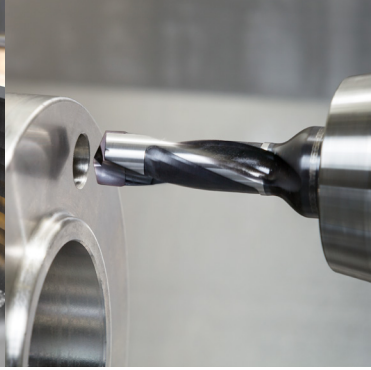
SANDVIK
Coromant

Manuale di Formazione Tecnica

TECNOLOGIA DI TAGLIO DEI METALLI



Tecnologia di taglio dei metalli - Manuale di formazione tecnica

Questo manuale è stato concepito per diventare la vostra principale fonte di informazioni durante la formazione sul taglio dei metalli di Sandvik Coromant e potrà essere utilizzato anche come riferimento futuro.

Affidatevi alla nostra formazione

Approfondite e ampliate le vostre conoscenze con i nostri programmi di formazione. Presso i nostri centri in tutto il mondo, proponiamo corsi di formazione di base e avanzati che consentono di combinare teoria e pratica usando apparecchiature e macchine all'avanguardia.

Visitate il sito sandvik.coromant.com per trovare il programma delle attività e registrarvi.

© AB Sandvik Coromant 2017.11
www.sandvik.coromant.com
Tutti i diritti riservati.

Nessuna parte della presente pubblicazione può essere riprodotta, archiviata, trasmessa in una qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico o meccanico, fotocopiata, registrata o altro senza il previo consenso di Sandvik Coromant.

Tornitura

Teoria	A 4
Procedura di selezione	A 12
Presentazione del sistema	A 16
Scelta degli inserti	A 22
Scelta degli utensili	
- Esterni	A 49
- Interni	A 54
Codici	A 64
Risoluzione dei problemi	A 68

Troncatura e scanalatura

Teoria	B 4
Procedura di selezione	B 7
Presentazione del sistema	B 11
Troncatura e scanalatura - consigli applicativi	B 16
- Troncatura	B 22
- Scanalatura generale	B 26
- Scanalatura di sedi di anelli elastici	B 28
- Scanalatura frontale	B 29
- Profilatura	B 32
- Tornitura	B 34
- Esecuzione di scarichi	B 36
Risoluzione dei problemi	B 37

Filettatura

Teoria	C 4
Procedura di selezione	C 9
Presentazione del sistema	C 13
Consigli applicativi	C 19
Risoluzione dei problemi	C 24
Maschiatura	C 28

Fresatura

Teoria	D 4
Procedura di selezione	D 9
Presentazione del sistema	D 13
Scelta degli inserti – consigli applicativi	D 24
Scelta degli utensili – consigli applicativi	D 29
Risoluzione dei problemi	D 36

Foratura

Teoria	E 4
Procedura di selezione	E 15
Presentazione del sistema	E 20
Consigli applicativi	E 26
Qualità e tolleranze di foro	E 38
Risoluzione dei problemi	E 43

Barenatura

Teoria	F 4
Procedura di selezione	F 8
Presentazione del sistema	F 13
Scelta degli utensili	F 16
Consigli applicativi	F 22
Risoluzione dei problemi	F 27

Portautensili

Storia e scenari	G 4
Perché attrezzamento modulare	G 8
Centri di tornitura	G 16
Centri di lavoro	G 25
Macchine multi-task	G 30
Mandrini	G 35

Lavorabilità

Materiali da lavorare	H 4
Produzione del metallo duro	H 18
Il tagliente	H 29
Materiali da taglio	H 40
Usura degli utensili e manutenzione	H 52

Altre informazioni

Economia di lavorazione	H 63
ISO 13399 - lo standard del settore	H 78
Formule e definizioni	H 81
E-learning	H 92

Tornitura

La tornitura genera forme cilindriche e rotonde con un utensile a punta singola. Nella maggior parte dei casi, l'utensile è stazionario mentre il pezzo è in rotazione.

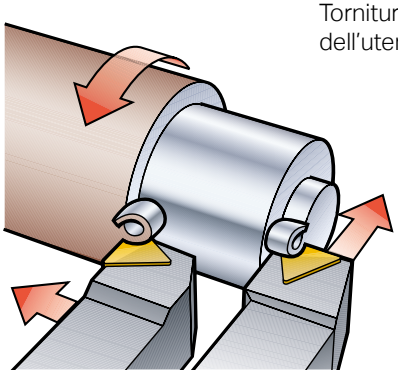
- Teoria A 4
- Procedura di selezione A 12
- Presentazione del sistema A 16
- Scelta degli inserti – consigli applicativi A 22
- Scelta degli utensili – consigli applicativi
  - Esterni A 49
  - Interni A 54
- Codici A 64
- Risoluzione dei problemi A 68

Operazioni di tornitura generale

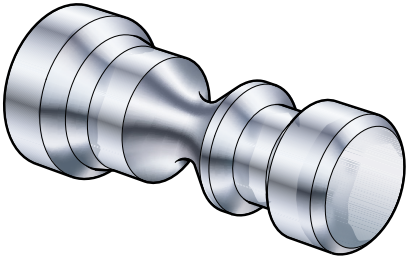
La tornitura è data dalla combinazione di due movimenti: la rotazione del pezzo ed il movimento di avanzamento dell'utensile.

Il movimento di avanzamento dell'utensile può essere eseguito lungo l'asse del pezzo, il che significa che il diametro del pezzo viene ridotto tramite la tornitura. In alternativa, l'utensile può avanzare verso il centro (spianatura), all'estremità del pezzo.

Gli altri tipi di avanzamento sono combinazioni di queste due direzioni e permettono di ottenere superfici coniche o raggiate.



Tornitura e sfacciatura come movimenti assiali e radiali dell'utensile.

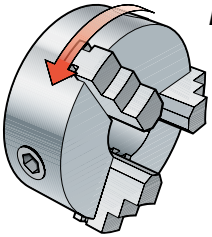


Tre operazioni di tornitura comuni:

- Tornitura longitudinale
- Sfacciatura
- Profilatura

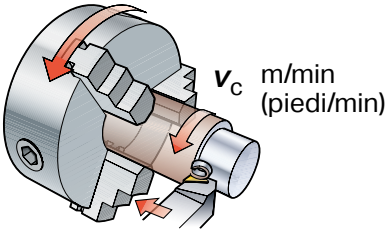
Terminologia

Velocità del mandrino



La velocità di rotazione del mandrino (giri/min - giri al minuto) corrisponde alla rotazione del mandrino e del pezzo.

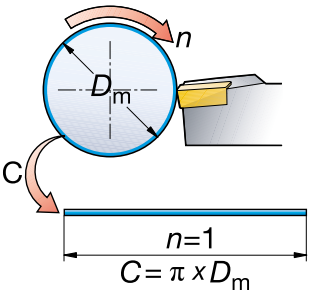
Velocità di taglio



La velocità di taglio è la velocità superficiale in m/min (piedi/min) a cui si muove l'utensile lungo il pezzo in metri (piedi) al minuto..

Definizione di velocità di taglio

La velocità di taglio (v_c) è definita in funzione del diametro, pi (π) e la velocità del mandrino (n) è espressa in giri al minuto (giri/min). La circonferenza (C) è la distanza percorsa dal tagliente in un giro.



v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
D_m = diametro lavorato, mm (poll.)
n = velocità del mandrino, (giri/min)
C = circonferenza, π x D_m mm (poll.)
π (pi) = 3.14

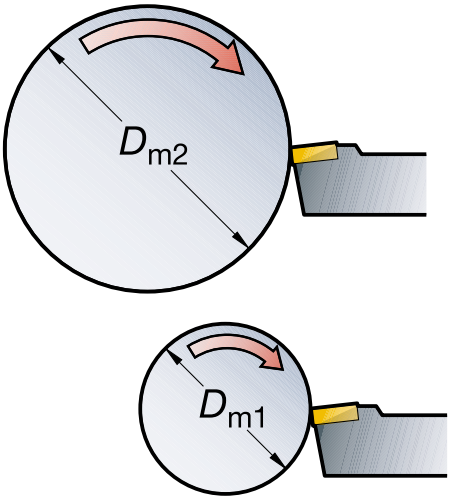
Sistema metrico

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Sistema in pollici

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ piedi/min}$$

Calcolo della circonferenza (C)



- Circonferenza = π x diametro
- π (pi) = 3.14

Esempio:

D_{m2} = 100 mm (3.937 poll.)
C = 3.14 x 100
= 314 mm

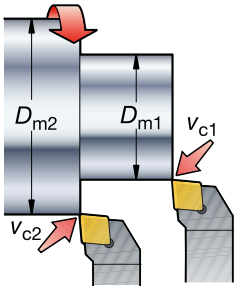
C = 3.14 x 3.937
= 12.362 poll.

D_{m1} = 50 mm (1.969 poll.)
C = 3.14 x 50
= 157 mm

C = 3.14 x 1.969
= 6.183 poll.

Esempio di calcolo della velocità di taglio

La velocità di taglio varia in funzione del diametro del pezzo.



Dati:

velocità del mandrino, n = 2000 giri/min

Diametro, D_{m1} = 50 mm (1.969 poll.)

Diametro, D_{m2} = 80 mm (3.150 poll.)

Sistema metrico

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3.14 \times 50 \times 2000}{1000} = 314 \text{ m/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3.14 \times 80 \times 2000}{1000} = 502 \text{ m/min}$$

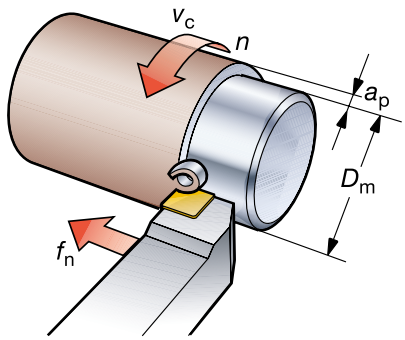
Sistema in pollici

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ piedi/min}$$

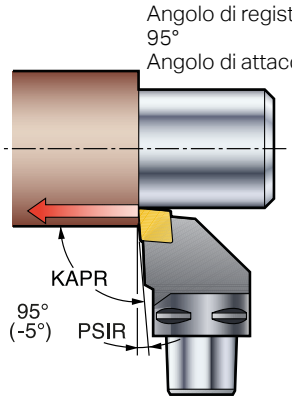
$$v_{c1} = \frac{3.14 \times 1.969 \times 2000}{12} = 1030 \text{ piedi/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3.14 \times 3.150 \times 2000}{12} = 1649 \text{ piedi/min}$$

Terminologia



n	= velocità del mandrino (giri/min)
v_c	= velocità di taglio m/min (piedi/min)
f_n	= avanzamento di taglio mm/giro (poll./giro)
a_p	= profondità di taglio mm (poll.)
KAPR	= angolo di registrazione
PSIR	= angolo di attacco



Velocità del mandrino

Il pezzo ruota nel tornio con una determinata velocità mandrino (*n*) e un certo numero di giri al minuto (giri/min).

Velocità superficiale/di taglio

Velocità di taglio (v_c) in m/min (piedi/min) a cui la periferia del diametro del pezzo lavorato passa in corrispondenza del tagliente.

Avanzamento

L'avanzamento di taglio (f_n) in mm/giro (poll./giro) è il movimento dell'utensile in rapporto al pezzo che gira. Questo è un valore chiave nel determinare la qualità della superficie lavorata e nell'assicurare che la formazione dei trucioli si mantenga all'interno della geometria dell'inserto. Questo valore non influenza solo lo spessore del truciolo ma anche la sua formazione in rapporto alla geometria dell'inserto.

Profondità di taglio

La profondità di taglio (a_p) in mm (poll.) è la metà della differenza tra i diametri del pezzo prima e dopo il taglio. La profondità di taglio viene misurata sempre ad angolo retto rispetto alla direzione di avanzamento dell'utensile.

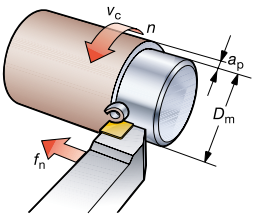
Angolo di registrazione KAPR, angolo di attacco PSIR

L'avvicinamento del tagliente al pezzo è espresso come angolo di registrazione (KAPR) ovvero come l'angolo tra il tagliente e la direzione di avanzamento. Può essere espresso anche come angolo di attacco (PSIR), che è l'angolo tra il tagliente e il piano del pezzo. L'angolo di registrazione è importante nella selezione di base dell'utensile di tornitura più adatto a una certa operazione.

Calcolo dei dati di taglio

Velocità di taglio

Esempio di calcolo della velocità mandrino (n) a partire dalla velocità di taglio (v_c).



Dati:

Velocità di taglio, v_c = 400 m/min (1312 piedi/min)

Diametro D_m = 100 mm (3.937 poll.)

Sistema metrico

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \text{ giri/min}$$

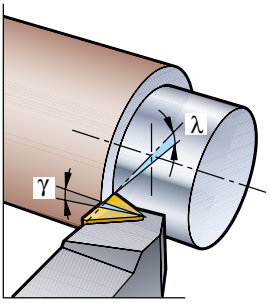
$$n = \frac{400 \times 1000}{3.14 \times 100} = 1274 \text{ giri/min}$$

Sistema in pollici

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m} \text{ giri/min}$$

$$n = \frac{1312 \times 12}{3.14 \times 3.937} = 1274 \text{ giri/min}$$

Angolo di spoglia superiore ed angolo di inclinazione



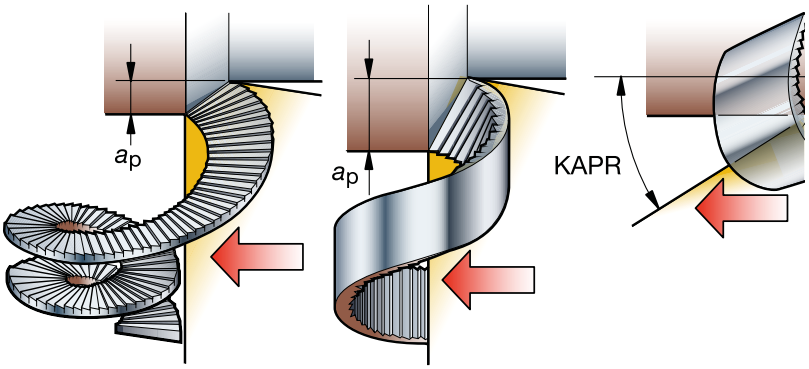
Angolo di spoglia superiore

L'angolo di spoglia superiore gamma (GAMO) è una misura del tagliente rispetto al taglio. L'angolo di spoglia superiore dell'inserto stesso è solitamente positivo e la spoglia inferiore, rappresentata da un raggio, uno smusso o una fascetta, influisce su robustezza dell'utensile, assorbimento di potenza, capacità di finitura dell'utensile, tendenza alle vibrazioni e formazione del truciolo.

Angolo di inclinazione

L'angolo di inclinazione lambda (LAMS) è l'angolo con cui è montato l'inserto nell'utensile. Quando l'inserto è montato nell'utensile, la geometria e l'inclinazione dell'inserto determinano l'angolo di taglio risultante con cui lavora il tagliente.

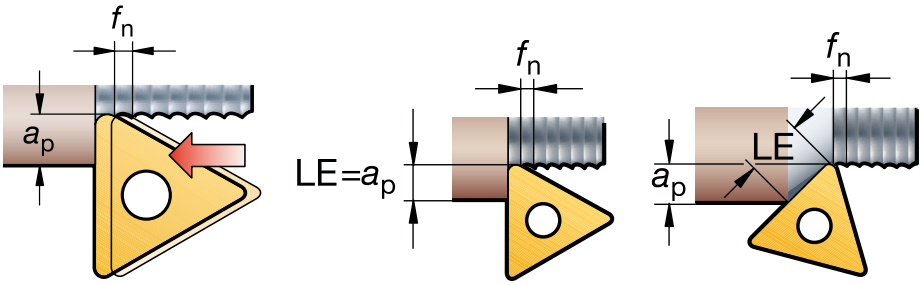
Profondità di taglio e formazione truciolo



La profondità di taglio (a_p) è la profondità a cui il tagliente scende nel pezzo.

La formazione del truciolo varia con la profondità di taglio, l'angolo di registrazione (attacco), l'avanzamento, il materiale e la geometria dell'inserto.

Velocità di avanzamento e lunghezza effettiva del tagliente



Velocità di avanzamento

La velocità di avanzamento (f_n) è la distanza percorsa dal tagliente per giro.

Lunghezza del tagliente

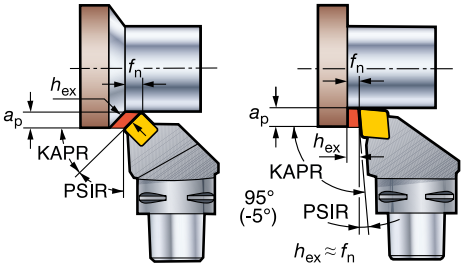
La lunghezza effettiva del tagliente (LE) è correlata alla profondità di taglio ed all'angolo di registrazione (attacco).

Scelta della forma dell'inserto, angolo di registrazione (angolo di attacco) e spessore del truciolo

L'angolo di registrazione KAPR (angolo di attacco PSIR) dell'utensile e il raggio di punta (RE) dell'inserto incidono sulla formazione del truciolo modificandone la sezione.

Con un angolo di registrazione più piccolo o un angolo di attacco più grande, lo spessore del truciolo diminuisce e la larghezza aumenta.

Varia anche la direzione di deflusso dei trucioli.



KAPR = 45°
PSIR = 45°
$h_{ex} \approx f_n \times 0.71$

Angolo di registrazione KAPR (angolo di attacco PSIR)

- È definito in relazione alla sede inserto nell'utensile in combinazione con la forma dell'inserto prescelto.

Spessore massimo del truciolo h_{ex}

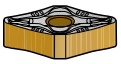
- Diminuisce di pari passo alla velocità di avanzamento, in quanto diminuisce l'angolo di registrazione (l'angolo di attacco aumenta).

Possibili posizioni dell'angolo di registrazione (attacco) delle forme di inserto

CNMG

Angolo di registrazione KAPR: 95°

Angolo di attacco PSIR : -5°



DNMG

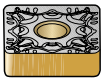
Angolo di registrazione KAPR: 107.5°, 93°, 62.5°

Angolo di attacco PSIR : -17.5°, -3°, 27.5°

WNMG

Angolo di registrazione KAPR: 95°

Angolo di attacco PSIR : -5°



SNMG

Angolo di registrazione KAPR: 45°, 75°

Angolo di attacco PSIR : 45°, 15°

RCMT

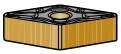
Angolo di registrazione KAPR: Variabile

Angolo di attacco PSIR : Variabile

TNMG

Angolo di registrazione KAPR: 93°, 91°, 60°

Angolo di attacco PSIR : -3°, -1°, 30°



VNMG

Angolo di registrazione KAPR: 117.5°, 107.5°, 72.5°

Angolo di attacco PSIR : -27.5°, -17.5°, 17.5°

Effetto dell'angolo di registrazione (angolo di attacco) sullo spessore del truciolo

Lo spessore massimo del truciolo h_{ex} diminuisce di pari passo alla velocità di avanzamento, in quanto l'angolo di registrazione diminuisce (l'angolo di attacco aumenta).

Angolo di registrazione KAPR Angolo di attacco PSIR	95° -5°	75° 15°	60° 30°	45° 45°	90° min 0° max
Spessore del truciolo in rapporto all'avanzamento, mm (poll.)	1	0.96	0.87	0.71	Variabile
Lunghezza di contatto l_a, mm (poll.) ad a_p 2 mm (0.079 poll.)	2 (.079)	2.08 (.082)	2.3 (.091)	2.82 (.111)	Variabile

Calcolo dell'assorbimento di potenza

La potenza netta (P_c) richiesta per il taglio del metallo è importante soprattutto per la sgrossatura ed è quindi fondamentale verificare che la macchina abbia una potenza sufficiente per l'operazione, misurata in kW e HP. Anche il fattore di efficienza della macchina è di grande importanza.

Per informazioni sul valore di k_c vedere a pagina H 16.

n = velocità del mandrino (giri/min)

v_c = velocità di taglio m/min (piedi/min)

f_n = avanzamento di taglio mm/giro (poll./giro)

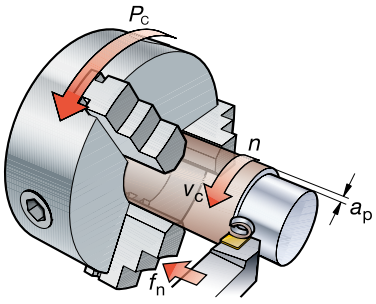
a_p = profondità di taglio mm (poll.)

k_c = forza di taglio specifica N/mm² (lb/poll.²)

P_c = potenza netta kW (HP)

kW = kilowatt

HP = cavalli



$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \quad \text{kW}$$

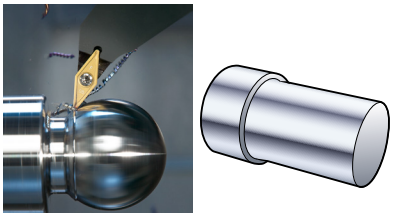
$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3} \quad \text{HP}$$

Procedura di selezione

Processo di pianificazione della produzione

1 Componente

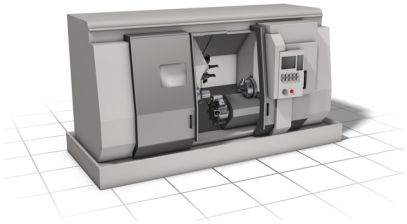
Dimensioni e tipo di operazione



Materiale e quantità dei pezzi da lavorare

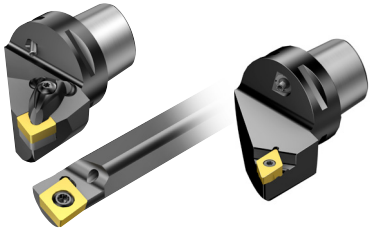
2 Macchina

Parametri della macchina



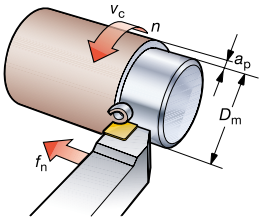
3 Scelta degli utensili

Tipo di utensile di tornitura:
- esterno/interno
- longitudinale
- sfacciatura
- profilatura



4 Consigli applicativi

Dati di taglio, percorso utensile, ecc.

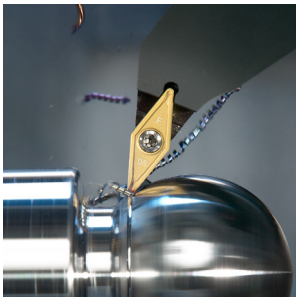


5 Risoluzione dei problemi

Rimedi e soluzioni

1. Componente e materiale da lavorare

Parametri da considerare



Componente

- Analizzare le dimensioni ed i requisiti qualitativi della superficie da lavorare
- Tipo di operazione (longitudinale, sfacciatura e profilatura)
- Esterna, interna
- Sgrossatura, lavorazione media o finitura
- Percorsi utensile
- Numero di passate
- Tolleranze.

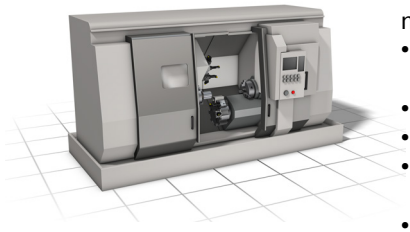
P	Acciaio
M	Acciaio inossidabile
K	Ghisa
N	Non ferrosi
S	Superleghe resistenti al calore e titanio
H	Acciaio temprato

Materiale

- Lavorabilità
- Pezzo fuso o prelavorato
- Controllo truciolo
- Durezza
- Elementi leganti.

2. Parametri della macchina

Caratteristiche della macchina



Fattori importanti da considerare relativamente alla macchina:

- Stabilità, potenza e coppia, soprattutto per i grandi diametri
- Bloccaggio del componente
- Posizione dell'utensile
- Tempi di cambio degli utensili/numero di utensili nella torretta
- Limitazioni relative alla velocità mandrino (giri/min), magazzino con avanzamento barra
- Disponibilità di contromandrino o contropunta?
- Uso di tutti i supporti possibili
- Facilità di programmazione
- Pressione del fluido da taglio.

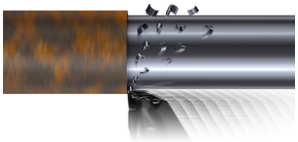
3. Scelta degli utensili

Applicazione generale - tornitura con inserti romboidali

Vantaggi
- Versatilità operativa
- Grande angolo di registrazione
- Per tornitura e sfacciatura
- Buona robustezza per la sgrossatura.

Svantaggi
- Può provocare vibrazioni durante le operazioni di tornitura di componenti sottili.

Tornitura con inserti raschianti



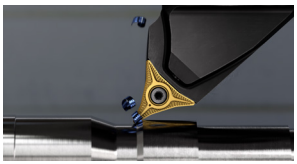
Vantaggi
- Aumento dell'avanzamento e della produttività
- Per aumentare la finitura superficiale con una velocità di avanzamento normale
- Permette di incrementare la produttività.

Svantaggi
- Il tagliente Wiper è inefficace nel caso della tornitura in tirata e della profilatura.

Soluzioni di tornitura esclusive Coromant

Vantaggi
- Aumento dei dati di taglio nella profilatura
- Maggiore capacità di rispettare la tolleranza.

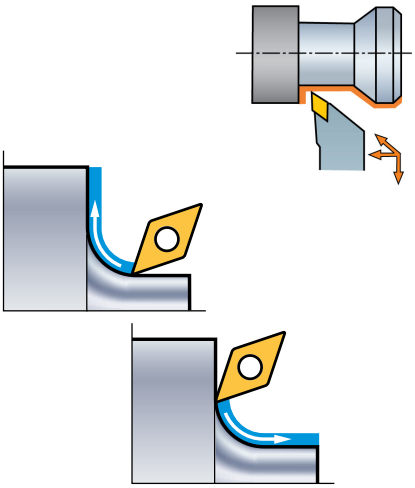
Vantaggi
- Soluzione multitaglienti
- Controllo truciolo e durata utensile prevedibile.



Vantaggi
- Tornitura in tutte le direzioni
- Tornitura sicura e produttiva.

4. Consigli applicativi

Considerazioni importanti sull'applicazione



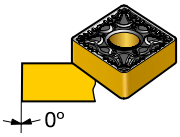
Il percorso utensile influisce notevolmente sul processo di lavorazione.

Esso influisce sui seguenti fattori:
- controllo truciolo
- usura inserto
- finitura superficiale
- durata utensile.

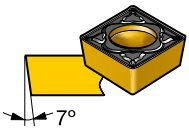
In pratica, l'utensile, la geometria e qualità dell'inserto, il materiale da lavorare ed il percorso utensile influiscono notevolmente sul tempo ciclo e la produttività.

5. Risoluzione dei problemi

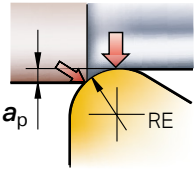
Alcuni aspetti da considerare



Versione con posizionamento negativo



Versione con posizionamento positivo



Angolo di spoglia inferiore dell'inserto

- In generale, occorre utilizzare inserti positivi per ottenere basse forze di taglio e per la tornitura interna.

Controllo truciolo

- Per ottimizzare il controllo truciolo, variare la profondità di taglio, l'avanzamento o la geometria dell'inserto.

Raggio di punta

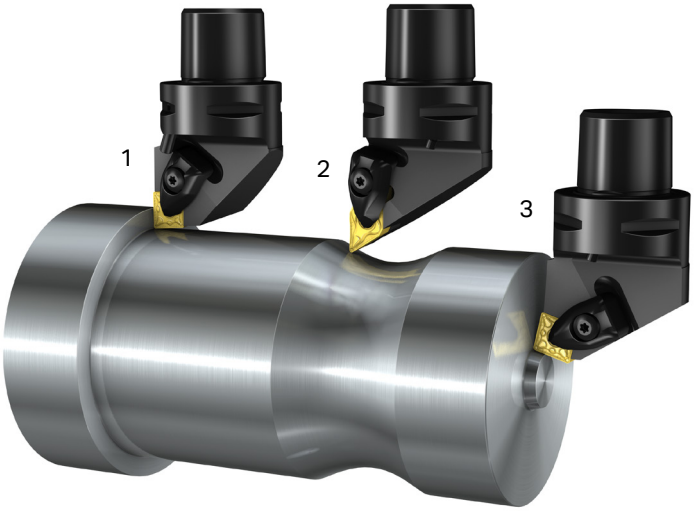
- La profondità di taglio non dovrebbe essere inferiore al raggio di punta (RE).

Usura dell'inserto

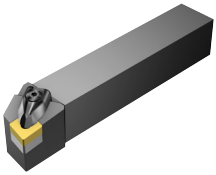
- Assicurarsi che l'usura sul fianco non superi il valore generalmente consigliato di 0.5 mm (.020 poll.).

Tornitura esterna - inserti negativi

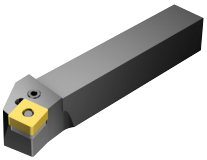
1. Tornitura longitudinale
2. Profilatura
3. Sfacciatura



Presentazione degli utensili

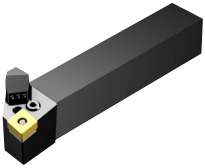


- Inserto negativo
- Sistema di bloccaggio rigido
- Utensili modulari/a stelo.



- Inserto negativo
- Sistema di bloccaggio a leva
- Utensili modulari/a stelo.

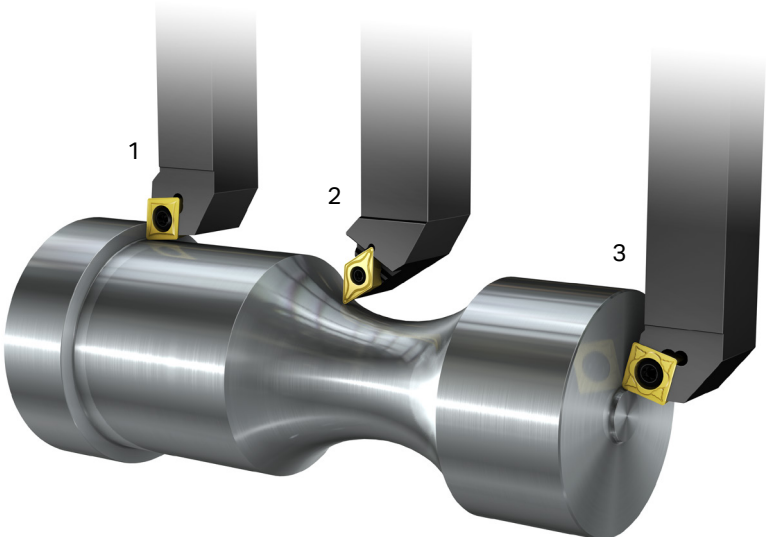
- Inserti negativi/positivi
- Tutti i sistemi di bloccaggio
- Testine di taglio
- Utensili modulari/a stelo.



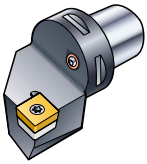
- Inserti negativi
- Sistema di bloccaggio a leva
- Refrigerante ad alta precisione
- Utensili modulari/a stelo.

Tornitura esterna - inserti positivi

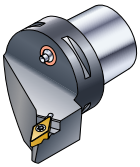
1. Tornitura longitudinale
2. Profilatura
3. Sfacciatura



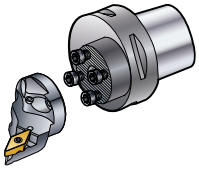
Presentazione degli utensili



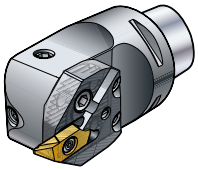
- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Utensili modulari/a stelo
- Refrigerante ad alta precisione.



- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Interfaccia iLock™
- Utensili modulari/a stelo.

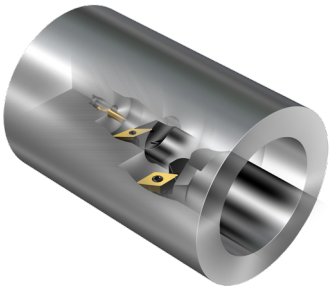


- Inserto negativo/positivo
- Tutti i sistemi di bloccaggio
- Testine di taglio
- Utensili modulari/a stelo.

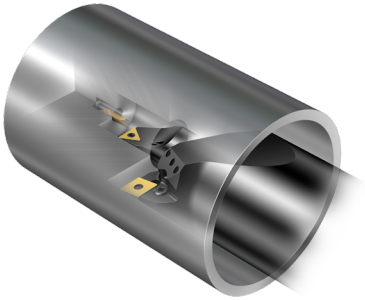


- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Utensili modulari/a stelo.

Tornitura longitudinale, inserti negativi/positivi

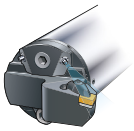


Inserti positivi

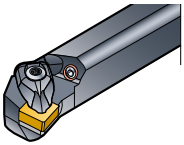


Inserti negativi

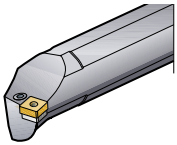
Presentazione degli utensili interni



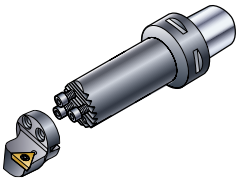
- Inserti negativi/positivi
- Barre di alesatura antivibranti
- Barre di alesatura



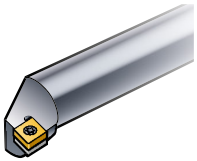
- Inserto negativo
- Sistema di bloccaggio rigido
- Barre di alesatura/modulari.



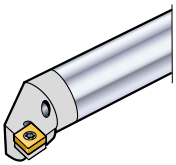
- Inserto negativo
- Sistema di bloccaggio a leva
- Barre di alesatura/modulari.



- Inserto negativo/positivo
- Tutti i sistemi di bloccaggio
- Testine di taglio
- Barre di alesatura/modulari antivibranti
- Refrigerante ad alta precisione.

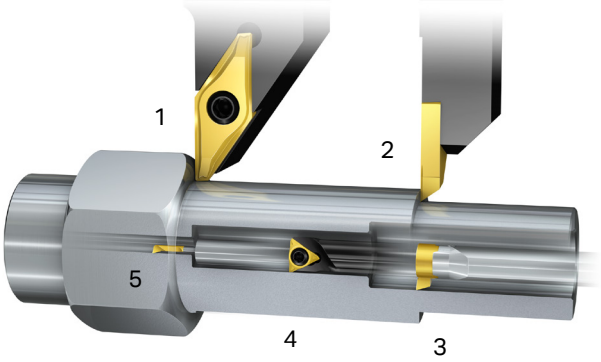


- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Testine di taglio
- Barre di alesatura/modulari.
- Refrigerante ad alta precisione.



- Barre di alesatura antivibranti
- Barre di alesatura.

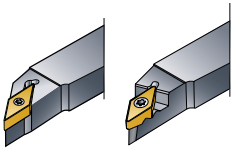
Utensili per la lavorazione di piccoli componenti



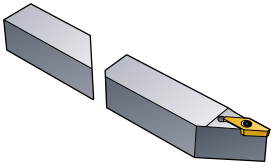
1. Tornitura esterna
2. Tornitura esterna (macchine a fantina mobile)
3. Tornitura interna (inserti intercambiabili)
4. Tornitura interna
5. Tornitura interna (minibarre in metallo duro)

Presentazione degli utensili

Utensili per esterni



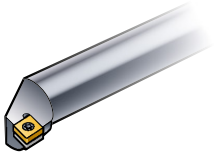
- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Utensili a stelo
- Refrigerante ad alta precisione.



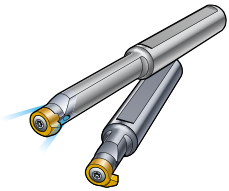
- Utensili a cambio rapido
- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite.

- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite.

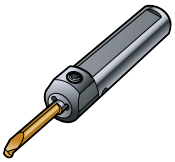
Utensili per interni



- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite
- Refrigerante ad alta precisione.



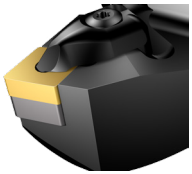
- Inserto positivo
- Sistema di bloccaggio a vite.



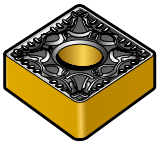
- Inserto positivo
- Minibarre in metallo duro
- Barre adattate alla macchina.

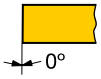
Presentazione dei sistemi di bloccaggio degli inserti

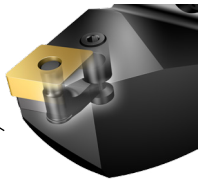
Bloccaggio di inserti con posizionamento di base negativo



Sistema di bloccaggio rigido

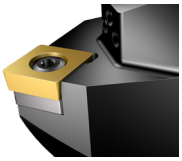




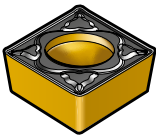


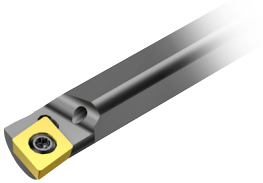
Sistema di bloccaggio a leva

Bloccaggio di inserti con posizionamento di base positivo

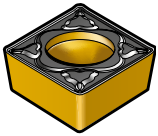


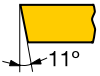
Sistema di bloccaggio a vite





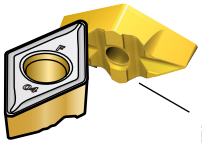
Sistema di bloccaggio a vite

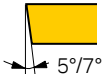




Bloccaggio degli inserti positivi iLock™

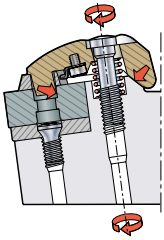
Sistema di bloccaggio a vite





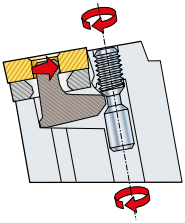
Bloccaggio degli inserti moderni per utensili di tornitura

Bloccaggio rigido

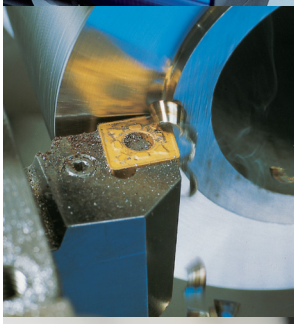


- Inserti negativi
- Bloccaggio eccellente
- Facilità di sostituzione tagliente.

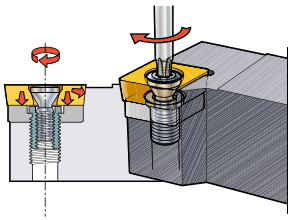
Bloccaggio a leva



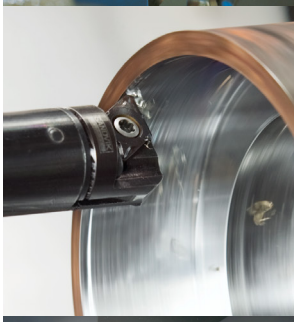
- Inserti negativi
- Deflusso libero dei trucioli
- Facilità di sostituzione tagliente.



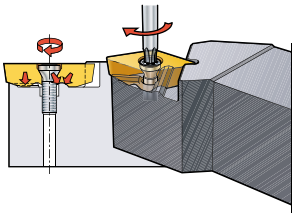
Bloccaggio a vite



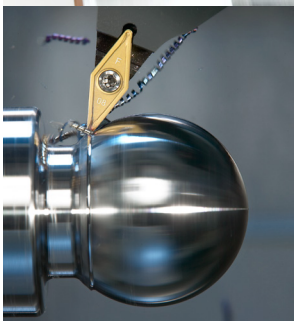
- Inserti positivi
- Bloccaggio sicuro dell'inserto
- Deflusso libero dei trucioli.

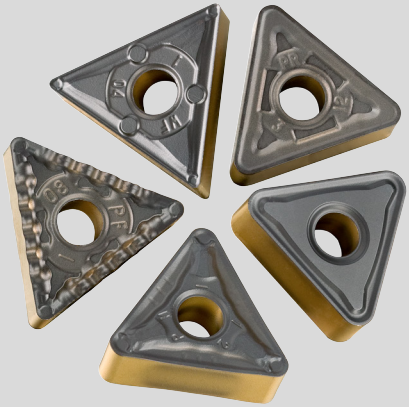


Sistema di bloccaggio a vite, iLock™



- Inserti positivi
- Bloccaggio molto sicuro
- Alta precisione.



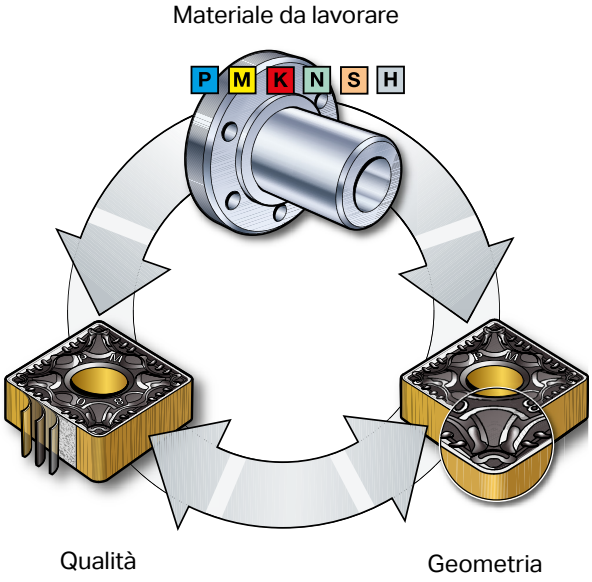


Scelta degli inserti

- Fattori base A 23
- Geometrie dell'inserto A 31
- Qualità dell'inserto A 38
- Forma, dimensioni e raggio di punta dell'inserto A 41
- Effetto dei dati di taglio sulla durata utensile A 47

Il complesso mondo della lavorazione dei metalli

Per impostare correttamente un processo di lavorazione dei metalli occorre conoscere il materiale del pezzo, e quindi scegliere la geometria e la qualità corretta dell'inserto in funzione dell'applicazione specifica.



- L'interazione tra una qualità e una geometria dell'inserto ottimizzata per un determinato materiale del pezzo è fondamentale per il successo della lavorazione.
- Pertanto, è necessario considerare con attenzione questi tre fattori base principali ed adattarli alla lavorazione in questione.
- Sapere come gestire questi fattori e conoscerli a fondo è fondamentale.

La lavorazione inizia "nel" tagliente

Sequenze di controllo truciolo tipiche registrate con tecniche di ripresa ad alta velocità

Sei gruppi di materiali

Nell'industria del taglio dei metalli, esiste una serie incredibilmente ampia di tipi di componenti di diverso materiale. Ogni materiale ha caratteristiche proprie ed esclusive, derivanti dagli elementi leganti, dal trattamento termico, dalla durezza, ecc. Questo incide fortemente sulla scelta della geometria e della qualità degli utensili da taglio e sulla selezione dei dati di taglio.

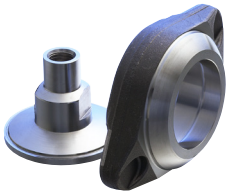
Pertanto, i materiali dei pezzi sono stati suddivisi in 6 gruppi principali in conformità alla norma ISO, e ciascun gruppo presenta caratteristiche specifiche relative alla lavorabilità.

Gruppi di materiali del pezzo

P Acciaio

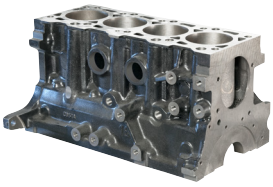
- ISO P – Gli acciai rappresentano il gruppo di materiali più grande, nel campo del taglio dei metalli, e vanno dai materiali non legati a quelli fortemente legati, compresi i getti di acciaio e gli acciai inossidabili ferritici e martensitici. La lavorabilità è generalmente buona ma differisce leggermente a seconda della durezza del materiale, del tenore di Carbonio in lega, ecc.

M Acciaio inossidabile



- ISO M – Gli acciai inossidabili sono materiali legati contenenti almeno il 12% di cromo; altre leghe sono, ad esempio, nichel e molibdeno. Le diverse condizioni possibili come, ad esempio, acciai ferritici, martensitici, austenitici ed austenitici-ferritici (duplex) rendono vasta questa famiglia. Tutti questi tipi hanno in comune la capacità di sottoporre i taglienti a grandi quantità di calore, usura ad intaglio e tagliente di riporto.

K Ghisa



- ISO K – La ghisa, contrariamente all'acciaio, è un tipo di materiale a truciolo corto. La ghisa grigia (GCI) e le ghise malleabili (MCI) sono abbastanza facili da lavorare mentre la ghisa nodulare (NCI), la ghisa a grafite compatta (CGI) e la ghisa austemperata (ADI) sono più difficili. Tutte le ghise contengono carburo di silicio (SiC), molto abrasivo per il tagliente.

N Alluminio

- 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.

S Leghe resistenti al calore

- ISO S – Le superleghe resistenti al calore includono un gran numero di materiali fortemente legati a base di ferro, nichel, cobalto e titanio. Si tratta di materiali che tendono all'incollamento ed all'incrudimento e che favoriscono la formazione di tagliente di riporto e la generazione di calore; molto simili, quindi, a quelli appartenenti al campo ISO M ma, essendo molto più difficili da tagliare, comportano una minore durata utensile.

H Acciaio temprato

- 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.

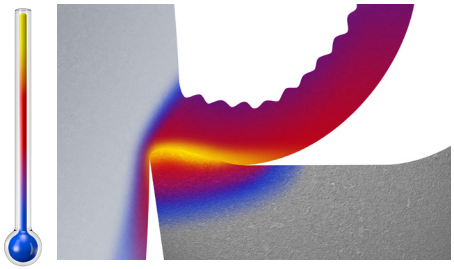
Forze di taglio

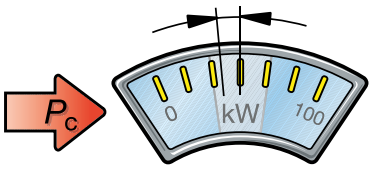
Un altro aspetto che permette di differenziare i sei gruppi di materiali è la forza (F_T) necessaria per asportare una sezione specifica di truciolo in determinate condizioni.

Questo valore, detto forza di taglio specifica (k_c), viene indicato per i vari tipi di materiale da lavorare ed è utilizzato per il calcolo della potenza necessaria per una determinata operazione.

k_{c1} = forza di taglio specifica per trucioli di spessore medio di 1 mm (.039 poll.).

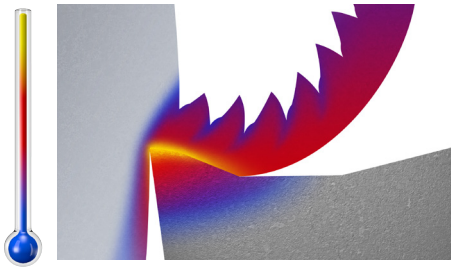
P Acciaio

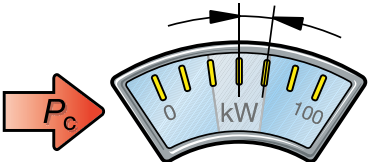




- I materiali P hanno una variazione k_{c1} di: 1500-3100 N/mm² (217,500-449,500 lb/poll.²)

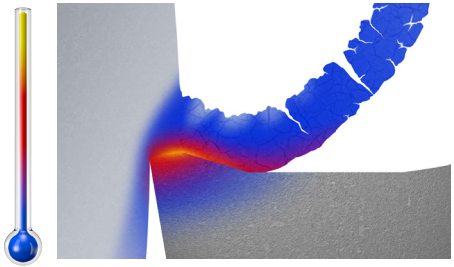
M Acciaio inossidabile

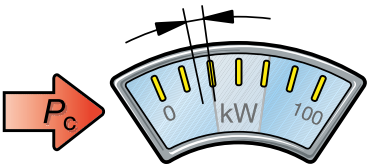




- I materiali M hanno una variazione *a* k_{c1} di: 1800-2850 N/mm² (261,000-413,250 lb/poll.²)

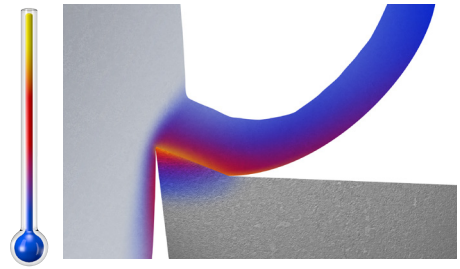
K Ghisa

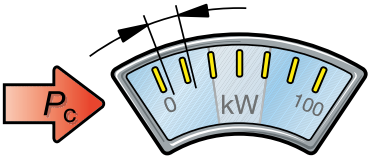




- I materiali K hanno una variazione k_{c1} di: 790-1350 N/mm². (114,550-195,750 lb/poll.²)

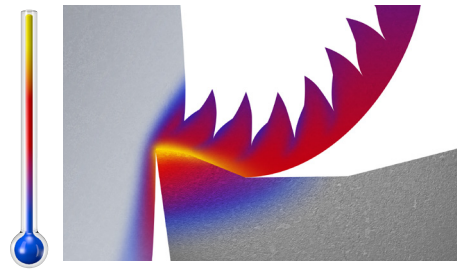
N Alluminio

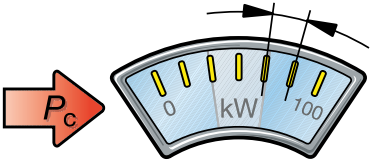




- I materiali N hanno una variazione k_{c1} di: 350-1350 N/mm² (50,750-195,750 lb/poll.²)

S Superleghe resistenti al calore

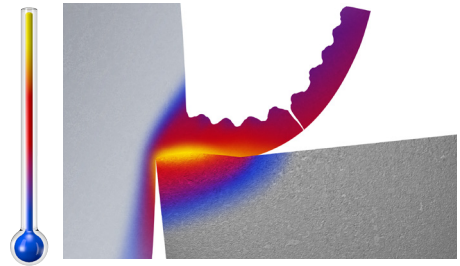


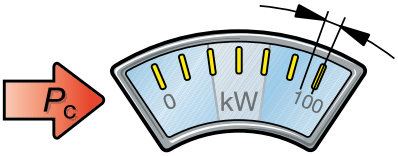


- I materiali S hanno una variazione *a* k_{c1} di: 2400-3100 N/mm² (348,000-449,500 lb/poll.²) per HRSA

  1300-1400 N/mm² (188,500-203,000 lb/poll.²) per leghe di titanio

H Acciaio temprato



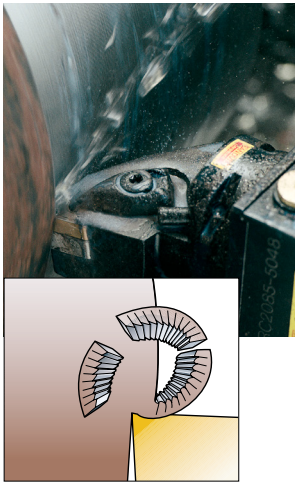


- I materiali H hanno una variazione k_{c1} di: 2550 – 4870 N/mm² (369,750-706,150 lb/poll.²)

Formazione di trucioli

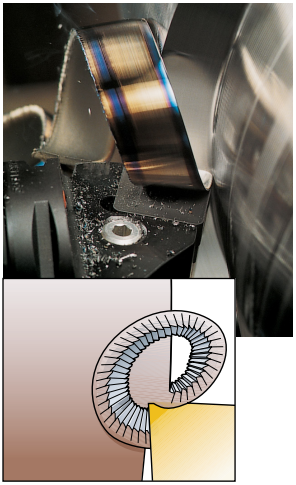
La rottura del truciolo in seguito al taglio può avvenire in tre modi diversi.

Rottura spontanea



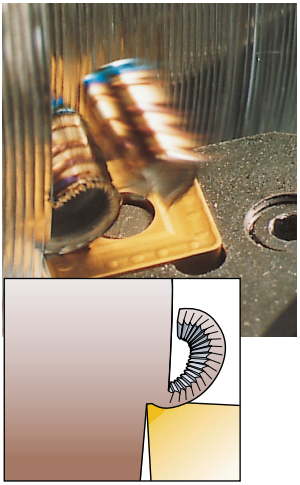
Truciolo con rottura spontanea: il materiale, in base alla curvatura del truciolo, fa sì che trucioli si spezzino mentre si allontanano dall'inserto.

Rottura contro l'utensile



Rottura truciolo contro l'utensile: il truciolo si arriccia finché non viene a contatto con l'angolo di spoglia inferiore dell'inserto o utensile, e la sollecitazione risultante fa sì che si spezzi. Anche se è spesso citato, questo metodo in alcuni casi può determinare il martellamento truciolo, durante il quale il truciolo danneggia l'inserto.

Rottura contro il pezzo

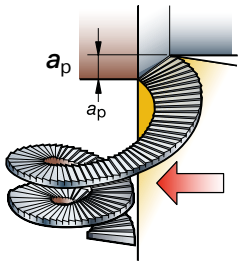


Rottura truciolo contro il pezzo: il truciolo si spezza quando viene a contatto con la superficie appena lavorata. Questo tipo di rottura truciolo generalmente non è adatta per ottenere una buona finitura superficiale, poiché vi è il rischio di danneggiare il componente.

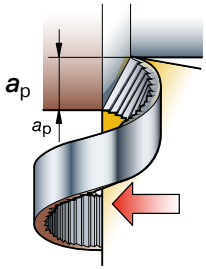
La formazione del truciolo varia in funzione di diversi parametri

La formazione del truciolo varia con la profondità di taglio, l'avanzamento, il materiale e la geometria dell'utensile.

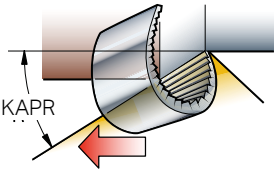
Rottura spontanea



Rottura contro l'utensile



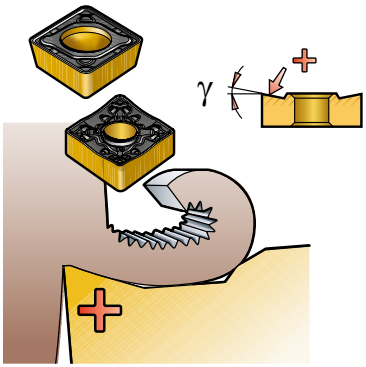
Rottura contro il pezzo



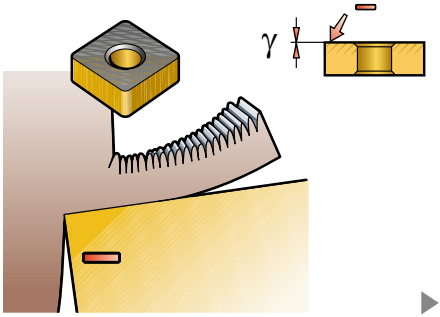
Angolo di spoglia superiore dell'inserto

L'angolo di spoglia superiore (γ) gamma (GAMO) è una misura del tagliente rispetto al taglio. L'angolo di spoglia superiore può essere negativo o positivo. Di conseguenza, ci sono inserti negativi e positivi, in cui gli angoli di spoglia inferiore sono equivalenti a zero o a diversi gradi in più. Ciò determina il modo in cui l'inserto può essere inclinato nel portautensili, generando un'azione di taglio negativa o positiva.

Azione di taglio positiva



Azione di taglio negativa

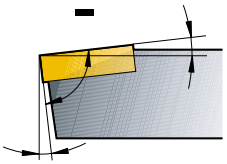


Angolo di spoglia superiore dell'inserto

Tra le geometrie di inserto negative e positive c'è una differenza nella geometria del tagliente:
- un inserto negativo ha un angolo di taglio di 90°, visto in sezione rispetto alla forma base del tagliente.
- un inserto positivo ha un angolo di taglio inferiore a 90°.

L'inserto negativo deve essere inclinato negativamente nell'utensile per poter determinare un angolo di spoglia inferiore tangenziale al pezzo, mentre sull'inserto positivo questo angolo di spoglia è già presente.

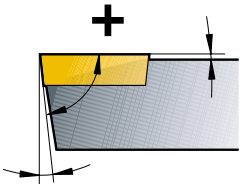
Versione con posizionamento negativo



- Bilaterale/unilaterale
- Robustezza del tagliente
- Angolo di spoglia inferiore pari a zero
- Lavorazione esterna/interna
- Condizioni di taglio difficili.

Nota: l'angolo di spoglia inferiore è l'angolo compreso tra la superficie anteriore dell'inserto e l'asse verticale dal pezzo.

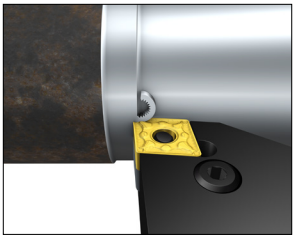
Versione con posizionamento positivo



- Unilaterale
- Basse forze di taglio
- Spoglia laterale
- Lavorazione interna/esterna
- Steli sottili, piccoli diametri di alesatura.

Geometrie inserto

Il taglio dei metalli è la scienza che si occupa di asportare i trucioli dal materiale nel modo corretto. I trucioli devono essere conformati e spezzati in lunghezze gestibili dalla macchina.

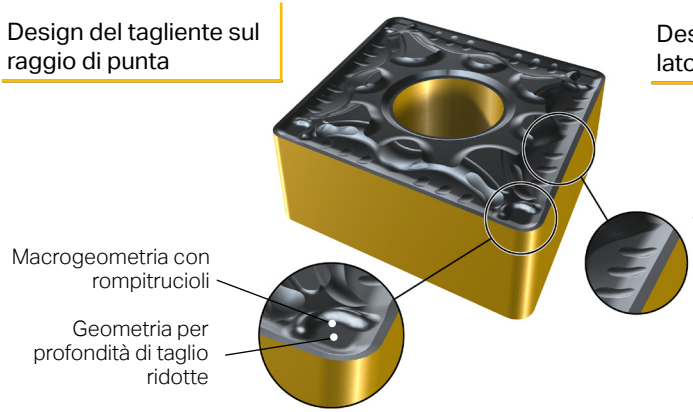


- Nelle operazioni di fresatura e foratura, vi sono molti più parametri che influiscono sulla formazione dei trucioli, rispetto alla tornitura.
- La tornitura, infatti, è un'operazione che si svolge in un'unica passata con un utensile fisso ed il pezzo in rotazione.
- L'angolo di spoglia superiore dell'inserto, la geometria e l'avanzamento svolgono un ruolo importante nel processo di formazione del truciolo.
- L'eliminazione del calore dalla zona di taglio attraverso i trucioli (80%) è un aspetto fondamentale.

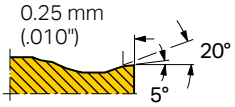
Progettazione di un inserto moderno

Terminologia e caratteristiche della geometria

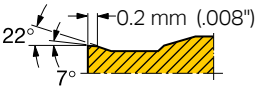
Design del tagliente sul raggio di punta



Design del tagliente sul lato principale

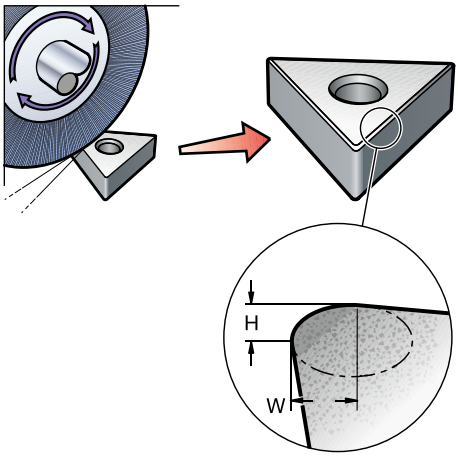


- Rinforzo del tagliente 0.25 mm (.010")
- Angolo di spoglia superiore 20°
- Fascetta principale 5°



Come viene rinforzato il tagliente

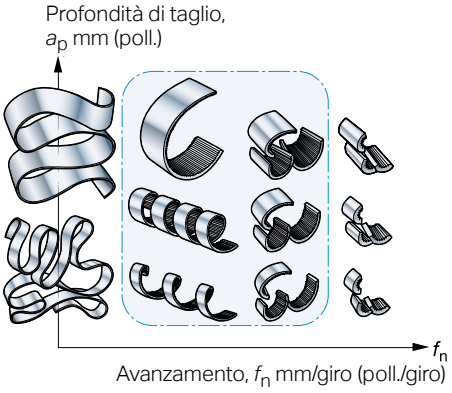
Il trattamento ER (Edge Roundness) determina la micro-geometria finale del tagliente.



- Il trattamento ER viene eseguito prima del rivestimento e conferisce la forma finale al tagliente (microgeometria).
- Il rapporto tra W e H determina l'idoneità degli inserti alle varie applicazioni.

Campo di applicazione della geometria di un inserto

Il campo di applicazione per ciascuna geometria può essere indicata in un grafico, tenendo conto del controllo truciolo accettabile in relazione ad avanzamento e profondità di taglio.



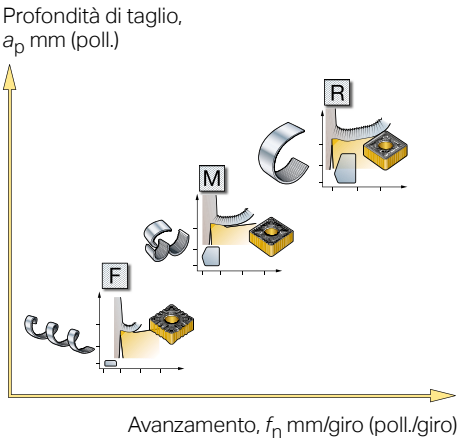
- Profondità di taglio (a_p) e avanzamento (f_n) devono essere adattati all'area di rottura truciolo della geometria per poter ottenere un controllo truciolo accettabile.
- Un controllo truciolo troppo difficoltoso può comportare la rottura dell'inserto.
- Se i trucioli sono troppo lunghi, il processo di lavorazione può essere problematico e la finitura superficiale scadente.

I tre metodi principali di tornitura

R = Sgrossatura

M = Lavorazione media

F = Finitura



Sgrossatura

- Massimo volume di truciolo asportato e/o condizioni difficili
- Combinazioni di profondità di taglio e velocità di avanzamento elevate
- Forze di taglio elevate.

Lavorazione media

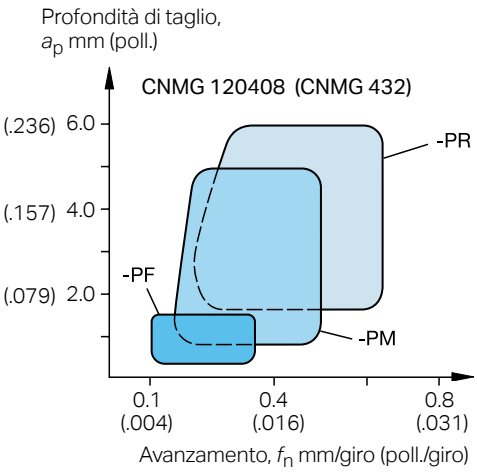
- Maggior parte delle applicazioni – scopi generici
- Da lavorazione media a sgrossatura leggera
- Ampia gamma di profondità di taglio e velocità di avanzamento.

Finitura

- Profondità di taglio ridotte e basse velocità di avanzamento
- Basse forze di taglio.

Aree di controllo truciolo

Tornitura di acciaio debolmente legato



Sgrossatura – R
Combinazioni di profondità di taglio e velocità di avanzamento elevate. Operazioni che richiedono la massima sicurezza del tagliente.

Lavorazione media – M
Da fresatura media a sgrossatura leggera. Ampia gamma di combinazioni di profondità di taglio ed avanzamento.

Finitura – F
Operazioni con profondità di taglio piccole e basse velocità di avanzamento. Operazioni che richiedono basse forze di taglio.

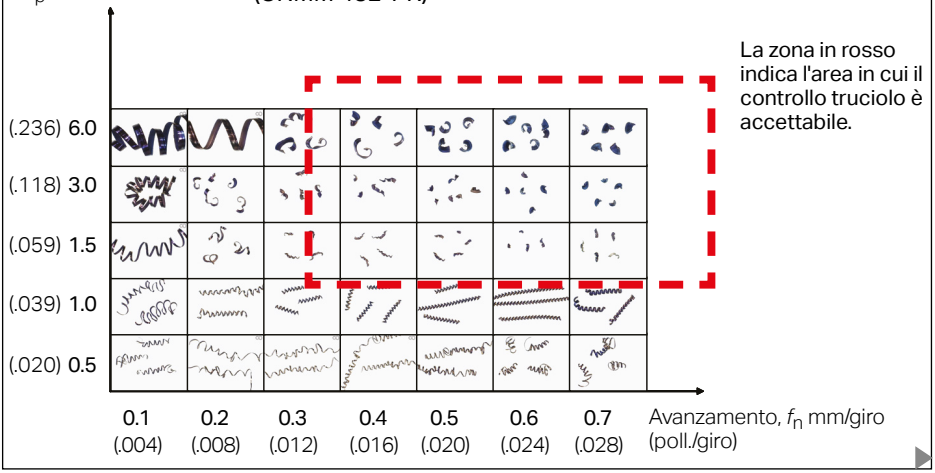
Diagramma di controllo truciolo

Sgrossatura di acciaio CMC 02.1 **P** **R**

CNMM 120412-PR
(CNMM 432-PR)

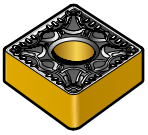
Area di rottura dei trucioli:

a_p = 5.0 (1.0 - 7.5)	mm
f_n = 0.5 (0.25 - 0.7)	mm/giro
a_p = .197 (.039 - .295)	poll.
f_n = .020 (.010 - .028)	poll./giro



Lavorazione media di acciaio CMC 02.1

P M

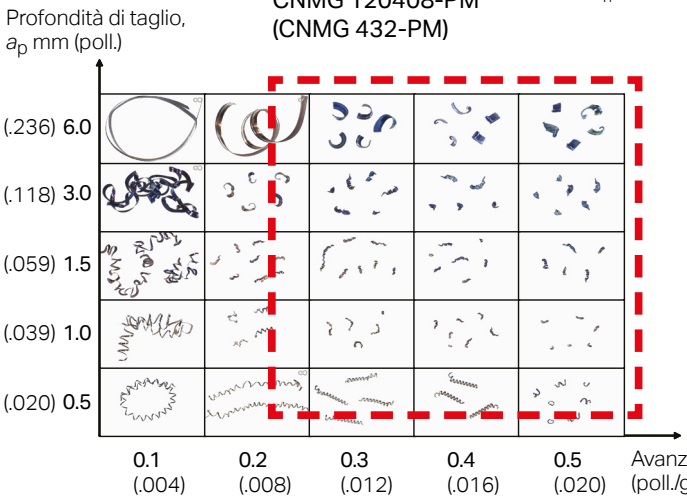


CNMG 120408-PM
(CNMG 432-PM)

Area di rottura dei trucioli:

a_p = 3.0 (0.5 - 5.5) mm
f_n = 0.3 (0.15 - 0.5) mm/giro

a_p = .118 (.020 - .217) poll.
f_n = .012 (.006 - .020) poll./giro



Finitura di acciaio CMC 02.1

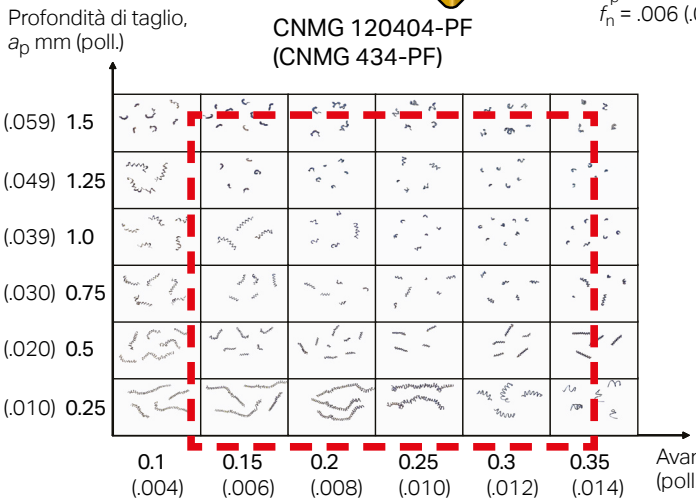
P F

CNMG 120404-PF
(CNMG 434-PF)

Area di rottura dei trucioli:

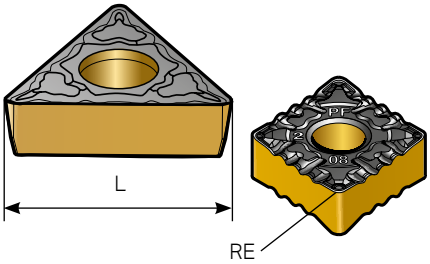
a_p = 0.4 (0.25 - 1.5) mm
f_n = 0.15 (0.07 - 0.3) mm/giro

a_p = .016 (.010 - .059) poll.
f_n = .006 (.003 - .012) poll./giro



Scelta degli inserti

Considerazioni relative alla scelta degli inserti



L= lunghezza del tagliente (dimensioni inserto)

RE = raggio di punta

È importante scegliere le dimensioni, la forma, la geometria e il raggio di punta dell'inserto corretti per ottenere un buon controllo truciolo.

- Per ottenere robustezza ed economia, scegliere l'angolo di punta più grande possibile sull'inserto.
- Per la robustezza dell'inserto, scegliere il raggio di punta più grande possibile.
- Se vi è tendenza alle vibrazioni, scegliere un raggio di punta più piccolo.

Inserti specifici per i campi ISO P, M, K ed S

Le varie micro e macrogeometrie sono adattate ai vari requisiti applicativi.

Materiale da lavorare	Finitura	Lav. media	Sgrossatura
P	0.07 mm (.003") 17° 4°	0.2 mm (.008") 22° 7°	0.32 mm (.013") 22° 3°
M	15°	0.29 mm (.012") 22° 12°	0.32 mm (.013") 22° 8°
K	0.1 mm (.004") 6° 15°	0.25 mm (.010") 2° 15°	0°
S	15°	25° 15°	10°

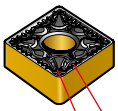
Descrizione delle geometrie

Ogni inserto ha un campo di applicazione caratterizzato da un controllo truciolo ottimale.

Sono disponibili anche una descrizione della geometria ed informazioni sull'applicazione.

Area di lavoro della geometria	Descrizione delle geometrie	Applicazione

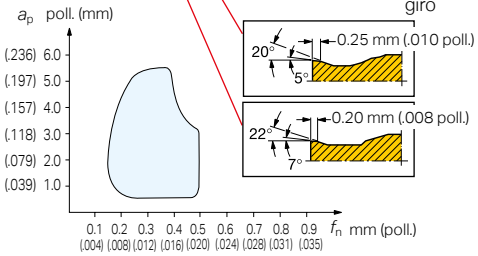
-PM



CNMG 432-PM
(CNMG 12 04 08-PM)

a_p = 0.5 – 5.5 mm
f_n = 0.15 – 0.5 mm/giro

a_p = .020 – .217 poll.
f_n = .006 – .020 poll./giro



-PM – per tornitura media
ampie possibilità con l'acciaio.

Avanzamento (f_n): 0.1 – 0.65 mm/giro (0.004 – 0.026 poll./giro).

Profondità di taglio (a_p): 0.4 – 8.6 mm (0.016 – 0.339 poll.).

Operazioni: tornitura, sfacciatura e profilatura.

Vantaggi: universale, affidabile, lavorazione senza problemi.

Componenti: assali, alberi, mozzi, ingranaggi, ecc.

Limitazioni: profondità di taglio ed avanzamento, rischio di sovraccaricare il tagliente.

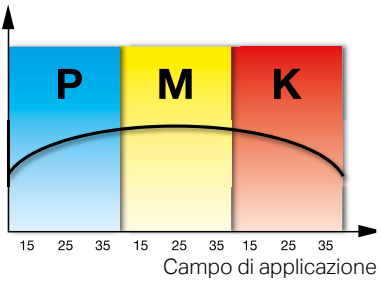
Consigli generali: abbinare con una qualità resistente all'usura per ottenere la massima produttività.

Possibile ottimizzazione: geometria WMX.

Da inserti di tornitura universali ad ottimizzati

Inserti universali

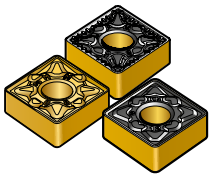
- Geometria universale
- Ottimizzazione mediante le qualità
- Prestazioni compromesse.

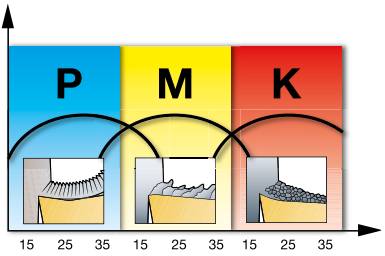


Campo di applicazione

Inserti ottimizzati

- Geometrie e qualità specifiche
- Prestazioni ottimizzate in base al materiale e alla lavorabilità del pezzo.





Campo di applicazione

Inserti per tornitura generale

Scelta di varie tipologie di inserti

Inserti negativi, monolaterali

Inserti semplici

Bilaterale | Unilaterale | Senza foro | Con foro | Soluzione multitagliente

- Un inserto negativo ha un angolo di taglio di 90°, visto in sezione rispetto alla forma base del tagliente.
- Disponibile in versione bilaterale/monolaterale con foro P o semplice.

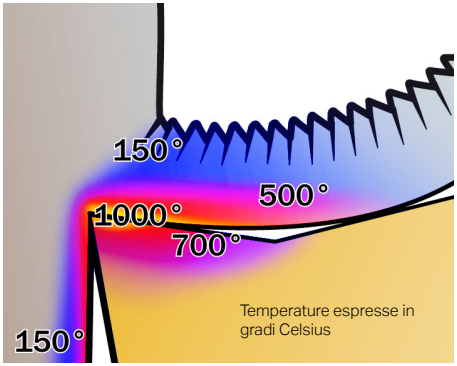
Inserti positivi, monolaterali

Positivo 11° | Positivo 7° | Bloccaggio positivo iLock™ | Bloccaggio iLock™ | Inserti non ISO

- Un inserto positivo ha un angolo di taglio inferiore a 90°.
- Disponibile con angolo di spoglia inferiore di 7° o 11°.
- Gli inserti con bloccaggio iLock™ hanno un angolo di spoglia inferiore di 5 o 7°.

Formazione del truciolo ad alta pressione e ad alte temperature

La scelta del materiale da taglio e della qualità è fondamentale per il successo



Il materiale da taglio ideale dovrebbe:

- essere abbastanza duro da resistere all'usura sul fianco e alla deformazione plastica
- essere abbastanza tenace da resistere alle macrorotture
- non interagire chimicamente con il materiale da lavorare
- essere chimicamente stabile per resistere all'ossidazione e alla diffusione
- avere una buona resistenza agli shock termici.

Gamma principale di materiali degli utensili da taglio

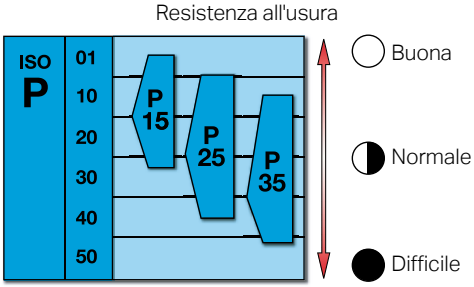
I materiali da taglio più comunemente utilizzati si articolano nei seguenti gruppi principali:

- metalli duri non rivestiti (HW)
- metalli duri rivestiti (HC)
- Cermet (HT, HC)
  - HT Cermet non rivestito contenente principalmente carburi di titanio (TiC) o nitruri di titanio (TiN) o entrambi.
  - HC Cermet come sopra, ma rivestito.
- Ceramiche (CA, CM, CN, CC)
  - CA Ceramiche con ossidi contenenti principalmente ossido di alluminio (Al_2O_3).
  - CM Ceramiche miste contenenti principalmente ossido di alluminio (Al_2O_3) ma contenenti anche altri componenti diversi dagli ossidi.
  - CN Ceramiche con nitruri contenenti principalmente nitruro di silicio (Si_3N_4).
  - CC Ceramiche come sopra, ma rivestite.
- Nitruri di boro cubico (BN)
- Diamanti policristallini (DP, HC)
  - DP Diamanti policristallini.
  - HC Diamanti policristallini, ma rivestiti.

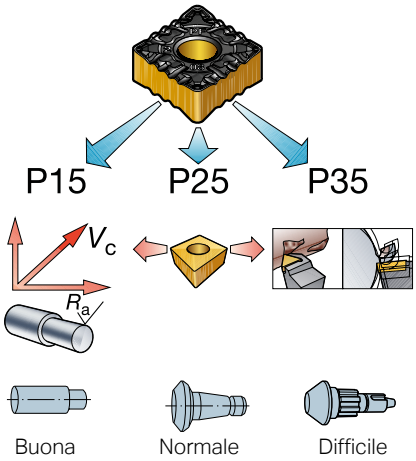
Come scegliere la geometria e la qualità dell'inserto

Selezione di geometria e qualità in base all'applicazione.

Definizione di un diagramma qualità



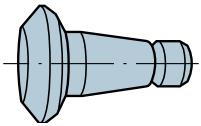
Condizioni di lavorazione



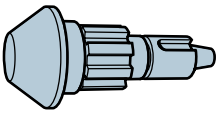
Condizioni di lavorazione

Condizioni buone
- Tagli continui
- Velocità elevate
- Pezzo prelavorato
- Bloccaggio eccellente del componente
- Sporgenze ridotte.

Condizioni medie
- Passate di profilatura
- Velocità moderate
- Pezzo forgiato o fuso
- Buon bloccaggio del componente.



Condizioni difficili
- Tagli interrotti
- Basse velocità
- Crosta pesante forgiata o fusa sul pezzo
- Bloccaggio insufficiente del componente.

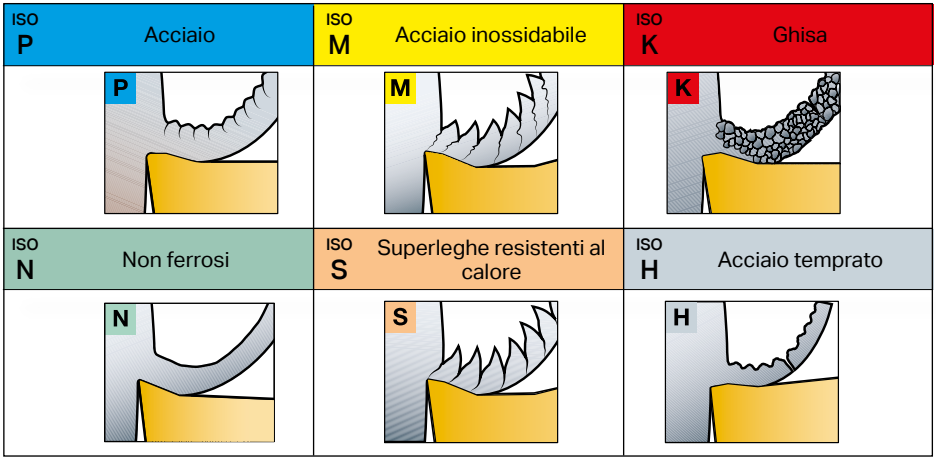


Qualità specifiche

Le qualità specifiche consentono di ridurre al minimo l'usura dell'utensile

Il materiale da lavorare influisce in vari modi sull'usura durante l'azione di taglio. Pertanto sono state sviluppate qualità specifiche per affrontare i meccanismi di usura base, ad esempio:

- Usura sul fianco, craterizzazione e deformazione plastica
- Tagliente di riporto e usura ad intaglio.



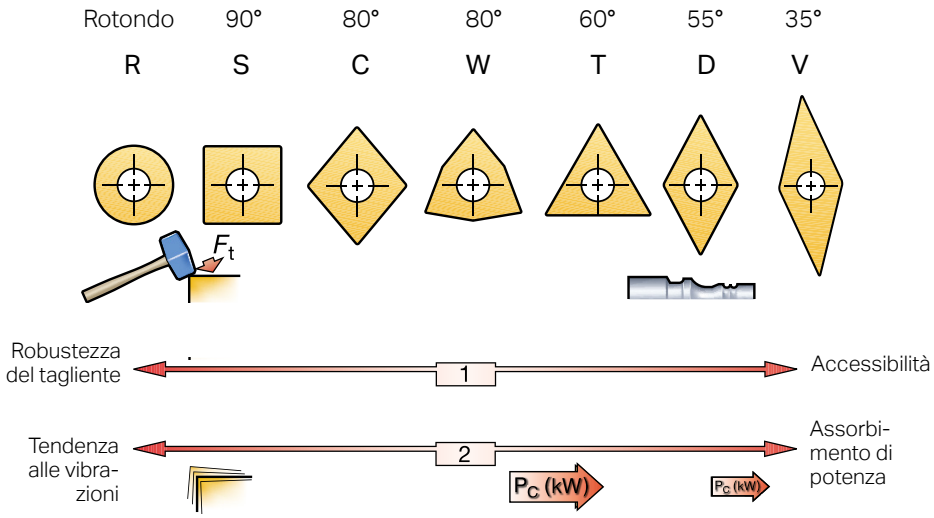
Scelta della forma degli inserti

Influenza di un angolo di punta grande o piccolo

La forma dell'inserto e l'angolo di punta variano notevolmente dalla versione più piccola, a 35°, all'inserto rotondo.

Ogni forma ha proprietà esclusive:
- alcune assicurano la massima resistenza in sgrossatura.
- altre garantiscono un'accessibilità ottimale in profilatura.

Ogni forma ha anche esclusive limitazioni. Ad esempio:
- un'elevata accessibilità del tagliente durante la lavorazione comporta un tagliente più debole.



Angolo di punta grande

- Tagliente più robusto
- Avanzamenti più elevati
- Forze di taglio più elevate
- Maggiori vibrazioni.

Angolo di punta piccolo

- Tagliente più debole
- Maggiore accessibilità
- Minori forze di taglio
- Minori vibrazioni.

Fattori che influenzano la scelta della forma dell'inserto

La forma dell'inserto dovrebbe essere selezionata considerando l'accessibilità dell'angolo di registrazione (attacco) richiesta dall'utensile. Per ottimizzare la robustezza e l'affidabilità dell'inserto, è opportuno selezionare il massimo angolo di punta possibile.

Forma di inserto							
Sgrossatura (robustezza)	++	++	++	+	+		
Sgrossatura leggera/semifinitura		+	++	+	++	++	
Finitura			+	+	++	++	++
Tornitura longitudinale			++	+	+	++	+
Profilatura	+				+	++	++
Sfacciatura	+	++	++	+	+	+	
Versatilità operativa	+		++	+	+	++	+
Macchina con potenza limitata			+	+	++	++	++
Tendenza alle vibrazioni				+	++	++	++
Materiale duro	++	++					
Lavorazione a taglio interrotto	++	++	+	+	+		

++ = ottimale + = adatta

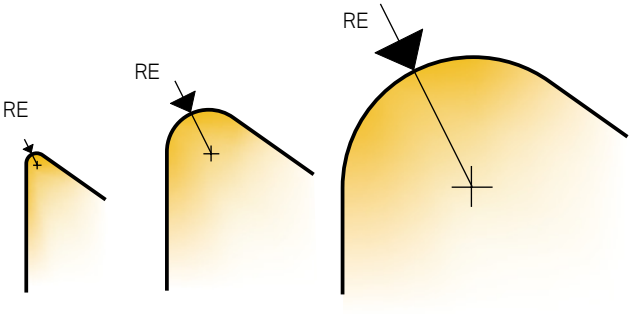
Numero di taglienti

Forma di inserto							
ISO (prima lettera)	R	S	C	W	T	D	V
Numero di taglienti, inserti negativi	8*	8	4	6	6	4	4
Numero di taglienti, inserti positivi	4*	4	2	3	3	2	2

*In base ad a_p

Scelta del raggio di punta

Effetti di un raggio di punta piccolo e grande



Piccolo raggio di punta

- Ideale per profondità di taglio ridotte
- Riduce le vibrazioni
- Tagliente debole.

Grande raggio di punta

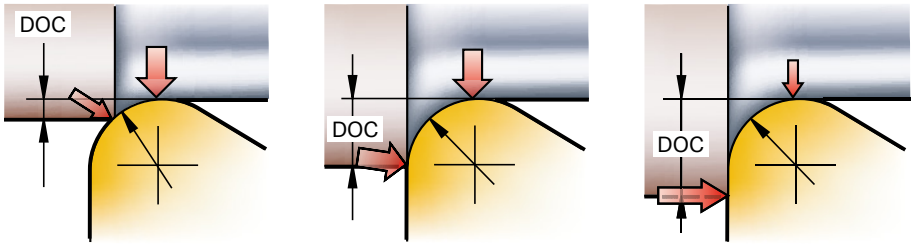
- Velocità di avanzamento elevate
- Grandi profondità di taglio
- Elevata sicurezza del tagliente
- Maggiori pressioni radiali.

Regola empirica

La profondità di taglio non dovrebbe essere inferiore al raggio di punta (RE).

Come scelta prioritaria puntare su un raggio di punta piccolo

Con un raggio di punta piccolo, è possibile mantenere al minimo le forze di taglio radiali sfruttando al contempo tutti i vantaggi del raggio di punta più grande possibile, vantaggi che si traducono in un tagliente più robusto, una rugosità superficiale migliore ed una pressione più uniforme sul tagliente.

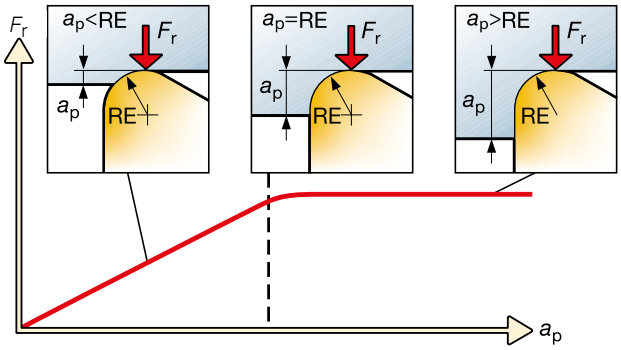


- La relazione tra il raggio di punta e la profondità di taglio (DOC) incide sulla tendenza alle vibrazioni. Scegliere un raggio di punta più piccolo rispetto alla profondità di taglio è spesso un vantaggio.

Effetti del raggio di punta e della profondità di taglio

La forza radiale esercitata sul pezzo aumenta proporzionalmente finché il raggio di punta dell'inserto non risulta inferiore alla profondità di taglio: qui si stabilizza al valore massimo.

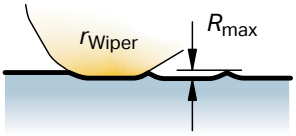
Tuttavia, con un inserto rotondo la pressione radiale non si stabilizza mai poiché il raggio di punta teorico è la metà del diametro dell'inserto (iC).



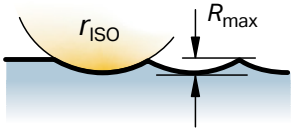
Tornitura ad elevati avanzamenti con inserti raschianti

Wiper – Informazioni generali

Inserto raschiante



Inserto tradizionale



Perché utilizzare un inserto raschiante

- Per aumentare l'avanzamento e conseguentemente la produttività
- Per aumentare la finitura superficiale con una velocità di avanzamento normale.

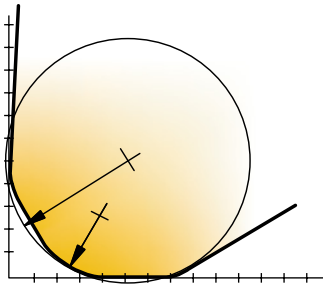
Quando utilizzare gli inserti raschianti

- Ove possibile, gli inserti raschianti devono costituire la scelta prioritaria.

Limitazioni

- La limitazione generale è data dalle vibrazioni
- Visivamente, le superfici possono apparire diverse anche se il valore della qualità superficiale misurata è eccezionale.

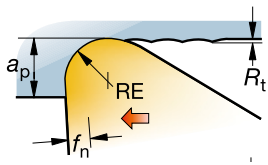
Wiper – Soluzione tecnica



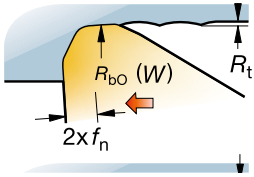
- Un tagliente raschiante è pari a 3-9 raggi.
- La superficie di contatto tra inserto e componente è maggiore con gli inserti raschianti.
- Con una superficie di contatto più lunga si ottiene una finitura superficiale migliore.
- Con una superficie di contatto più lunga si ha un aumento delle forze di taglio, pertanto l'inserto raschiante risulta più sensibile alle vibrazioni durante le lavorazioni di componenti instabili.

Confronto tra un raggio di punta normale ed un raggio di punta raschiante.

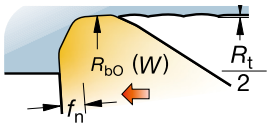
Wiper - Finitura superficiale



Inserto tradizionale



Inserto raschiante, avanzamento doppio, stessa R_a



Inserto raschiante, stesso avanzamento, metà R_a

TECHNOLOGY Wiper

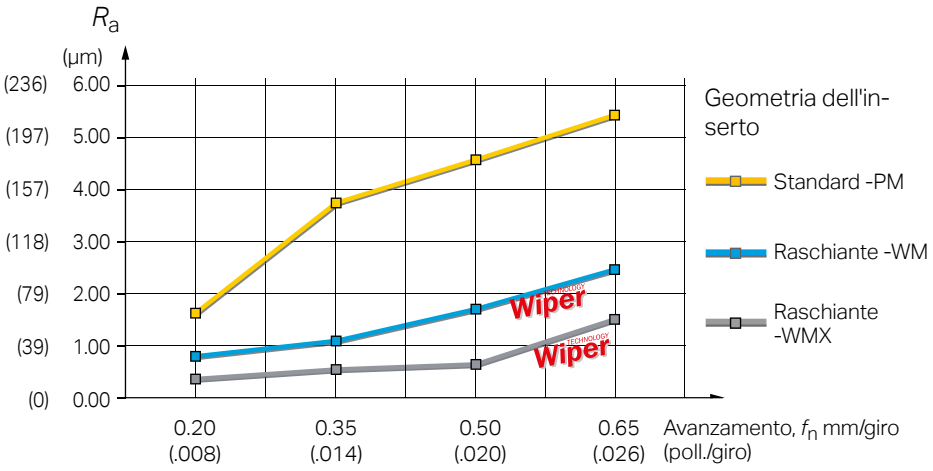
Regola empirica

- Un avanzamento doppio con un inserto raschiante permette di ottenere una superficie di qualità pari a quella ottenuta con geometrie tradizionali ed un avanzamento normale.
- A parità di avanzamento, con un inserto raschiante si ottiene una qualità superficiale doppia rispetto alle geometrie tradizionali.

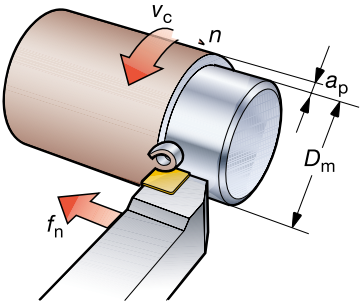
R_t = valore massimo altezza da picco a valle

R_a = media aritmetica altezza del profilo

Superficie ottenuta – inserti ISO tradizionali e raschianti

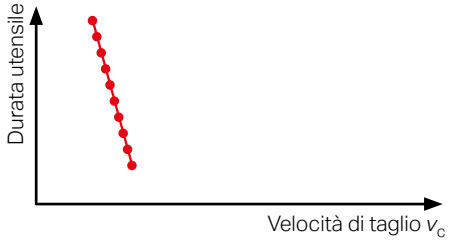


Effetto dei dati di taglio sulla durata utensile



Sfruttare le potenzialità di:

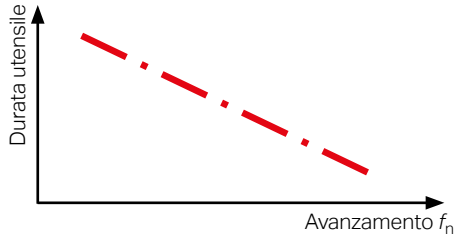
- a_p – per ridurre il numero di passate
- f_n – per ridurre il tempo di taglio
- v_c – per una maggiore durata utensile



Velocità di taglio

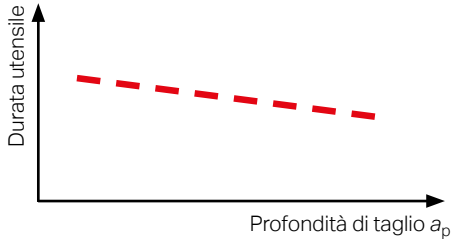
v_c – notevole incidenza sulla durata utensile.

Regolare v_c per una migliore economia



Avanzamento

f_n – minore effetto sulla durata utensile rispetto a v_c

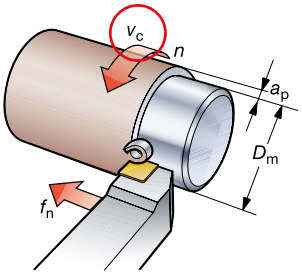


Profondità di taglio

a_p – poca incidenza sulla durata utensile

Effetti della velocità di taglio

Fattore che influisce di più sulla durata utensile



Troppo alta

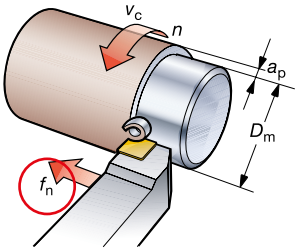
- Usura sul fianco rapida
- Finitura scadente
- Craterizzazione rapida
- Deformazione plastica.

Troppo bassa

- Tagliente di riporto
- Non economico.

Effetti della velocità di avanzamento

Fattore che influisce di più sulla produttività



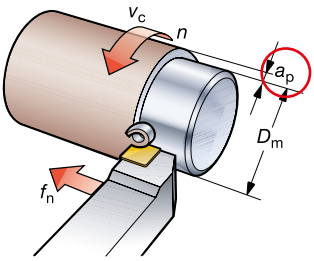
Troppo alta

- Perdita di controllo truciolo
- Finitura superficiale insoddisfacente
- Craterizzazione, deformazione plastica
- Elevato assorbimento di potenza
- Saldatura truciolo
- Martellamento truciolo.

Troppo bassa

- Stringer
- Non economico.

Effetti della profondità di taglio



Profondità eccessiva

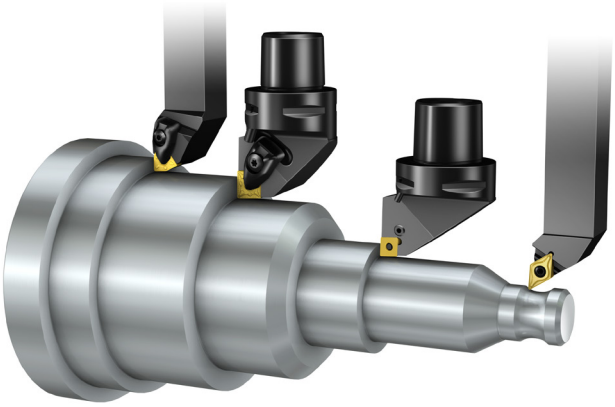
- Elevato assorbimento di potenza
- Rottura dell'inserto
- Forze di taglio più elevate

Profondità insufficiente

- Perdita di controllo truciolo
- Vibrazioni
- Calore eccessivo
- Non economico.

Tornitura esterna

Scelta degli utensili e consigli applicativi

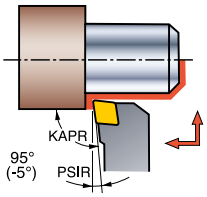


Linee guida generali

- La sicurezza di bloccaggio dell'inserto e dell'utensile è un fattore essenziale per la stabilità nella tornitura.
- I vari tipi di utensili sono definiti in base all'angolo di registrazione (attacco), alla forma ed alle dimensioni dell'inserto utilizzato.
- La scelta del sistema di portautensili si basa principalmente sul tipo di operazione.
- Un altro aspetto importante da considerare è l'uso di inserti negativi o positivi.
- Ove possibile, scegliere utensili modulari.

Quattro campi di applicazione principali

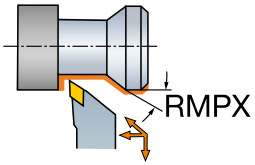
Tornitura longitudinale/sfacciatura



Operazione di tornitura più comune

- Frequentemente si usa un inserto di tipo C (80°) di forma romboidale.
- Generalmente si utilizzano utensili con angolo di registrazione di 95° e 93° (angoli di attacco di -5° e -3°).
- In alternativa agli inserti di tipo C si utilizzano inserti di tipo D (55°), W (80°) e T (60°).

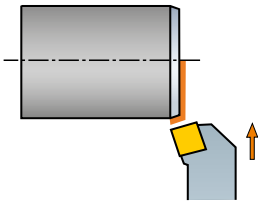
Profilatura



I fattori determinanti sono la versatilità e l'accessibilità

- Per una lavorazione soddisfacente, occorre considerare l'angolo di registrazione effettivo KAPR (angolo di attacco PSIR).
- L'angolo di registrazione più comune è di 93° (l'angolo di attacco è –3°), poiché permette di lavorare con angoli di copiatura in entrata compresi tra 22-27°.
- Le forme dell'inserto di uso più comune sono: inserti di tipo D (55°) e V (35°).

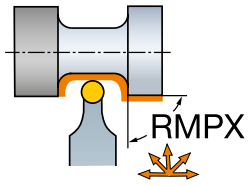
Sfacciatura



L'utensile avanza verso il centro

- Prestare attenzione alla velocità di taglio, che varia progressivamente mentre si avanza verso il centro.
- Generalmente si utilizzano angoli di registrazione di 75° e 95°/91° (angoli di attacco di 15° e -5°/-1°).
- Spesso si utilizzano inserti di tipo C (80°) ed S (90°).

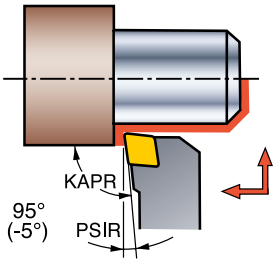
Esecuzione di tasche



Metodo per produrre o allargare scanalature poco profonde

- Gli inserti rotondi sono particolarmente indicati per la tornitura a tuffo in quanto possono essere impiegati per avanzamenti sia radiali che assiali.
- Generalmente per gli inserti rotondi si utilizzano utensili a 90° neutri.

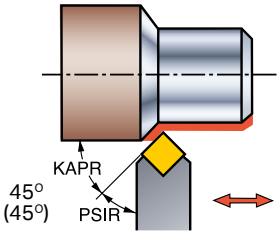
Grande angolo di registrazione (piccolo angolo di attacco)



Caratteristiche / vantaggi

- Forze di taglio direzionate verso il mandrino
- Possibilità di eseguire la tornitura contro uno spallamento
- Forze di taglio più elevate in entrata ed uscita dal pezzo
- Tendenza all'usura ad intaglio nelle superleghe resistenti al calore e nei materiali duri.

Piccolo angolo di registrazione (grande angolo di attacco)



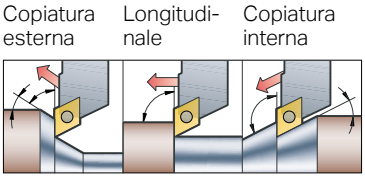
Caratteristiche / vantaggi

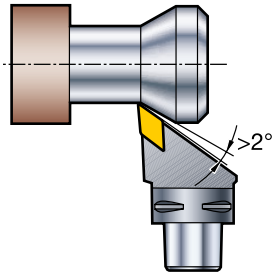
- Produzione di un truciolo più sottile
  - Migliore produttività
- Minore usura ad intaglio
- Impossibile eseguire la tornitura contro uno spallamento.

Angolo di registrazione e angolo di copiatura

Fattore importante da considerare nella tornitura di profili

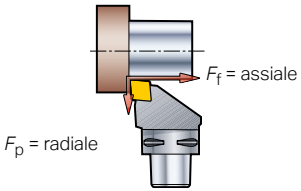
- Nella tornitura di profili, il taglio può variare in termini di profondità di taglio, spessore dei trucioli e velocità.
- Per esigenze di robustezza ed economia, è consigliabile selezionare il più grande angolo di punta possibile tra quelli disponibili ma l'angolo di punta va considerato anche in relazione all'accessibilità, per la corretta distanza tra materiale e tagliente.
- Gli angoli di punta utilizzati più spesso sono di 55° e 35°.
- Angolo di registrazione/attacco ed angolo di punta dell'inserto sono elementi ugualmente importanti per l'accessibilità. Per selezionare l'angolo di copiatura più adatto, è necessario analizzare il profilo del pezzo.
- Tra il pezzo e l'inserto, va mantenuto un angolo di taglio libero di almeno 2°.





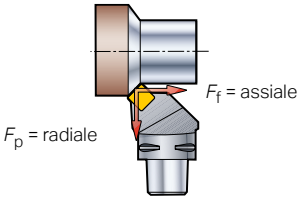
Forze di taglio assiali e radiali

Grande angolo di registrazione (piccolo angolo di attacco)



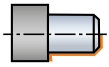
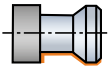
- Forze direzionate verso il mandrino. Minore tendenza alle vibrazioni.
- Forze di taglio più elevate specialmente in entrata ed uscita dal pezzo.

Piccolo angolo di registrazione (grande angolo di attacco)

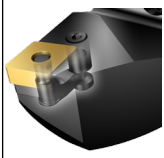
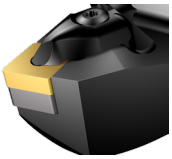
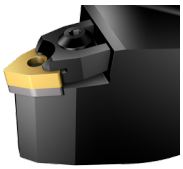
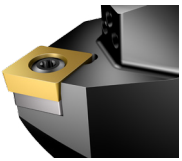


- Forze direzionate in senso sia assiale che radiale.
- Riduzione del carico sul tagliente.
- Forze direzionate in senso sia assiale che radiale
  - Tendenza alle vibrazioni.

Inserto consigliato in base all'operazione

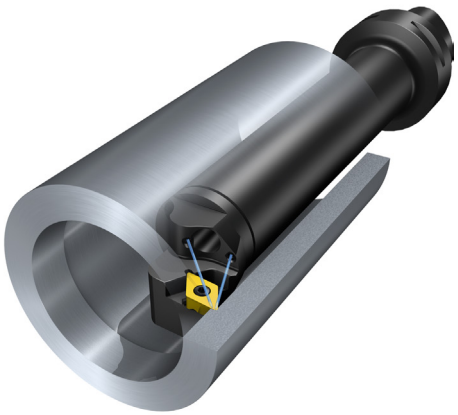
Forma di inserto ++ = Consigliato + = Alternativa	Tornitura longitudinale 	Profilatura 	Sfacciatura	Esecuzione di tasche
Romboidale 80°	++		+	
Romboidale 55°	+	++	+	
Rotondo	+	+	+	++
Quadrato	+		++	
Triangolare	+	+	+	
Trigonale 80°	+		+	
Romboidale 35°		+		

Selezione dell'angolo di spoglia inferiore dell'inserto

Leva	Bloccaggio rigido	Bloccaggio a cuneo	Bloccaggio a vite	Bloccaggio "concept"
				

Tornitura interna

Scelta degli utensili e consigli applicativi



Linee guida generali

- Nella tornitura interna (operazioni di barenatura) la gamma di utensili selezionabili è limitata dal diametro del foro e dalla lunghezza del componente.
  - Scegliere il diametro barra più grande possibile e la sporgenza dell'utensile minore possibile
  - L'evacuazione truciolo è un fattore critico per la buona riuscita della barenatura
  - Il metodo di bloccaggio ha un effetto decisivo su prestazioni e risultati
  - L'applicazione di refrigerante può migliorare l'evacuazione truciolo.

Fattore da considerare per la scelta

Geometria dell'utensile e dell'inserto

- Angolo di registrazione (attacco)
- Forma dell'inserto, negativo/positivo
- Geometria dell'inserto
- Raggio di punta
- Raggio di punta.

Evacuazione truciolo

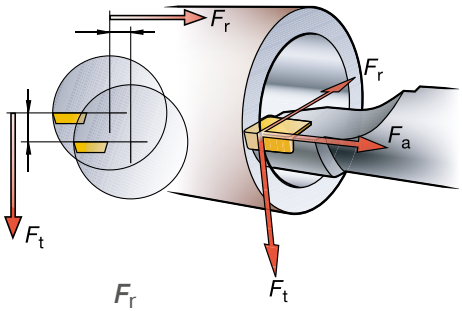
- Dimensione del truciolo
- Controllo truciolo
- Tecniche
- Refrigerante.

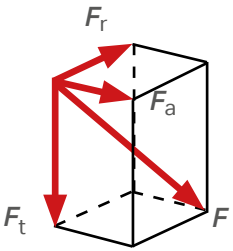
Requisiti relativi all'utensile

- Lunghezza ridotta
- Diametri maggiori
- Forma ottimizzata
- Materiali diversi dell'utensile
- Bloccaggio
- Soluzioni antivibranti.

Effetto delle forze di taglio sulla tornitura interna

Le forze di taglio radiali e tangenziali determinano flessioni della barra di alesatura





Forza di taglio tangenziale, F_t

- L'utensile viene spinto verso il basso in direzione opposta all'asse
- Determina una riduzione dell'angolo di spoglia inferiore.

Forza di taglio radiale, F_r

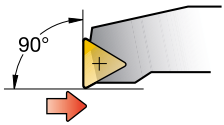
- Determina una variazione della profondità di taglio e dello spessore del truciolo
- Determina dimensioni fuori tolleranza e rischio di vibrazioni.

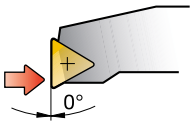
Forza di avanzamento, F_a

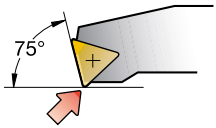
- Nella direzione di avanzamento dell'utensile.

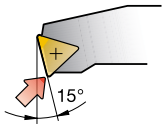
Scelta degli angoli di registrazione (attacco)

Angolo di registrazione (attacco) e forze di taglio









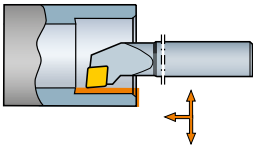
- Scegliere un angolo di registrazione vicino a 90° (angolo di attacco vicino a 0°).

- Se possibile, non scegliere un angolo di registrazione inferiore a 75° (angolo di attacco non superiore a 15°), dato che ciò comporta un drastico aumento della forza di taglio radiale F_r.

  - Meno forza in direzione radiale = minore flessione.

Quattro campi di applicazione principali

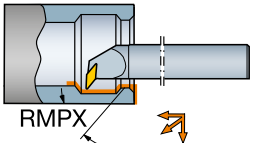
Tornitura longitudinale/sfacciatura



Operazione di tornitura interna più comune.

- Frequentemente si usa un inserto di tipo C (80°) di forma romboidale.
- Generalmente si utilizzano barre di alesatura con un angolo di registrazione (attacco) di 95° (-5°) e 93° (-3°).
- Spesso si utilizzano anche inserti di tipo D (55°), W (80°) e T (60°).

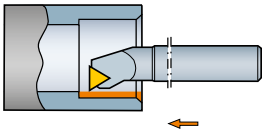
Profilatura



I fattori determinanti sono la versatilità e l'accessibilità.

- Dovrebbe essere considerato l'angolo di registrazione effettivo KAPR (angolo di attacco PSIR).
- Generalmente si utilizzano barre con angolo di registrazione (attacco) di 93° (-3°) che permettono di avere un angolo di copiatura in entrata compreso tra 22° e -27°.
- Spesso si utilizzano inserti di tipo D (55°) e V (35°).

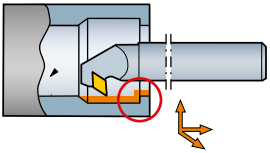
Tornitura longitudinale



Le operazioni di barenatura vengono eseguite per allargare fori preesistenti.

- Si consiglia di utilizzare un angolo di registrazione (attacco) prossimo a 90° (0°).
- Utilizzare la sporgenza utensile minore possibile.
- Spesso si utilizzano inserti di tipo C (80°), S (90°) e T (60°).

Barenatura in tirata

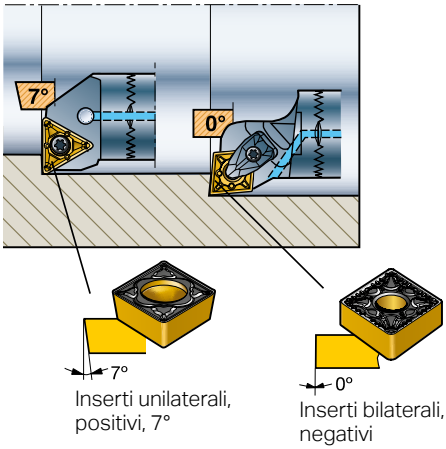


La barenatura in tirata è un'operazione di barenatura con avanzamento in direzione opposta.

- Questo metodo è utilizzato per la tornitura di spallamenti inferiori a 90°.
- Generalmente si utilizzano barre di alesatura con angolo di registrazione (attacco) di 93–3° ed inserti di tipo D (55°).

Selezione dell'angolo di spoglia inferiore dell'inserto

Gli inserti positivi generano forze di taglio inferiori e determinano flessioni dell'utensile



- Inserti con angolo di spoglia inferiore di 7°
  - Scelta prioritaria per fori piccoli e medi a partire da 6 mm (.236 poll.) di diametro.
- Per la massima economia
  - In condizioni stabili con sporgenze ridotte utilizzare inserti negativi.

Inserto consigliato in base all'operazione

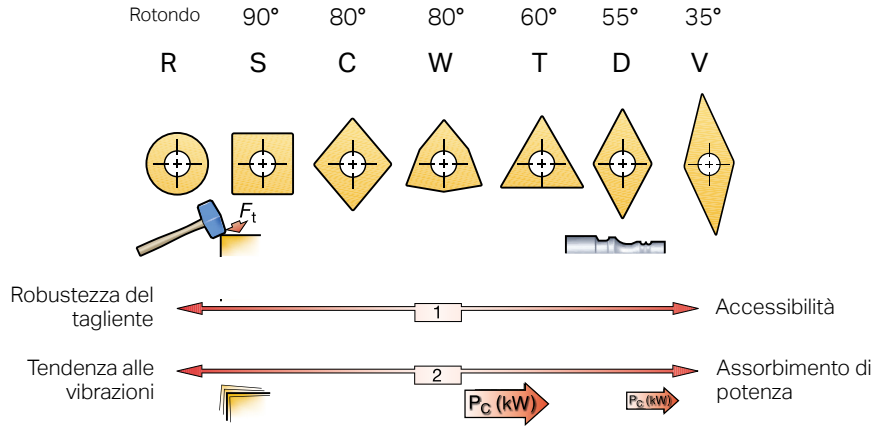
Forma di inserto ++ = Consigliato + = Alternativa	Tornitura longitudinale	Profilatura	Sfacciatura
Romboidale 80°	+		++
Romboidale 55°	+	++	+
Rotondo	+		+
Quadrato	+		
Triangolare	++		+
Trigonale 80°	+		+
Romboidale 35°		+	

Angolo di punta dell'inserto

Angolo di punta grande:
- Tagliente più robusto
- Avanzamenti elevati
- Forze di taglio più elevate
- Maggiori vibrazioni

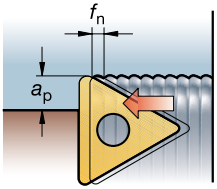
Angolo di punta piccolo:
- Maggiore accessibilità
- Minori vibrazioni
- Minori forze di taglio

Utilizzare l'angolo più piccolo con cui si ottengono robustezza ed economia accettabili.

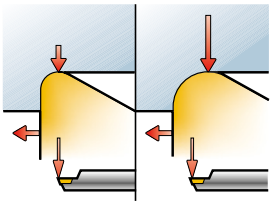


Area truciolo e raggio di punta

Forze di taglio e flessioni degli utensili



- Che sia piccola o grande, l'area del truciolo può causare vibrazioni :
  - quando è grande per le forze di taglio eccessive
  - se piccola, a causa del forte attrito tra utensile e pezzo.



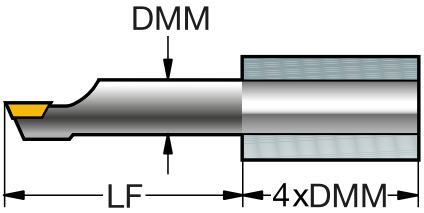
- Il rapporto tra RE (raggio di punta) e a_p (profondità di taglio) influisce sulla tendenza alle vibrazioni.
- Minore forza in senso radiale = minori flessioni.

Regola empirica!

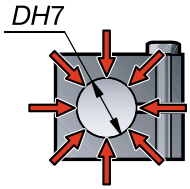
Scegliere un raggio di punta leggermente inferiore rispetto alla profondità di taglio.

Bloccaggio della barra di alesatura

Fattori critici di stabilità per prestazioni ottimizzate

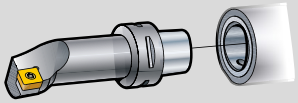


- Massimo contatto tra utensile e portautensili (struttura, tolleranza dimensionale).
- Lunghezza di bloccaggio da 3 a 4 volte il diametro barra (per equilibrare le forze di taglio).
- Robustezza e stabilità dell'attacco.



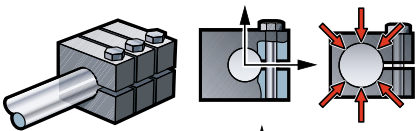
Requisiti relativi al bloccaggio utensile

Massimo contatto tra utensile e portautensili

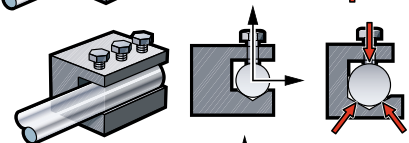


Consigliato

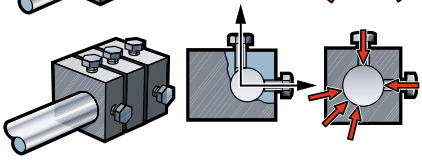
Accoppiamento Coromant Capto®



Accettabile



Non consigliato



Non consigliato

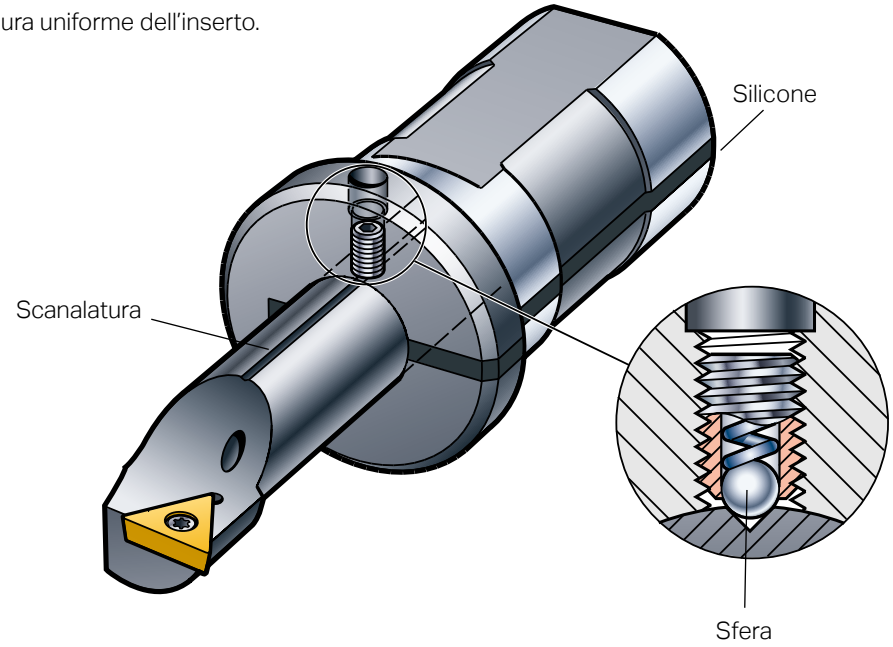
Manicotti EasyFix

Per il bloccaggio corretto di barre cilindriche

Garantisce il posizionamento corretto in altezza

Vantaggi:

- Tagliente in posizione giusta
- Azione di taglio ottimale per una finitura superficiale migliore
- Ridotto tempo di setup
- Usura uniforme dell'inserto.



Una sfera caricata a molla montata nel manicotto scatta in una scanalatura della barra garantendo il corretto posizionamento in altezza.

La scanalatura del manicotto cilindrico è riempita con sigillante siliconico che permette di utilizzare il sistema di adduzione del refrigerante esistente.

Fattori che influiscono sulla tendenza alle vibrazioni

La tendenza alle vibrazioni aumenta verso destra

Angolo di registrazione

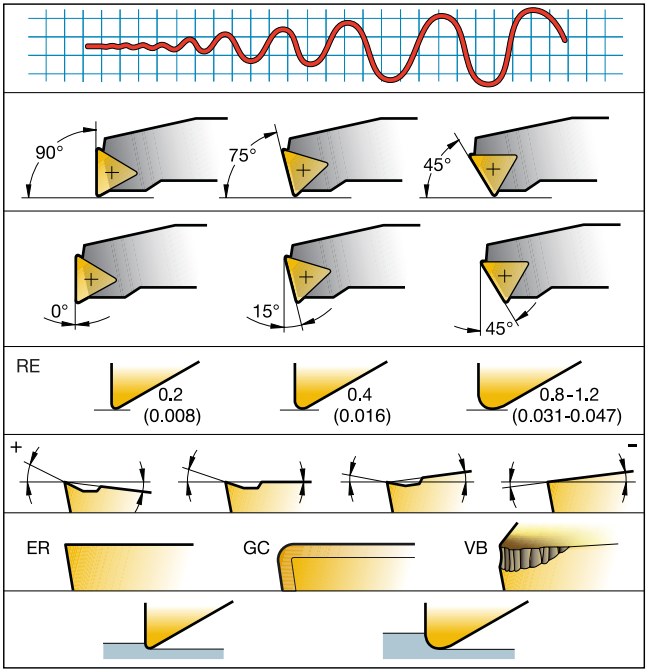
Angolo di attacco

Raggio di punta

Micro e macrogeometria

Design del tagliente

Profondità di taglio (DOC)



Angolo di attacco (registrazione)

- Scegliere un angolo di registrazione prossimo a 90° (angolo di attacco prossimo a 0°), mai superiore a 75° (angolo di attacco inferiore a 15°).

Raggio di punta

- Scegliere un raggio di punta leggermente inferiore rispetto alla profondità di taglio.

Micro e macrogeometria

- Utilizzare un inserto con forma base positiva, in quanto questa genera forze di taglio più basse rispetto agli inserti negativi.

Design del tagliente

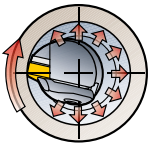
- L'usura dell'inserto cambia la distanza tra inserto e parete del foro. Ciò può incidere sull'azione di taglio e generare vibrazioni.
- Gli inserti con rivestimenti sottili, o gli inserti non rivestiti, sono da preferire, in quanto normalmente generano forze di taglio più basse.

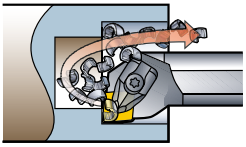
Profondità di taglio (DOC)

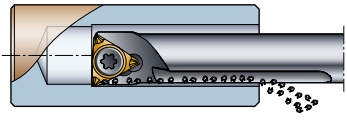
- Scegliere un raggio di punta leggermente inferiore rispetto alla profondità di taglio.

Evacuazione truciolo

L'evacuazione truciolo è un fattore critico per la buona riuscita della barenatura



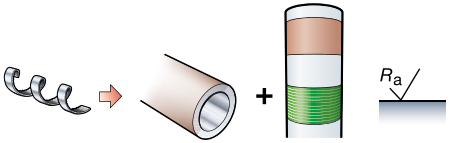




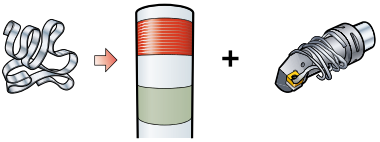
- La forza centrifuga spinge i trucioli verso la parete interna del foro.
- I trucioli possono danneggiare l'interno del foro

  - Il refrigerante interno può favorire l'evacuazione truciolo.
  - La barenatura in posizione capovolta aiuta ad allontanare i trucioli dal tagliente.

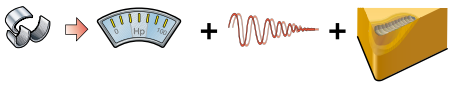
Evacuazione truciolo e controllo truciolo



Trucioli corti ed elicoidali
- Da preferire. Facili da spostare, non sollecitano troppo il tagliente durante il controllo truciolo.



Trucioli lunghi
- Possono causare problemi di evacuazione truciolo.
- Bassa tendenza alle vibrazioni ma, nella produzione automatizzata, possono provocare problemi a causa delle difficoltà di evacuazione truciolo.



Rottura trucioli difficoltosa, trucioli corti
- Elevato assorbimento di potenza e possibilità di aumento delle vibrazioni.
- Possono provocare un'eccessiva craterizzazione e determinare scarsa durata utensile ed intasamento da truciolo.

Sporgenza utensile consigliata

Sporgenza massima per i vari tipi di barre

Barra in acciaio
– fino a 4 x dmm

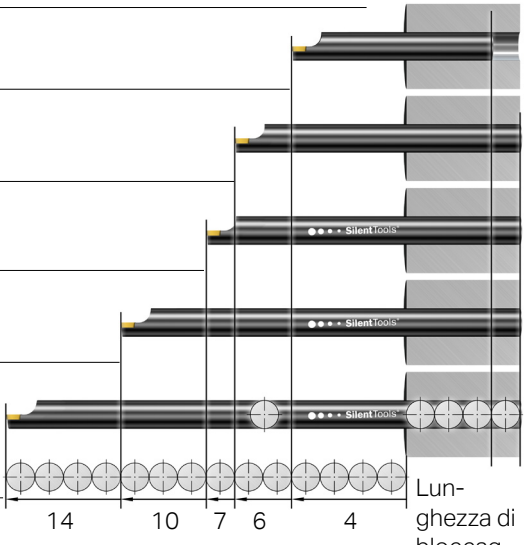
Barra in metallo duro
– fino a 6 x dmm

Barra corta, antivibrante
– fino a 7 x dmm

Barra lunga, antivibrante
– fino a 10 x dmm

Barra rinforzata con metallo duro, antivibrante
– fino a 14 x dmm

Sporgenza: ... x dmm

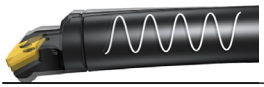


Eliminazione delle vibrazioni

Lavorazione interna con barre di alesatura antivibranti

- Aumento della produttività nei fori profondi.
- Minimizzazione delle vibrazioni.
- Possibilità di mantenere invariate o migliorare le prestazioni di lavorazione.
- Sono disponibili barre di alesatura antivibranti con diametri a partire da 10 mm (.394 poll.).
- Per sporgenza max 14 x dmm (rinforzate con metallo duro).

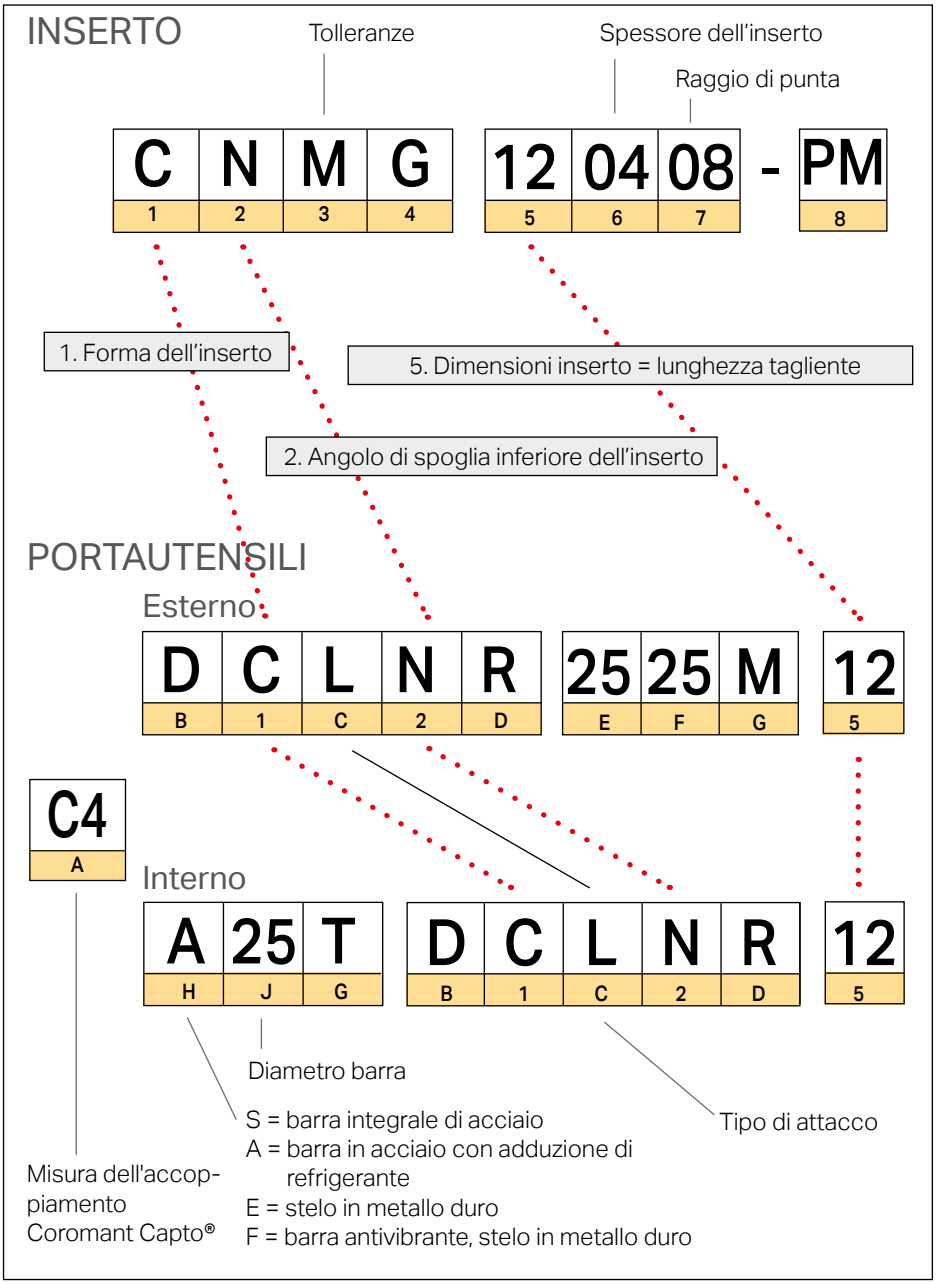
SilentTools®


Barra in acciaio

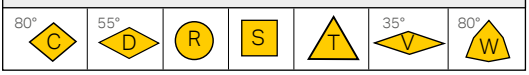
Barra antivibrante

Chiave dei codici per inserti e portautensili - sistema METRICO

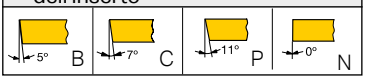
Estratto da ISO 1832:1991



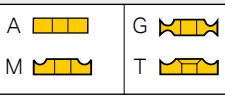
1. Forma dell'inserto



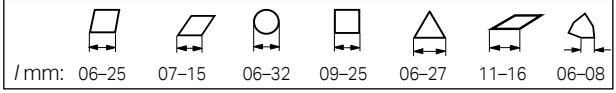
2. Angolo di spoglia inferiore dell'inserto



4. Tipo inserto



5. Dimensioni inserto = lunghezza tagliente



7. Raggio di punta

02	RE = 0.2
04	RE = 0.4
08	RE = 0.8
12	RE = 1.2
16	RE = 1.6
24	RE = 2.4

Consigli sulle scelte prioritarie relative al raggio di punta:

	T-MAX P	CoroTurn 107
Finitura	08	04
Lavorazione media	08	08
Sgrossatura	12	08

8. Geometria - opzione del produttore

Il produttore può aggiungere altri due simboli al codice per descrivere la geometria dell'inserto, ad esempio:

-PF = finitura ISO P
-MR = sgrossatura ISO M

B. Sistema di bloccaggio

Bloccaggio rigido (RC)

Bloccaggio a cuneo / staffa-cuneo

Bloccaggio a leva

Bloccaggio a vite

D. Esecuzione dell'utensile

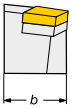
Versione destra

Versione sinistra

Neutro

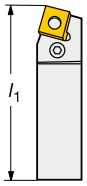
E. Altezza dello stelo

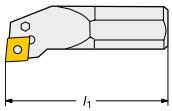
F. Larghezza dello stelo



G. Lunghezza utensile

Lunghezza utensile = l_1 in mm

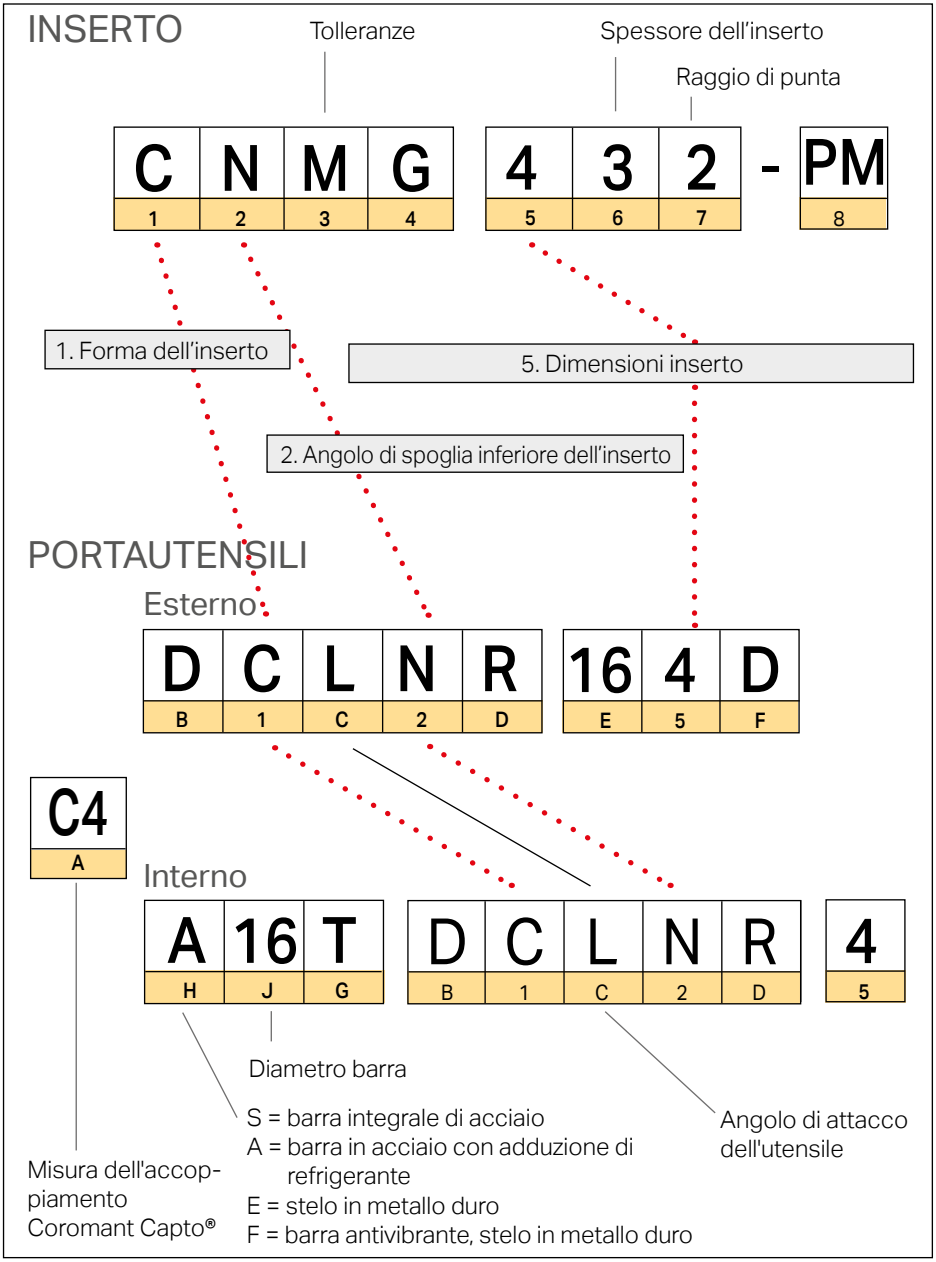




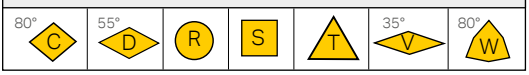
H = 100	S = 250
K = 125	T = 300
M = 150	U = 350
P = 170	V = 400
Q = 180	W = 450
R = 200	Y = 500

Chiave dei codici per inserti e portautensili - sistema in POLLICI

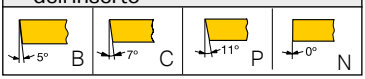
Estratto dalle norme ANSI/ISO



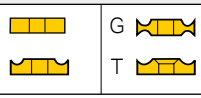
1. Forma dell'inserto



2. Angolo di spoglia inferiore dell'inserto



4. Tipo inserto



5. Dimensioni inserto

Il cerchio inscritto è indicato in 1/8"

7. Raggio di punta

0	RE = .008
1	RE = 1/64
2	RE = 1/32
3	RE = 3/64
4	RE = 1/16
6	RE = 3/32

Consigli sulle scelte prioritarie relative al raggio di punta:

	T-MAX P	CoroTurn 107
Finitura	2	1
Lavorazione media	2	2
Sgrossatura	3	2

8. Geometria - opzione del produttore

Il produttore può aggiungere altri due simboli al codice per descrivere la geometria dell'inserto, ad esempio:

-PF = finitura ISO P
-MR = sgrossatura ISO M

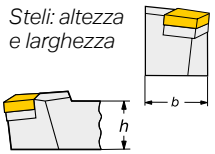
B. Sistema di bloccaggio

C	D	M,W	P	S
Bloccaggio a staffa	Bloccaggio rigido (RC)	Bloccaggio a cuneo / staffa-cuneo	Bloccaggio a leva	Bloccaggio a vite

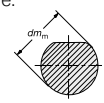
D. Esecuzione dell'utensile

E. Dimensioni stelo o barra

Steli: altezza e larghezza

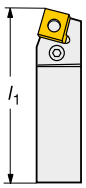


Barre:



G. Lunghezza utensile

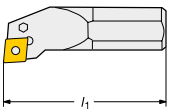
Esterno, l_1 in pollici



A = 4.0
B = 4.5
C = 5.0
D = 6.0

M = 4.0

Interno, l_1 in pollici



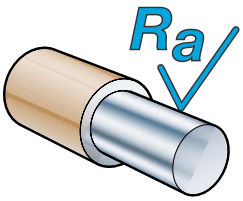
M= 6.0
R= 8.0
S= 10.0
T= 12.0
U= 14.0

Risoluzione dei problemi

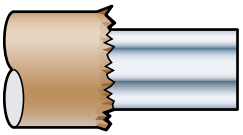
Controllo truciolo

Problema	Causa	Rimedio
Lunghi trucioli aggrovigliati che si avvolgono attorno all'utensile o al pezzo.	• Avanzamento troppo basso per la geometria scelta.	• Aumentare l'avanzamento. • Scegliere una geometria di inserto con caratteristiche di controllo truciolo migliori. • Utilizzare un utensile con adduzione di refrigerante ad alta precisione.
	• Profondità di taglio troppo bassa per la geometria scelta.	• Aumentare la profondità di taglio, oppure scegliere una geometria con caratteristiche di controllo truciolo migliori.
	• Raggio di punta troppo grande.	• Scegliere un raggio di punta più piccolo.
	• Angolo di registrazione (attacco) inadeguato.	• Selezionare un utensile con un angolo di registrazione (piccolo angolo di attacco) quanto più grande possibile, KAPR = 90° (PSIR = 0°).
Trucioli molto corti, spesso incollati tra loro, dovuti ad una difficile rottura del truciolo. La difficile rottura del truciolo spesso riduce la durata utensile o determina la rottura dell'inserto, a causa dell'elevato carico di trucioli sul tagliente.	• Avanzamento troppo elevato per la geometria scelta.	• Scegliere una geometria studiata per avanzamenti elevati, preferibilmente un inserto monolaterale. • Ridurre l'avanzamento.
	• Angolo di registrazione (attacco) inadeguato.	• Selezionare un utensile con un angolo di registrazione (grande angolo di attacco) quanto più piccolo possibile, KAPR = 45°–75° (PSIR = 45°–15°).
	• Raggio di punta troppo piccolo.	• Scegliere un raggio di punta più grande.

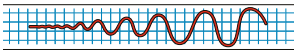
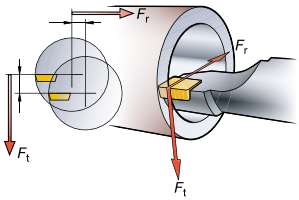
Finitura superficiale

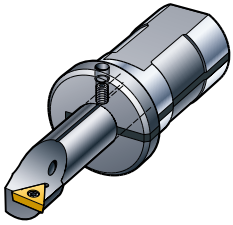
Problema	Causa	Rimedio
La superficie ha un aspetto irregolare, sia al tatto sia alla vista, e non è conforme alle tolleranze specificate. 	• I trucioli si rompono contro il componente lasciando dei segni sulla superficie finita.	• Scegliere una geometria che favorisca l'evacuazione dei trucioli. • Cambiare l'angolo di registrazione (attacco). • Ridurre la profondità di taglio. • Scegliere un sistema di utensili positivo con angolo di inclinazione neutro.
	• Superficie irregolare provocata dall'eccessiva usura ad intaglio del tagliente.	• Scegliere una qualità con maggiore resistenza all'usura da ossidazione, ad es. qualità in Cermet. • Ridurre la velocità di taglio.
	• Un avanzamento troppo alto abbinato ad un raggio di punta troppo piccolo genera una superficie ruvida.	• Scegliere un inserto raschiante oppure un raggio di punta grande. • Ridurre l'avanzamento.

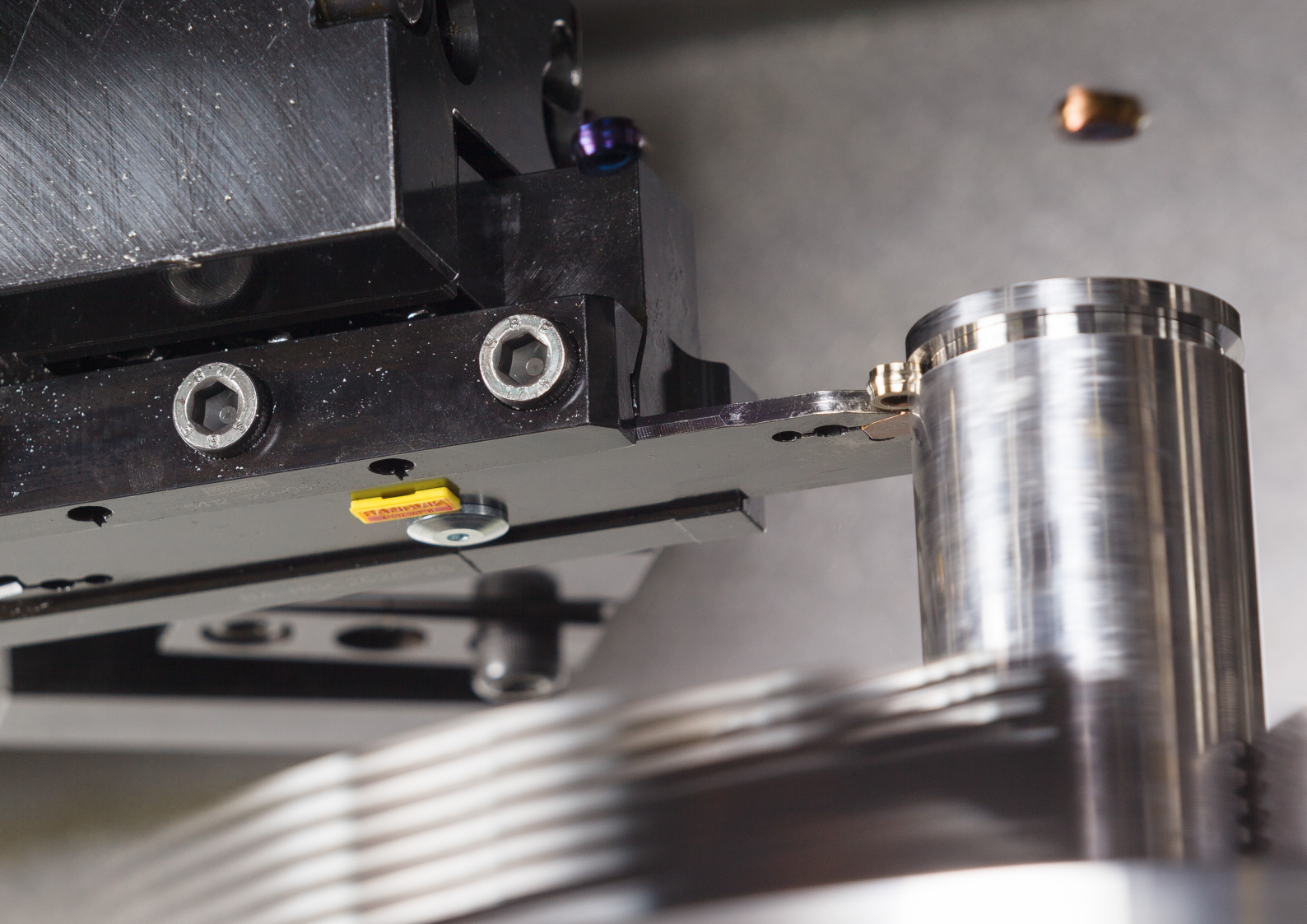
Formazione di bave

Formazione di bave alla fine della passata nella fase di uscita del tagliente dal pezzo. 	• Il tagliente non è abbastanza affilato. • L'avanzamento è troppo basso per la rotondità del tagliente.	• Utilizzare inserti con spigoli taglienti: - inserti con rivestimento PVD. - inserti rettificati a basse velocità di avanzamento, < 0.1 mm/giro (.004 poll:/giro).
	• Usura ad intaglio alla profondità di taglio, o scheggiatura.	• Utilizzare un utensile con piccolo angolo di registrazione (grande angolo di attacco).
		• Terminare la passata con uno smusso o raggio nella fase di uscita dal pezzo.

Vibrazioni

Problema	Causa	Rimedio
Elevate forze di taglio radiali dovute ai seguenti fattori:  Vibrazioni o segni prodotti da vibrazioni causati dagli utensili o dal montaggio degli utensili. Problemi tipici della lavorazione interna con barre di alesatura.	• Angolo di registrazione/attacco inadeguato.	• Selezionare il più grande angolo di registrazione possibile (KAPR = 90°) o il più piccolo angolo di attacco possibile (PSIR = 0°).
	• Raggio di punta troppo grande.	• Scegliere un raggio di punta più piccolo.
	• Arrotondamento del tagliente inadatto o smusso negativo.	• Scegliere una geometria più positiva o una qualità con rivestimento sottile o non rivestita.
	• Eccessiva usura sul fianco del tagliente.	• Scegliere una qualità più resistente all'usura oppure ridurre la velocità.
Elevate forze di taglio tangenziali dovute ai seguenti fattori: 	• La geometria dell'inserto genera forze di taglio elevate.	• Scegliere una geometria di inserto positiva.
	• La rottura del truciolo è troppo difficoltosa e genera forze di taglio elevate.	• Ridurre l'avanzamento oppure scegliere una geometria per avanzamenti elevati.
	• Forze di taglio variabili o troppo basse a causa della profondità di taglio ridotta.	• Aumentare leggermente la profondità di taglio in modo da obbligare il tagliente ad eseguire il taglio.
	• Utensile posizionato in modo non corretto.	• Controllare il posizionamento in altezza.

Problema	Causa	Rimedio
	• Instabilità dell'utensile dovuta alla sporgenza elevata.	• Ridurre la sporgenza. • Utilizzare il diametro barra più grande possibile. • Utilizzare un Silent Tool o una barra in metallo duro.
	• Il bloccaggio instabile determina una rigidità insufficiente.	• Aumentare la lunghezza di bloccaggio della barra di alesatura. • Utilizzare EasyFix per barre cilindriche.



Troncatura e scanalatura

Troncatura e scanalatura rientrano in una categoria di tornitura. La gamma di applicazioni è ampia e richiede utensili specifici.

In una certa misura, questi utensili possono essere utilizzati anche per operazioni di tornitura generale.

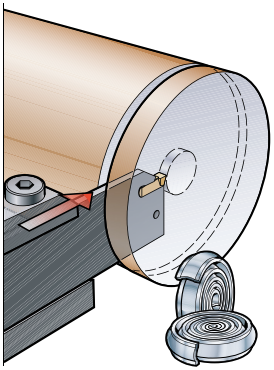
- Teoria B 4
- Procedura di selezione B 7
- Presentazione del sistema B 11
- Troncatura e scanalatura – consigli applicativi B 16
- Risoluzione dei problemi B 37

Troncatura e scanalatura - Teoria

Troncatura

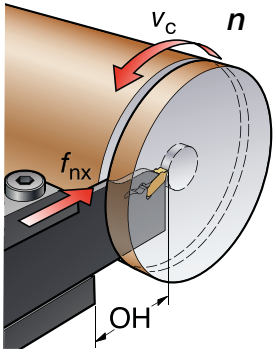
L'evacuazione dei trucioli è fondamentale

L'evacuazione dei trucioli è un fattore critico nelle operazioni di troncatura. Mentre l'utensile avanza in profondità, non rimane molto spazio per la rottura dei trucioli. La geometria del formatrucioli che il tagliente possiede deve principalmente formare il truciolo e farlo evacuare in modo scorrevole. In questo caso, prestazioni mediocri possono provocare l'ostruzione dei trucioli, una finitura superficiale insoddisfacente e l'intasamento dei trucioli stesso, con conseguente rottura dell'utensile.



- L'evacuazione dei trucioli è un fattore critico nelle operazioni di troncatura.
- Negli spazi ristretti che si creano quando gli utensili avanzano in profondità nel pezzo, il controllo truciolo è difficile.
- I tipici trucioli sono a forma di molla di orologio, più stretti della scanalatura.
- La geometria dell'inserto tende a restringere la larghezza dei trucioli.

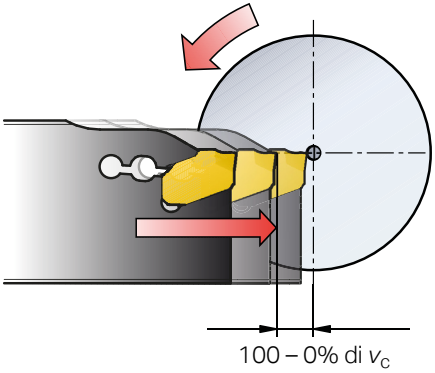
Troncatura – terminologia



n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio m/min (piedi/min)
f_{nx} = avanzamento di taglio radiale mm/giro (poll./giro)
OH = sporgenza consigliata

Valore della velocità di taglio

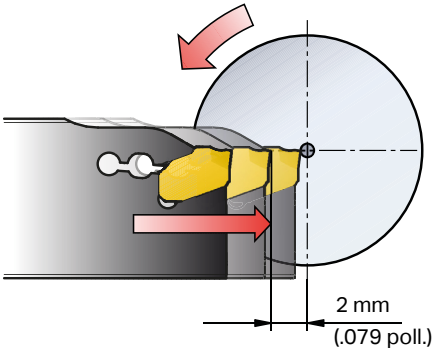
Durante la troncatura al centro, la velocità di taglio scende gradualmente a zero quando la macchina raggiunge il suo limite di giri/min.



- Al centro, la velocità di taglio scende a zero.

Riduzione dell'avanzamento verso il centro

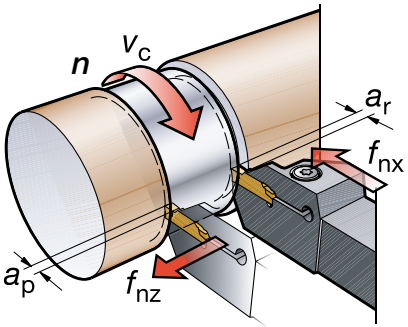
La velocità di taglio diminuisce verso l'asse del pezzo, provocando uno sbilanciamento. La velocità di avanzamento deve essere ridotta per mantenere il bilanciamento delle forze di taglio durante la troncatura. La velocità di avanzamento dovrebbe essere ridotta al valore minimo consigliato o a circa 0.05 mm/giro (.002"/giro) 2 mm (.079") prima di raggiungere l'asse.



- Iniziare il taglio con la velocità di avanzamento consigliata (v. la scatola degli inserti)
- Ridurre l'avanzamento a 0.05 mm/giro (.002"), 2 mm (.079") prima dell'asse
- La riduzione dell'avanzamento riduce le vibrazioni e aumenta la durata utensile
- La riduzione dell'avanzamento riduce anche la misura del piolo.

Scanalatura – terminologia

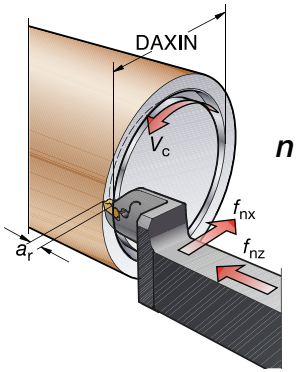
Il movimento dell'utensile in direzione X e Z è denominato avanzamento (f_n), o f_{nx}/f_{nz}, mm/giro (poll./giro). Avanzando verso il centro (f_{nx}), il numero di giri aumenta fino a raggiungere il limite del mandrino della macchina. Superato questo limite, la velocità di taglio (v_c) vc scende fino a raggiungere 0 m/min (piedi/min) al centro del componente.



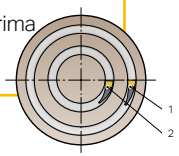
n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio m/min (piedi/min)
f_{nz} = avanzamento di taglio assiale (mm/giro) (poll./giro)
f_{nx} = avanzamento di taglio radiale mm/giro (poll./giro)
a_r = profondità della scanalatura (mm) (diam. esterno al centro o al fondo della scanalatura)
a_p = profondità di taglio in tornitura

Scanalatura frontale – terminologia

L'avanzamento ha una grande influenza su formazione del truciolo, controllo truciolo e spessore ed influisce anche sulla modalità di formazione del truciolo nella geometria dell'inserto. Nella tornitura o profilatura laterale (f_{nz}), anche la profondità di taglio (a_p) incide sulla formazione del truciolo. Il diametro della scanalatura per la prima passata deve rientrare nella gamma specificata sul portautensili utilizzato.



n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio m/min (piedi/min)
f_{nz} = avanzamento di taglio assiale (mm/giro) (poll./giro)
f_{nx} = avanzamento di taglio radiale mm/giro (poll./giro)
a_r = profondità della scanalatura (mm) (poll.)
DAXIN = diametro minimo della prima scanalatura (2 sull'illustrazione)
DAXX = diametro massimo della prima scanalatura (1 sull'illustrazione)

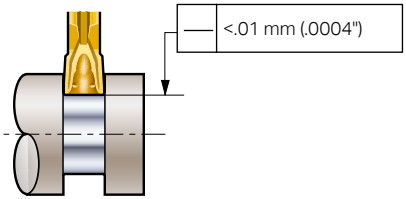


Procedura di selezione degli utensili

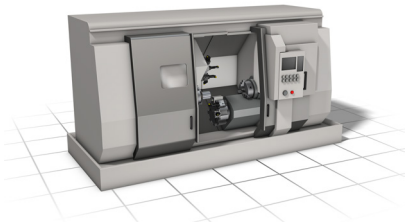
Processo di pianificazione della produzione

1 Componente

Dimensioni e qualità della scanalatura o faccia



Materiale da lavorare, evacuazione truciolo

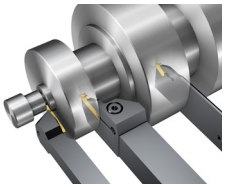


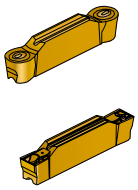
2 Macchina

Parametri della macchina

3 Scelta degli utensili

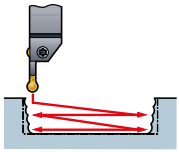
Tipo di utensile:
- Bloccaggio elastico
- Bloccaggio a vite
- Tipo di inserto

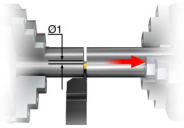




4 Consigli applicativi

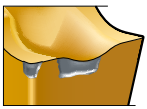
Dati di taglio, metodo, fluido da taglio, ecc.

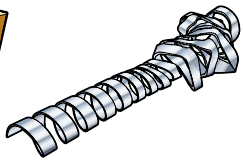




5 Risoluzione dei problemi

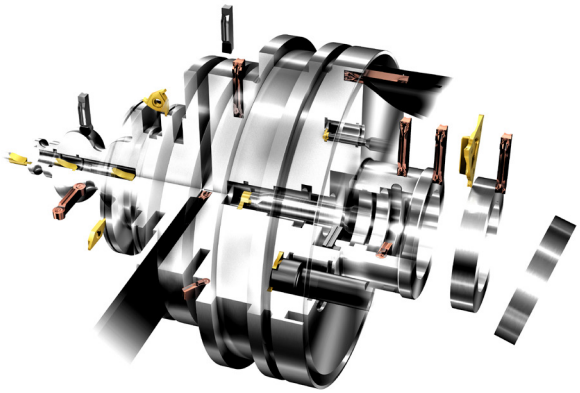
Rimedi e soluzioni





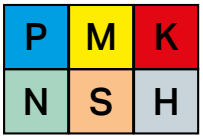
1. Componente e materiale da lavorare

Parametri da considerare



Componente

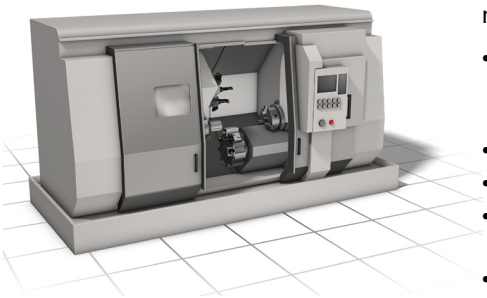
- Analizzare i requisiti dimensionali e di qualità della scanalatura o faccia da lavorare
- Tipo di operazione: troncatura, scanalatura
- Profondità di taglio
- Larghezza di taglio
- Raggio di punta.



Materiale

- Lavorabilità
- Controllo truciolo
- Durezza
- Elementi leganti.

2. Parametri della macchina



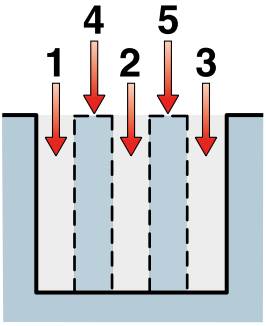
Fattori importanti da considerare relativamente alla macchina:

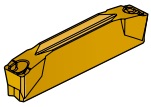
- Stabilità, potenza e coppia, soprattutto per i grandi diametri, potenza e coppia, soprattutto per i grandi diametri
- Bloccaggio del componente
- Interfaccia torretta
- Tempi di cambio degli utensili/numero di utensili nella torretta
- Evacuazione truciolo
- Fluido da taglio e refrigerante.

3. Scelta degli utensili

Esempi di diversi metodi di lavorazione

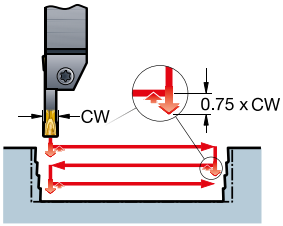
Scanalatura a passata multipla

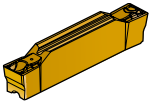




- La scanalatura a passata multipla è il metodo migliore per eseguire la sgrossatura, quando la profondità è superiore alla larghezza.
- Realizzare una forcella. Ciò migliorerà il deflusso dei trucioli e aumenterà la durata utensile.

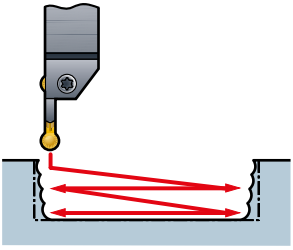
Tornitura a tuffo

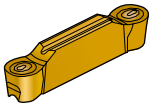




- La tornitura a tuffo è la scelta migliore quando si lavora acciaio e acciaio inossidabile e quando la larghezza della scanalatura è superiore alla profondità.
- Buon controllo truciolo.

Lavorazione di piani inclinati

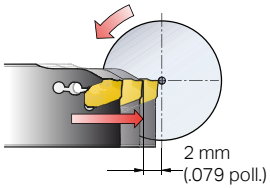


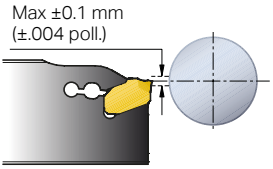


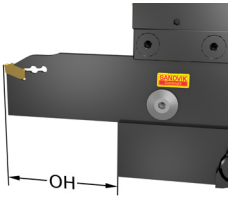
- La lavorazione di piani inclinati evita vibrazioni e minimizza le forze radiali.
- Gli inserti rotondi sono quelli più forti attualmente disponibili.
- Raddoppia il numero di tagli/passate.
- Scelta prioritaria sulle superleghe resistenti al calore (HRSA). Riduzione dell'usura ad intaglio.

4. Consigli applicativi

Considerazioni applicative



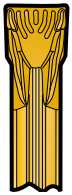




- Il posizionamento in altezza è importante, ±0.1 mm (±.004 poll.).
- Velocità di avanzamento consigliata 0.05 mm (.002 poll.) / giro circa 2 mm (.079 poll.) prima del centro.
- Utilizzare la sporgenza più corta possibile, OH mm (poll.).
- Massima altezza sulla lama per ottimizzare la rigidità alla flessione.
- Utilizzare refrigerante per migliorare il deflusso dei trucioli.

5. Risoluzione dei problemi

Alcuni aspetti da considerare



Usura dell'inserto e durata utensile

- Controllare il modello di usura e, se necessario, modificare di conseguenza i dati di taglio.

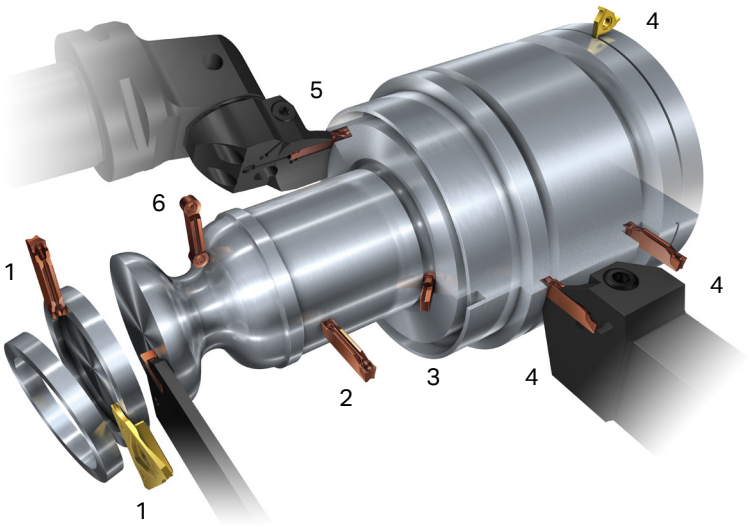
Per migliorare la formazione dei trucioli e ridurre l'usura degli utensili

- Utilizzare il formatrucioli raccomandato.
- Utilizzare un angolo frontale neutro.
- Controllare il posizionamento in altezza.
- Utilizzare fluido da taglio.

Presentazione del sistema

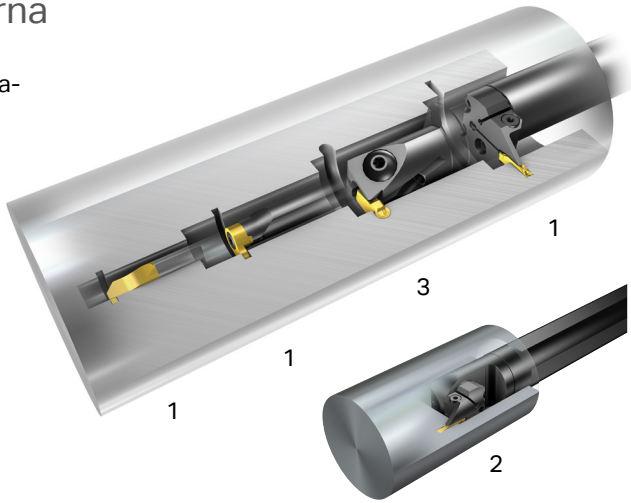
Troncatura e scanalatura esterna

1. Troncatura di barre e tubi
2. Tornitura e lavorazione di recessi
3. Esecuzione di scarichi
4. Scanalatura a profondità progressiva
5. Scanalatura frontale
6. Profilatura

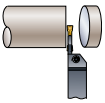
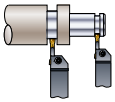
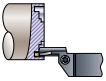
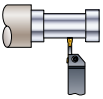
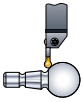


Scanalatura interna

1. Scanalatura e pre-troncatura
2. Scanalatura frontale
3. Profilatura



Sistemi diversi

Applicazione \ Tipo di inserto		CoroCut2	CoroCut1	CoroCut3	CoroCut QD	CoroCut QF	Circlip 266
Troncatura (separazione)		○ Lav. media	○ Profonda	○ Poco profonda	○ Profonda		
Scanalatura		○	○		○		
Scanalatura frontale		○	○			○	
Tornitura		○	○				
Profilatura		○	○				
Esecuzione di scarichi		○			○		
Scanalatura di sedi di anelli elastici		○		○			○

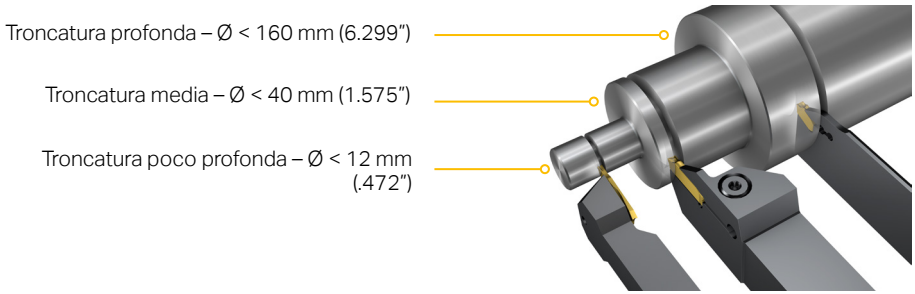
○ Scelta prioritaria

○ Scelta secondaria

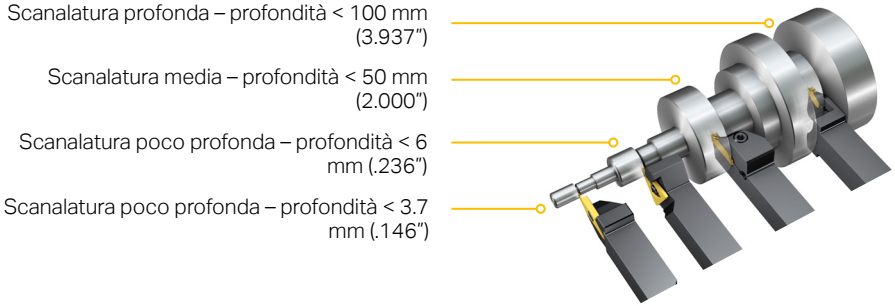
Troncatura e scanalatura esterna

Sistemi diversi

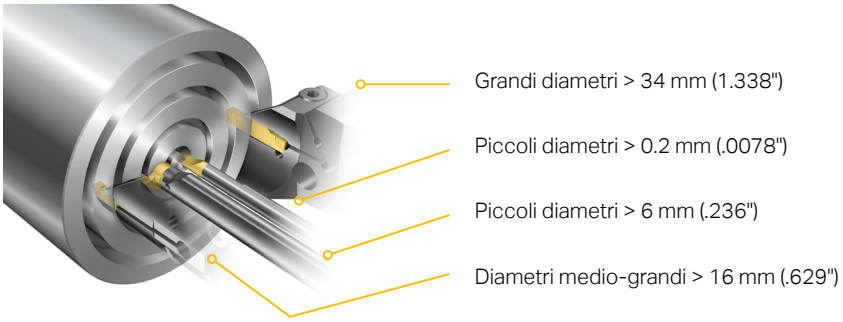
Troncatura esterna – gamma diametri



Scanalatura – gamma profondità



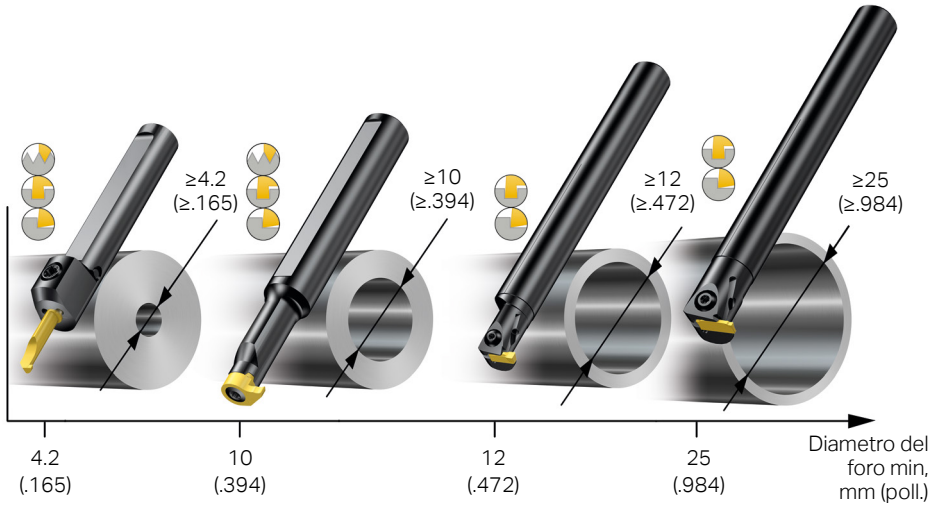
Scanalatura frontale – gamma diametri



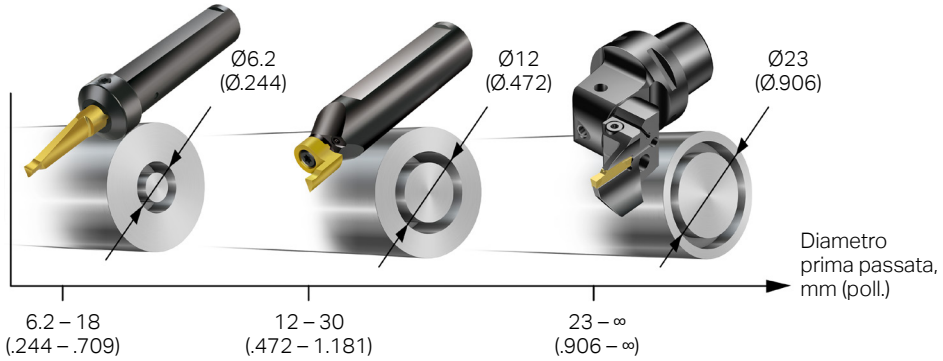
Troncatura e scanalatura interna

Sistemi diversi

Scanalatura interna – diametro min. del foro

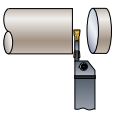
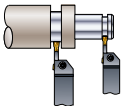
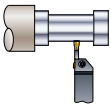
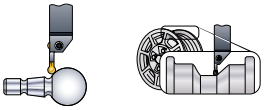
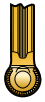


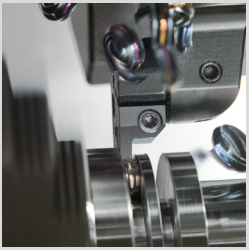
Scanalatura frontale – Gamma diametri foro

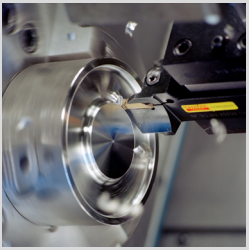


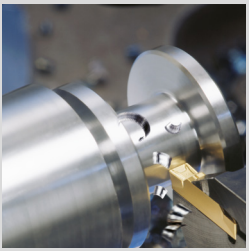
Inserti

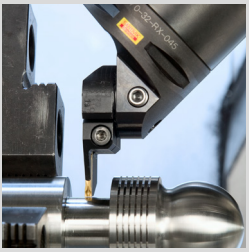
Presentazione della geometria

Applicazione / Condizioni operative	 Troncatura (separazione)	 Scanalatura	 Tornitura	 Profilatura
Finitura	**CF**	**GF**	**TF**	
Lav. media	**CM**	**GM**	**TM**	**RM**  **AM**
Sgrossatura	**CR**			
Ottimizzazione				**RO**
	CS			**RS**
		GE		**RE**









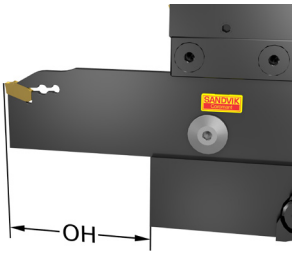
Troncatura e scanalatura e consigli applicativi

- Troncatura e scanalatura e consigli applicativi B 17
- Troncatura e consigli applicativi B 22
- Scanalatura generale e consigli applicativi B 26
- Scanalatura di sedi di anelli elastici e consigli applicativi B 28
- Scanalatura frontale e consigli applicativi B 29
- Profilatura e consigli applicativi B 32
- Tornitura e consigli applicativi B 34
- Esecuzione di scarichi e consigli applicativi B 36

Sporgenza dell'utensile e flessione del pezzo

Per migliorare la stabilità, è consigliabile minimizzare sempre la sporgenza degli utensili. Nelle operazioni di troncatura e scanalatura, vanno considerate profondità di taglio e larghezza della scanalatura e ciò significa dover spesso sacrificare la stabilità per rispondere ai requisiti di accessibilità.

Migliore stabilità

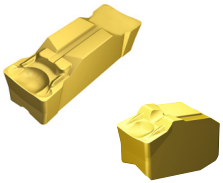


- La sporgenza (OH) deve essere più piccola possibile
- Le dimensioni della sede dovrebbero essere le più grandi possibili

Lavorazione interna

Tipo di stelo:

- Barre in acciaio ≤3 x dmm
- Barre in acciaio antivibranti ≤5 x dmm
- Barre in metallo duro ≤5 x dmm
- Barre antivibranti rinforzate con metallo duro, fino a 7 x dmm.

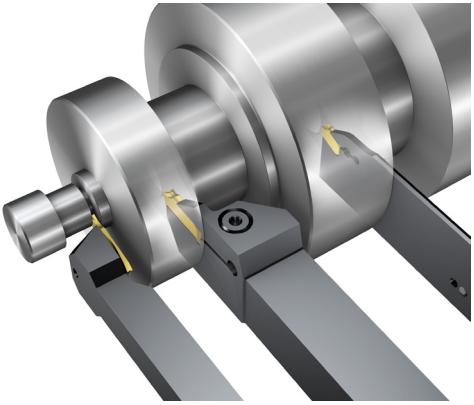


Inserti:

- Usare la più piccola larghezza possibile
- Utilizzare geometrie di taglio leggero.

Parametri di selezione degli utensili

Considerazioni sul sistema



Troncatura profonda

Troncatura poco profonda

Troncatura media

Troncatura profonda

- La scelta prioritaria è costituita da lame con bloccaggio elastico ed inserti ad un tagliente.

Troncatura media

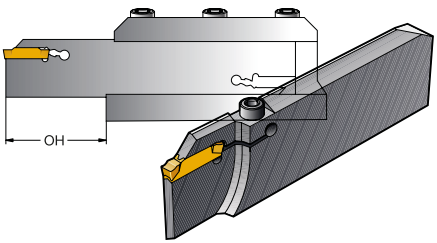
- La scelta prioritaria per la troncatura media è costituita da utensili con inserti a 2 taglienti.

Troncatura poco profonda

- Per la troncatura economica nella produzione in serie, utilizzare inserti a 3 taglienti.

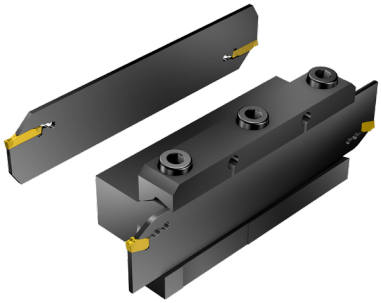
Considerazioni generali sui portautensili

Blocco portautensili con lama a bloccaggio elastico per la regolazione della sporgenza dell'utensile.



- Sporgenza più corta possibile, OH mm (poll.)
- Massimo stelo portautensili
- Massima altezza
- Massima larghezza della lama.

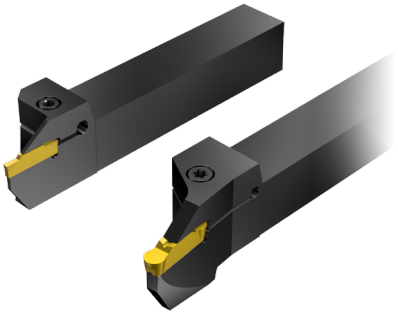
Lame con bloccaggio elastico



Caratteristiche e vantaggi

- Cambio degli inserti più rapido
- Taglio di grandi diametri
- Regolabilità
- Scanalatura profonda
- Doppia sede inserto
- Solo avanzamento radiale
- Refrigerante ad alta precisione

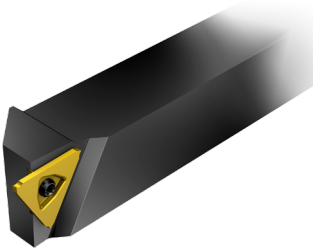
Utensili con bloccaggio a vite o elastico



Caratteristiche e vantaggi

- Piccoli diametri
- Scanalatura poco profonda
- Avanzamento radiale e assiale
- Maggiore rigidità
- Singola sede inserto
- Refrigerante ad alta precisione

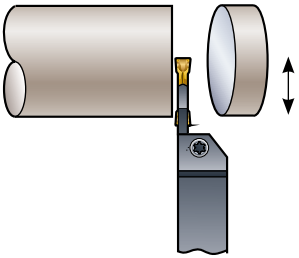
Utensili con bloccaggio a vite per inserti a 3 taglienti



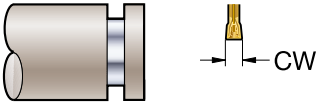
Caratteristiche e vantaggi

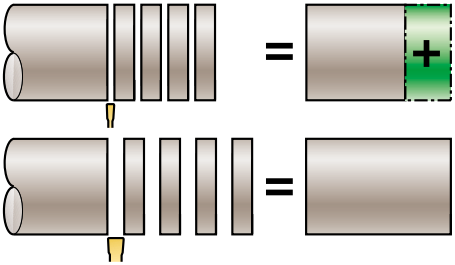
- Larghezza degli inserti estremamente ridotta
  - scanalatura fino a 0.5 mm (.020")
  - troncatura fino a 1 mm (.039").
- Profondità di taglio fino a 6 mm (.236").
- Un solo utensile per inserti di tutte le larghezze.
- Tolleranza di riposizionamento inserti molto stretta.
- La scelta per la produttività, 3 taglienti.

Troncatura di barre



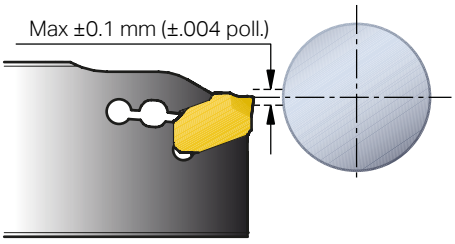
Utilizzare l'inserto più stretto possibile:
- per risparmiare materiale
- per minimizzare la forza di taglio
- per minimizzare l'inquinamento ambientale.





Risparmio di materiale

Posizionamento dell'utensile

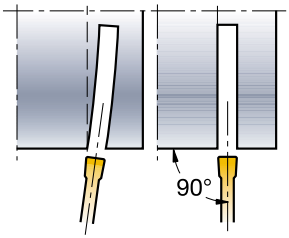


Utilizzare uno scarto massimo di ±0.1 mm (±.004 poll.) rispetto all'asse.

Tagliente troppo alto
- La distanza diminuisce.
- Il tagliente si rompe per sfregamento.

Tagliente troppo basso
- L'utensile lascerà materiale al centro (piolo).

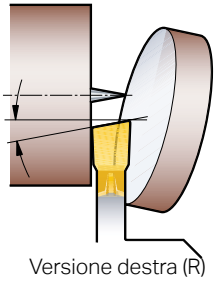
Posizionamento dell'utensile

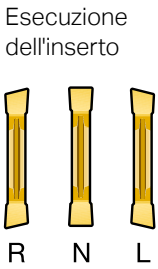


Montaggio a 90° dell'utensile

- Superficie perpendicolare
- Riduzione delle vibrazioni.

Esecuzione dell'inserto

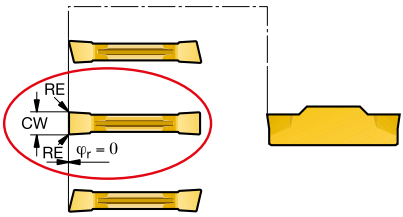




Tre tipi di inserto con differenti angoli di registrazione:
- Versione destra (R)
- Neutro (N)
- Versione sinistra (L).

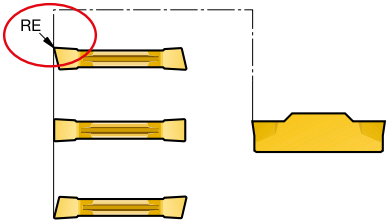
Geometria dell'inserto

Angolo di registrazione neutro



- Maggiore robustezza
- Maggiore avanzamento/produttività
- Migliore finitura superficiale
- Taglio più diritto
- Il piolo rimane sul pezzo che cade.

Raggio di punta piccolo/grande

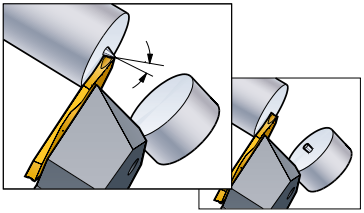


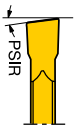
Piccolo raggio di punta
- Piolo più piccolo
- Migliore controllo truciolo
- Minore velocità di avanzamento.

Grande raggio di punta
- Maggiore velocità di avanzamento
- Maggiore durata utensile.

Troncatura

Riduzione del piolo utilizzando differenti angoli frontali



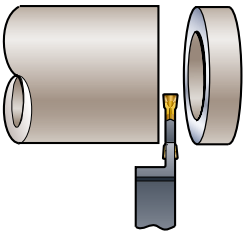


Esempio di angoli frontali su inserti a 1, 2 e 3 taglienti:
KAPR = 95°, 98°, 100°, 102°, 105°, 110°
(PSIR = 5°, 8°, 10°, 12°, 15°, 20°)

- Scegliere l'angolo frontale destro o sinistro per controllare piolo o bave.
- Quando l'angolo frontale viene:
  - aumentato, pioli e bave diminuiscono
  - diminuito, il controllo truciolo e la durata utensile migliorano.
- La forza centrifuga espelle sempre il componente troncato
  - L'utensile lascia materiale al centro (piolo).

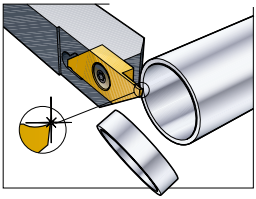
Nota!
Un inserto angolato frontalmente consente un minore controllo truciolo, data la direzione di deflusso dei trucioli (un inserto neutro spinge i trucioli direttamente fuori dalla scanalatura).

Troncatura di tubi



Per risparmiare materiale e minimizzare la forza di taglio e l'impatto ambientale, utilizzare inserti con la minore larghezza possibile (CW).

Troncatura di tubi a parete sottile



Verificare che le forze generate siano quanto più basse possibile. Usare inserti con la minima larghezza possibile e i taglienti più affilati.

Selezione degli utensili - riepilogo

Consigli generali:

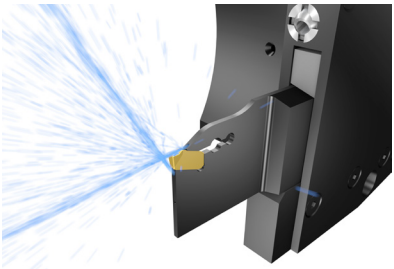
- Inserti neutri
- Inserti con la minore larghezza possibile
- Portautensili più grandi possibile.

Punti da considerare:

- Profondità di taglio
- larghezza inserto
- Angolo frontale
- Raggio di punta.

Utilizzare fluido da taglio

Il fluido da taglio svolge una funzione importante perché lo spazio è spesso ristretto e ostruito dai trucioli. Fondamentale quindi utilizzare sempre il refrigerante in grandi quantità e dirigerlo sul tagliente per l'intera operazione.



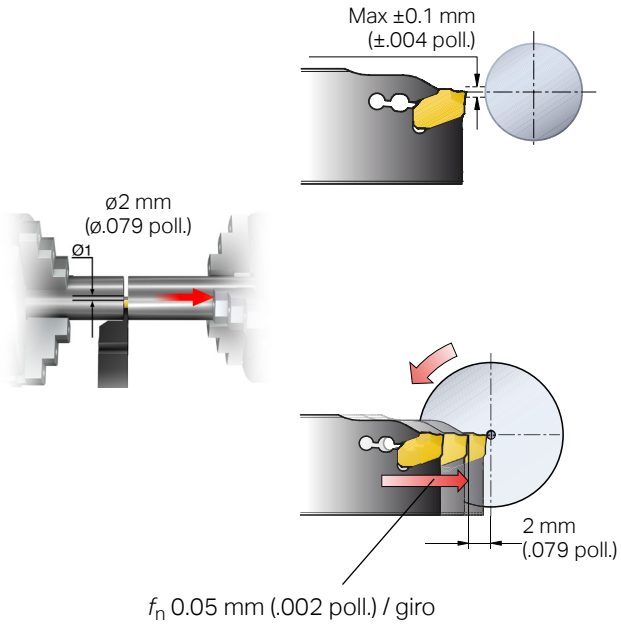
Applicazione:

- Utilizzare quantità abbondanti di refrigerante
- Direttamente sul tagliente
- Refrigerante ad alta precisione.

Risultato:

- Favorisce la formazione dei trucioli
- Previene l'intasamento da truciolo
- Aumenta la durata utensile.

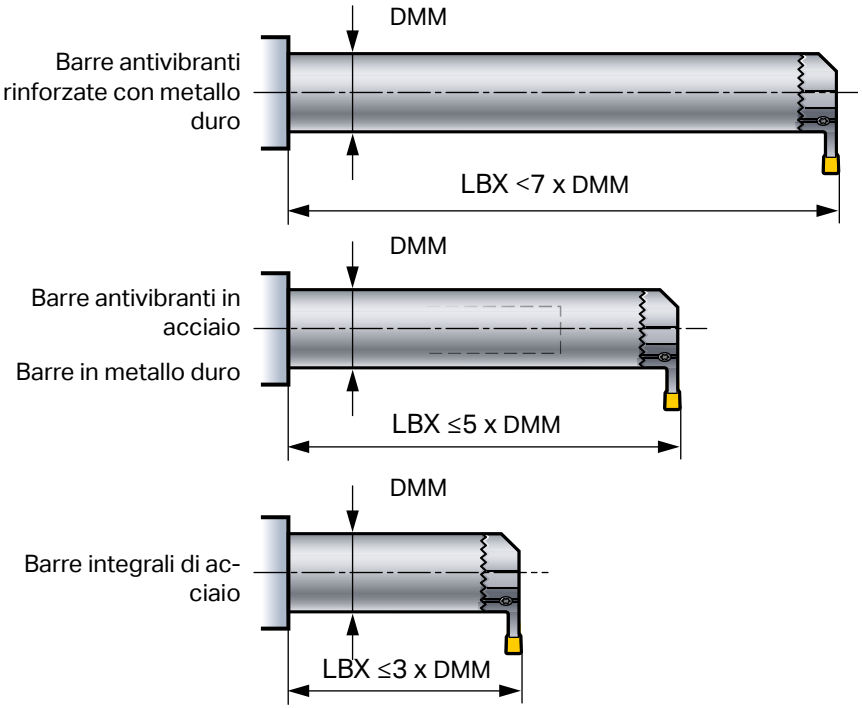
Suggerimenti pratici



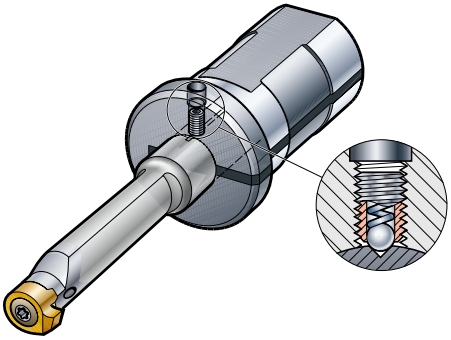
- Il posizionamento in altezza è importante, ±0.1 mm (±.004 poll.).
- Se si utilizza il contromandrino, estrarre il componente a circa 2 mm (079 poll.) prima del centro.
- Velocità di avanzamento consigliata 0.05 (.002 poll.) / per giro a circa 2 mm (.079 poll.) prima del centro – anche per la troncatura di tubi.

Raccomandazioni per le soluzioni con barre di alesatura

Sporgenza consigliata

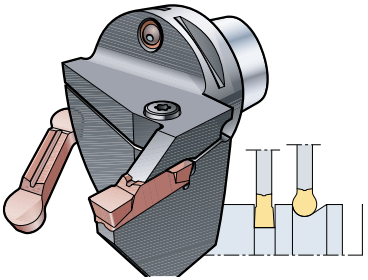


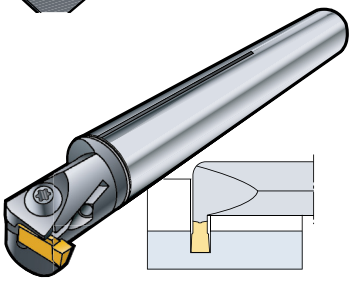
Manicotti EasyFix



Per una lavorazione di precisione, con meno vibrazioni e altezza accurata, utilizzare i manicotti di bloccaggio EasyFix.

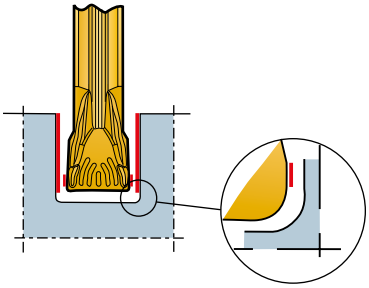
Scanalatura generale



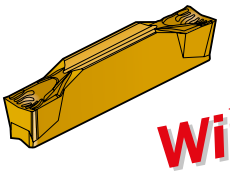


- La lavorazione a passata singola è il metodo più economico e produttivo per realizzare scanalature.
- Se la profondità della scanalatura è superiore alla larghezza, il metodo migliore per la sgrossatura è la scanalatura a passata multipla.
- Per le operazioni di scanalatura, è consigliabile scegliere un utensile con bloccaggio a vite o elastico.

Scanalatura a passata singola

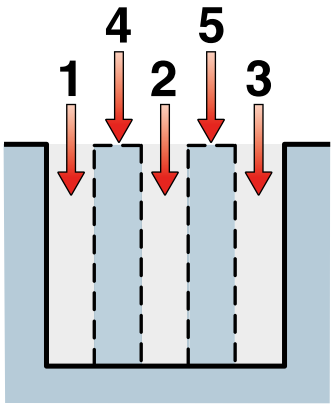


- Metodo economico e produttivo per realizzare scanalature.
- La geometria di finitura ha una tolleranza di larghezza di ±0.02 mm (±0.0008 poll.) e lavora bene a bassi avanzamenti.
- Gli inserti raschianti conferiscono alla superficie, sul lato della scanalatura, una qualità estremamente elevata.



TECHNOLOGY Wiper

Scanalatura a passata multipla

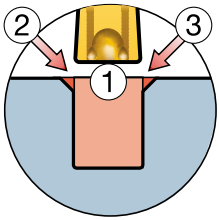


- Il metodo migliore per la sgrossatura quando la profondità è superiore alla larghezza.
- Utilizzare la larghezza di inserto per eseguire scanalature complete e poi rimuovere i dischi.

Suggerimenti pratici

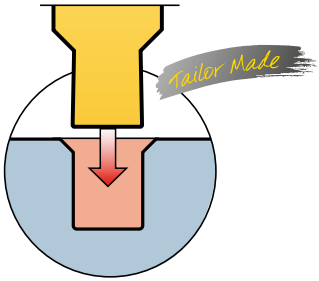
Quando si devono eseguire scanalature di alta qualità, sono spesso necessari angoli smussati.

A



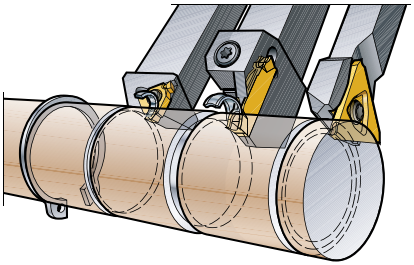
- Un modo è quello di utilizzare gli angoli sull'inserto, ad esempio quelli di un inserto per scanalatura di finitura, per smussare (v. illustrazione A).

B



- Il modo migliore per eseguire scanalature con smusso nella produzione in serie è quello di ordinare un inserto Tailor Made con l'esatta forma dello smusso (v. illustrazione B).

Scanalatura di sedi di anelli elastici



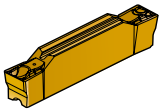
Gli anelli elastici su alberi e componenti degli assi sono molto comuni.

- La scanalatura di sedi di anelli elastici può essere eseguita con inserti a tre taglienti o inserti di scanalatura bitaglienti.
- Per la scanalatura interna, esiste anche una vasta scelta di inserti e barre di alesatura.

Sistemi tra cui scegliere

Inserti a 3 taglienti

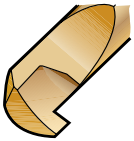
Inserti a 2 taglienti



- Per migliorare l'economia, utilizzare inserti a 3 taglienti di larghezza compresa tra 1.00 e 3.18 mm (0.039 - 0.125 poll.).
- Oppure inserti a 2 taglienti di larghezza compresa tra 1.50 e 6.00 mm (0.059 - 0.236 poll.).

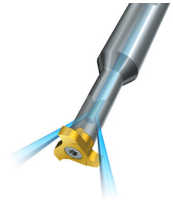
Inserti interni

Inserti a minibarra in metallo duro



- Per i fori di almeno 10 mm (0.394 poll.) di diametro e con anelli elastici di larghezza rientrante nel campo 1.10 - 4.15 mm (0.043 - 0.163 poll.), sono disponibili gli inserti interni.
- Il diametro minimo dei fori per le minibarre in metallo duro è di 4.2 mm (.165 poll.) con anelli elastici di larghezza rientrante nel campo 0.78 - 2.00 mm (0.031 - 0.079 poll.).

Interno



Diametro fresa
9.7 – 34.7 mm
(.382 - 1.366 poll.)

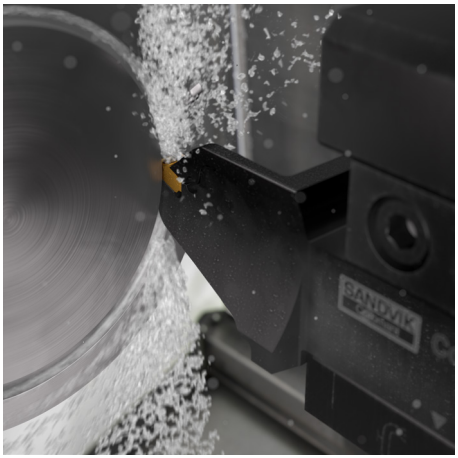
Interno/esterno

Diametro fresa
39 – 80 mm
(.1.535 - 2.480 poll.)

La fresatura è una alternativa per i componenti non rotanti

- La larghezza degli anelli elastici per le frese di diametro
  9.7 – 34.7 mm (0.382 - 1.366 poll.) è 0.70 - 5.15 mm (0.028 - 0.203 poll.).
- La larghezza degli anelli elastici per le frese di diametro
  39 – 80 mm (1.535 - 2.480 poll.) è 1.10 - 5.15 mm (0.043 - 0.203 poll.).

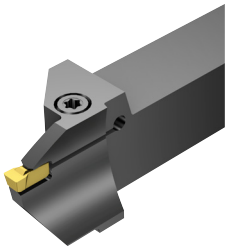
Scanalatura frontale



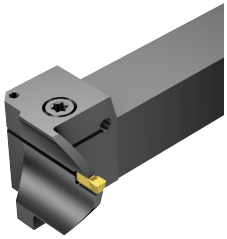
L'esecuzione di scanalature assiali sulle facce di un componente richiede utensili specifici.

- La corretta curvatura sull'utensile dipende dal raggio del pezzo da lavorare.
- Per scegliere l'utensile, è necessario considerare sia il diametro interno che quello esterno della scanalatura.

Utensili per scanalatura frontale



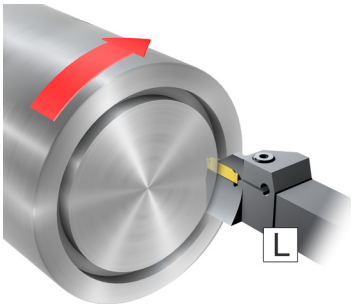
- Utensile ricurvo per scanalatura frontale, stelo a 0°.



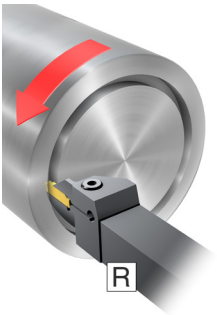
- Utensile ricurvo per scanalatura frontale, stelo a 90°.

- Le lame di taglio intercambiabili permettono di realizzare utensili speciali partendo da quelli standard.

Scelta di utensili R e L in base al senso di rotazione



Utensile sinistro (L)

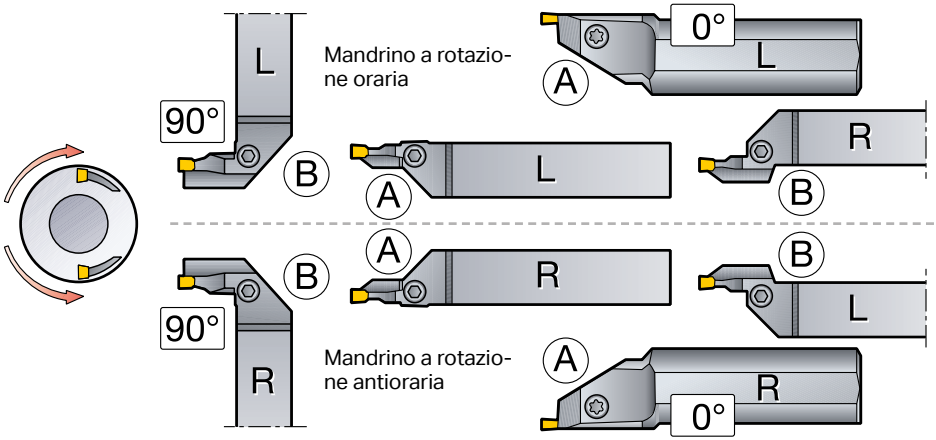


Utensile destro (R)

- L'utensile avanza assialmente verso la superficie finale del pezzo.
- L'utensile deve essere adattato al raggio di curvatura della scanalatura.
- Per migliorare il controllo truciolo, lavorare il diametro più grande e procedere verso l'interno.

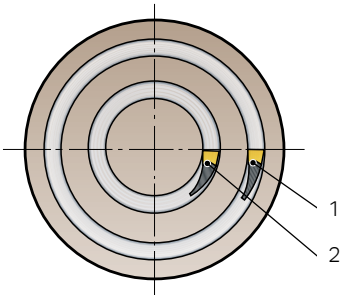
Scelta di curvatura A o B, utensile destro o sinistro

Scegliere l'utensile corretto – curvatura A o B, utensile destro o sinistro - in base al setup della macchina e alla rotazione del pezzo.



www.tool-builder.com

Considerazione della prima passata

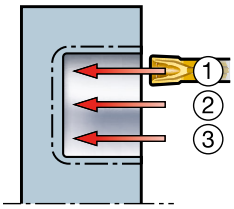


1 **Se il supporto dell'inserto sfrega contro il diametro interno del pezzo:**
- è possibile che la gamma di diametri sia sbagliata
- l'utensile non è parallelo all'asse
- controllare il posizionamento in altezza
- abbassare l'utensile sotto l'asse.

2 **Se il supporto dell'inserto sfrega contro il diametro esterno del pezzo:**
- è possibile che la gamma di diametri sia sbagliata
- l'utensile non è parallelo all'asse
- controllare il posizionamento in altezza
- alzare l'utensile sopra l'asse.

Sgrossatura e finitura di una scanalatura frontale

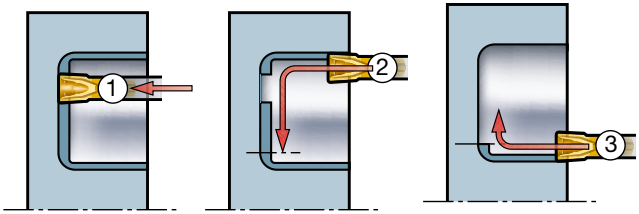
Sgrossatura



La prima passata (1) inizia sempre sul diametro più grande e lavora verso l'interno. La prima passata permette un buon controllo truciolo ma non ne favorisce la rottura.

La seconda (2) e la terza (3) passata dovrebbero essere di 0.5–0.8 x larghezza dell'inserto. A questo punto, il controllo truciolo è accettabile e l'avanzamento
può essere aumentato leggermente.

Finitura



Lavorare la prima passata (1) entro la gamma di diametri specificati.

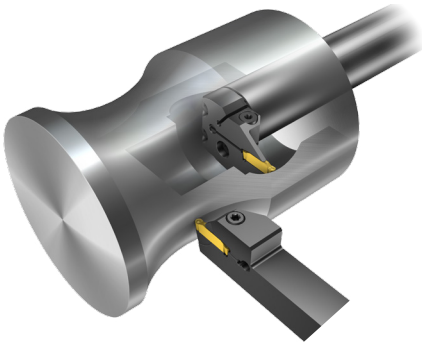
La seconda passata (2) rifinisce il diametro. Iniziare sempre dall'esterno procedendo verso l'interno.

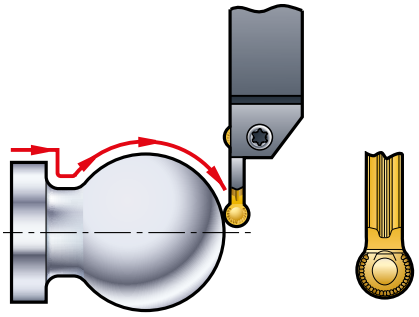
La terza passata (3), infine, rifinisce il diametro interno alle corrette dimensioni.

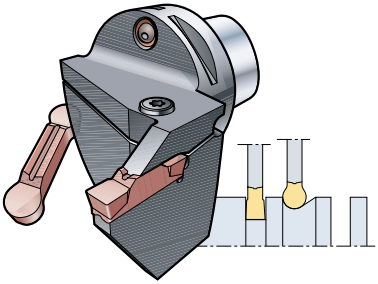
Profilatura

Quando si lavorano componenti di forma complessa, gli inserti di profilatura offrono grandi opportunità di razionalizzazione.

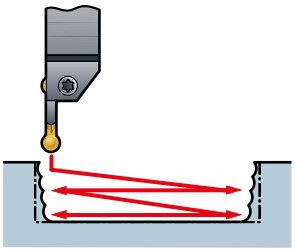
- I moderni sistemi di utensili di troncatura e scanalatura possono eseguire anche operazioni di tornitura.
- Per la massima stabilità nelle operazioni di tornitura e profilatura, è consigliabile scegliere un utensile con bloccaggio a vite.
- Un utensile neutro è adatto sia per l'apertura che per il completamento delle cavità.
- Gli inserti di forma rotonda hanno geometrie specifiche per queste operazioni.







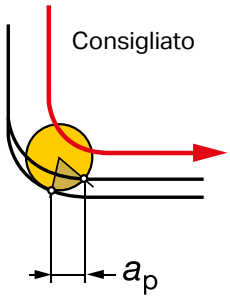
Lavorazione di piani inclinati



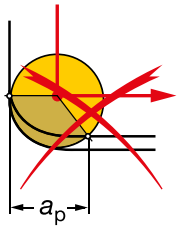
- Per il massimo controllo truciolo e una buona finitura superficiale, utilizzare inserti rotondi.
- In condizioni di setup instabili, procedere alla lavorazione di piani inclinati per evitare vibrazioni.

Tornitura di profili

Raggio inserto < raggio del componente



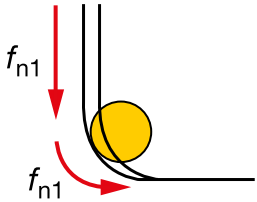
- La grande superficie dell'inserto genera una elevata forza di taglio e l'avanzamento, quindi, dovrebbe essere ridotto.
- Se possibile, utilizzare un inserto di raggio più piccolo rispetto a quello del componente.
- Se il raggio dell'inserto deve essere uguale a quello del componente, procedere per microinterruzioni per accorciare il truciolo ed evitare vibrazioni.

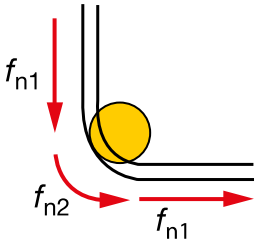


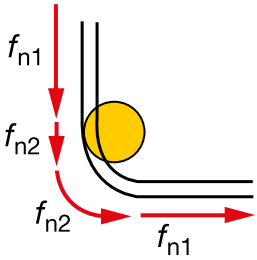
Un raggio dell'inserto ≥ al raggio del componente non è consigliabile

f_{n1} = passate parallele – spessore max del truciolo 0.15–0.40 mm (0.006 - 0.016 poll.).

f_{n2} = lavorazione a tuffo del raggio – 50% max. di spessore del truciolo.

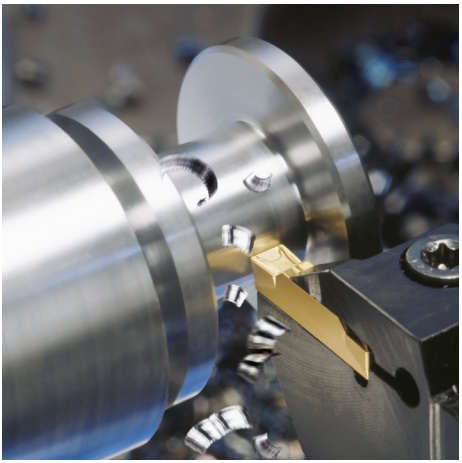






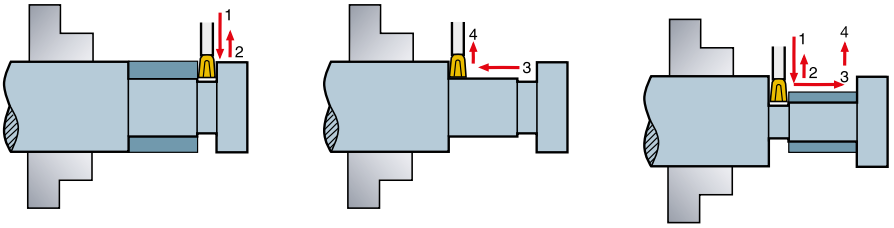
Tornitura

I metodi più comuni per l'esecuzione di scanalature ampie o la tornitura tra spallamenti sono la scanalatura a passata multipla, la tornitura a tuffo o la lavorazione di piani inclinati. Tutti e tre i metodi sono operazioni di sgrossatura che devono essere seguite da un'operazione di finitura separata. Di solito, se la larghezza della scanalatura è inferiore alla profondità, si utilizza la scanalatura a passata multipla e viceversa per la tornitura a tuffo. Per i componenti sottili, tuttavia, è possibile utilizzare il metodo della lavorazione di piani inclinati.



- Se possibile, utilizzare utensili con la minore sporgenza possibile, bloccaggio a vite o elastico e inserti a "binario".
- Se possibile, utilizzare un sistema di attrezzamento stabile e modulare.
- Le lame rinforzate aumentano la stabilità.

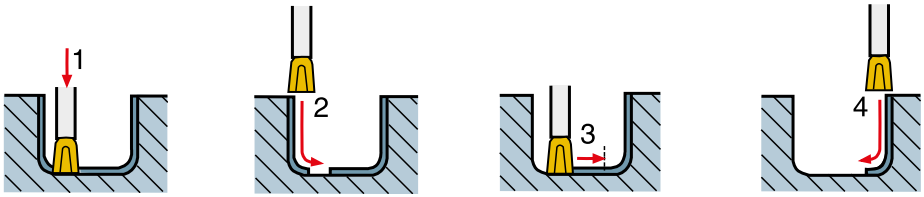
Sgrossatura



1. Avanzare in senso radiale alla profondità richiesta +0.2 mm (+.008 poll.) (max 0.75 x larghezza inserto).
2. Arretrare in senso radiale di 0.2 mm (0.008 poll.).
3. Tornire in senso assiale verso la posizione dello spallamento opposto.
4. Arretrare in senso radiale di 0.5 mm (.020 poll.).

Finitura

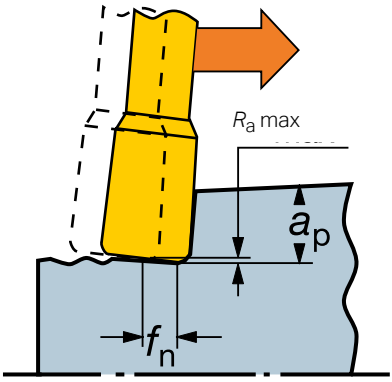
Dato che l'inserto contorna il raggio, gran parte del movimento è in direzione Z. Ciò porta alla formazione di un truciolo estremamente sottile lungo il tagliente frontale che può comportare strofinamento e quindi vibrazioni.



- La profondità di taglio assiale e radiale dovrebbe rientrare nel campo 0.5–1.0 mm (0.020 - 0.039 poll.).

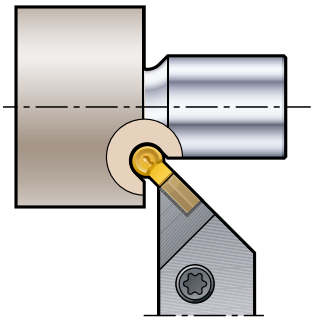
Tornitura assiale

Finitura superficiale



- Questo effetto raschiante consente di avere una finitura superficiale di alta qualità.
- Il migliore effetto raschiante si ottiene trovando la giusta combinazione tra avanzamento (f_n) e flessione della lama.
- Un valore R_a inferiore a 0.5 µm (20 R_a) sarà generato con una maggiore resistenza alla flessione.

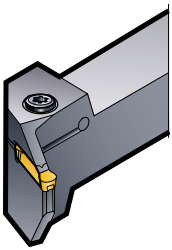
Esecuzione di scarichi



- Quando è necessario un disimpegno.
- Queste applicazioni richiedono inserti specifici con taglienti rotondi, affilati e precisi.
- La tolleranza di questi inserti è bassa: ±0.02 mm (±.0008 poll.).

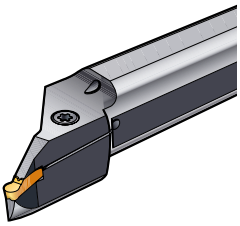
Utensili per l'esecuzione di scarichi

Angolazione di 7°, 45° e 70°



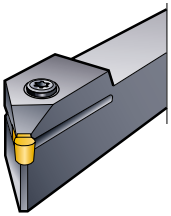
- Attacco per esecuzione di scarichi esterna. Inserto con due taglienti.

Angolazione di 20°



- Attacco per esecuzione di scarichi interna. Inserto con due taglienti.

Angolazione di 45°



- Attacco per esecuzione di scarichi esterna. Inserto con un tagliente.

Risoluzione dei problemi

Usura degli utensili

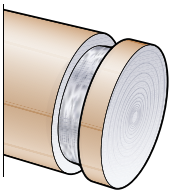
Problema / Rimedio	Usura sul fianco	Deformazione plastica	Usura da craterizzazione	Scheggiatura	Rottura	Tagliente di riporto
Geometria più positiva						++
Qualità più tenace				++		
Qualità più resistente all'usura	++	+	+			
Aumentare la velocità di taglio						+
Ridurre la velocità di taglio	+	+	++			
Ridurre la velocità di avanzamento		++		+	+	
Scegliere una geometria più robusta				+	++	

++ = rimedio migliore

\+ = rimedio possibile

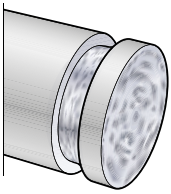
Problema	Rimedio

Superficie di scarsa qualità



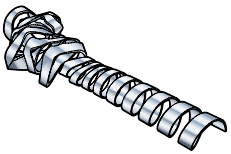
- Utilizzare un utensile corto e stabile.
- Asportare i trucioli, utilizzare una geometria con buon controllo truciolo.
- Usare utensili con refrigerante ad alta precisione.
- Seguire i consigli relativi a velocità/avanzamento.
- Usare una geometria raschiante.
- Controllare il setup dell'utensile.

Superficie di scarsa qualità su alluminio



- Scegliere la geometria più affilata.
- Utilizzare una geometria con buon controllo truciolo.
- Selezionare uno speciale olio solubile per il materiale.
- Usare utensili con refrigerante ad alta precisione.

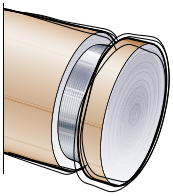
Controllo truciolo inadeguato



- Cambiare geometria.
- Selezionare un avanzamento più alto.
- Procedere per interruzioni.
- Usare utensili con refrigerante ad alta precisione.

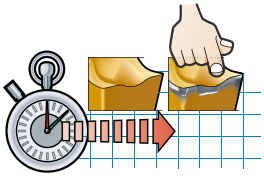
Problema	Rimedio

Vibrazioni

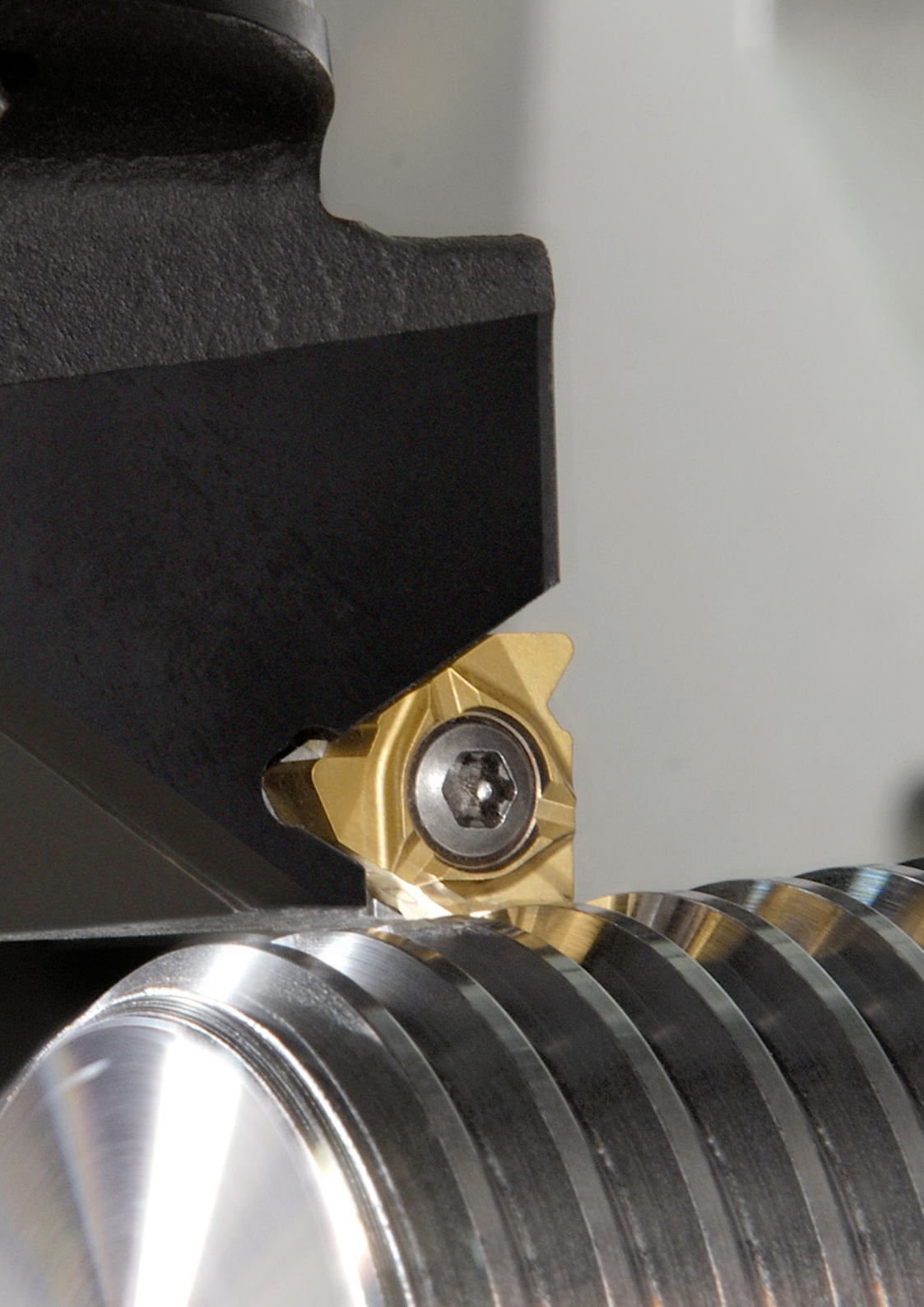


- Usare un setup stabile.
- Seguire i consigli relativi a velocità/avanzamento.
- Utilizzare un utensile più corto e ridurre la sporgenza del componente.
- Cambiare geometria.
- Controllare la condizione degli utensili.
- Controllare il setup dell'utensile (posizionamento in altezza).

Durata utensile insufficiente



- Controllare il posizionamento in altezza.
- Controllare l'angolo tra utensile e componente.
- Controllare le condizioni della lama. Se la lama è vecchia, l'inserto potrebbe non essere stabile nella sede .
- Usare utensili con refrigerante ad alta precisione.



Filettatura

La tornitura di filetti è il processo eseguito da un utensile a inserti multitaglienti con una serie di passate lungo la sezione di un pezzo che deve essere filettato.

Dividendo la massima profondità di taglio del filetto in una serie di piccoli tagli, il punto sensibile del tagliente non viene sovraccaricato.

• Teoria C 4

• Procedura di selezione C 9

• Presentazione del sistema C 13

• Consigli applicativi C 19

• Risoluzione dei problemi C 24

• Maschiatura C 28

Teoria della filettatura

I metodi di filettatura

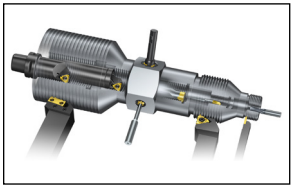
Le principali funzioni di un filetto sono:

- formare un accoppiamento meccanico
- trasmettere il movimento convertendo il movimento rotazionale in lineare e viceversa
- ottenere un vantaggio meccanico, usando una forza limitata per crearne una superiore.

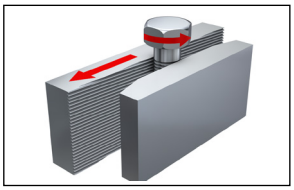
Diversi modi di realizzare filetti

Stampaggio

Taglio del metallo

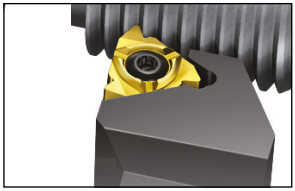


Rullatura



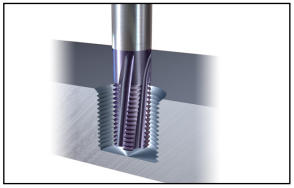
Metodi di filettatura con taglio del metallo

Tornitura di filetti

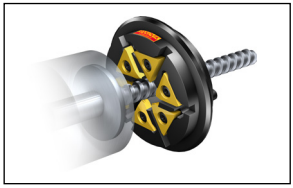


Maschiatura

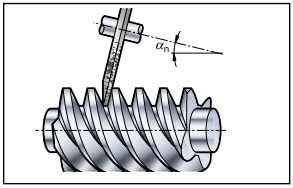
Fresatura di filetti



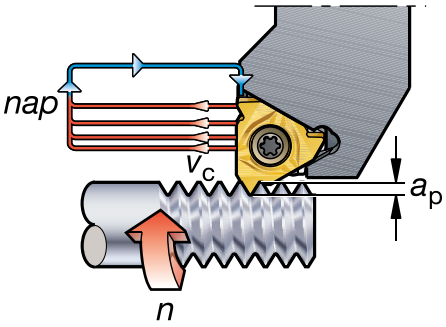
Filettatura con turbionatore



Rettifica



Terminologia

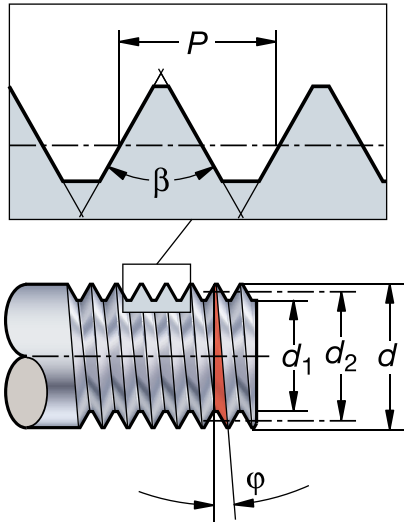


v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)

n = velocità del mandrino (giri/min)

a_p = profondità totale del filetto (mm) (poll.)

nap = numero di passate



P = passo, mm o filetti per pollice (t.p.i.)

β = angolo del filetto

d_1 = diametro minore esterno

D_1 = diametro minore interno

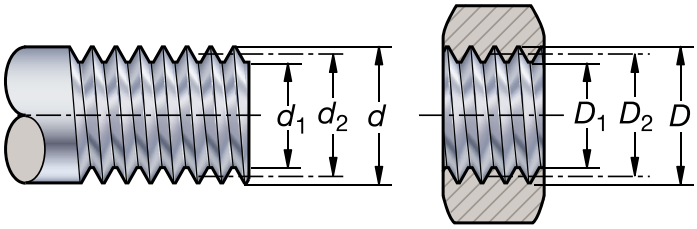
d_2 = diametro del passo esterno

D_2 = diametro del passo interno

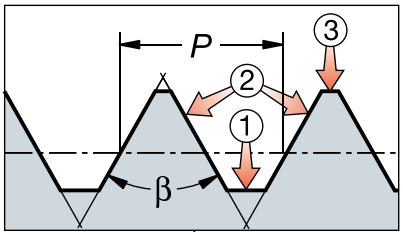
d = diametro maggiore esterno

D = diametro maggiore interno

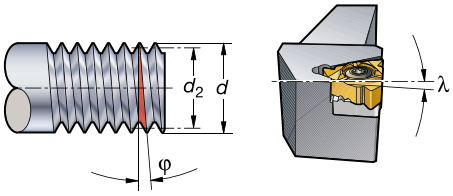
φ = angolo d'elica del filetto



Terminologia

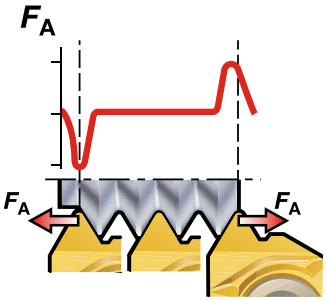


1. Fondo
   - La superficie di fondo che congiunge i due fianchi adiacenti del filetto.
2. Fianco
   - Il lato di una superficie filettata che collega cresta e fondo.
3. Cresta
   - La superficie superiore che unisce due fianchi adiacenti.



Angolo d'elica
- L'angolo d'elica (φ) dipende dal diametro e dal passo (*P*) del filetto.
- Cambiando il supporto, è possibile regolare la distanza del fianco dell'inserto.
- L'angolo di inclinazione è lambda (λ). L'angolo di inclinazione più comune è pari a 1° che corrisponde al supporto standard nel portautensili.

Forze di taglio all'entrata e all'uscita del filetto

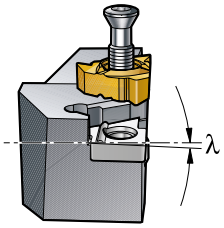


- La massima forza assiale nell'operazione di filettatura si verifica all'entrata e all'uscita dell'utensile da taglio.
- Dati di taglio troppo aggressivi possono provocare lo spostamento degli inserti non perfettamente bloccati.

Inclinazione dell'inserto per la distanza

Scegliere i supporti per l'inclinazione

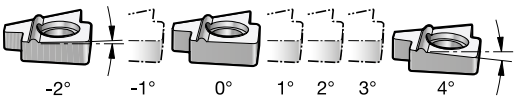
L'angolo di inclinazione può essere regolato mediante i supporti sottostanti all'inserto nel portautensili. La scelta del supporto da utilizzare può essere effettuata consultando la tabella corrispondente nel catalogo.
Di serie, tutti i portautensili vengono forniti con il gruppo di supporti a 1°.



Tangente dell'angolo di inclinazione

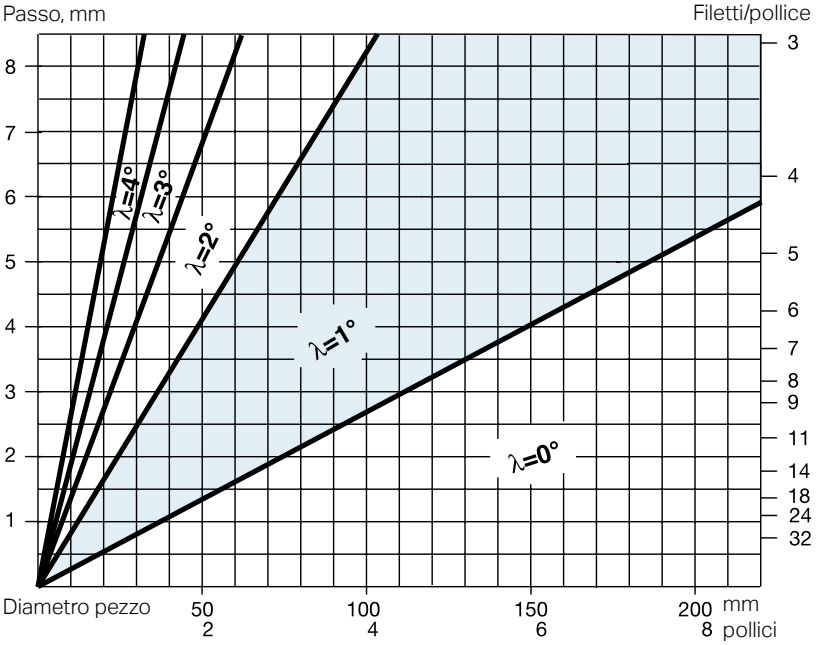
Nota: alcune operazioni di filettatura in tirata richiedono un supporto con angolo di inclinazione negativo.

Supporto standard = 1°



$$\tan \lambda = \frac{P * ns}{\pi \times d_2}$$

* ns = numero di principi

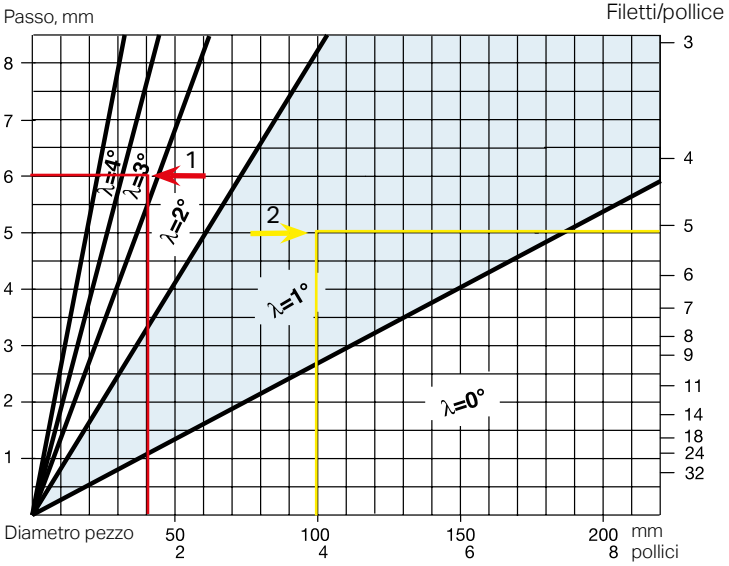


Scegliere i supporti per l'inclinazione

Diametro e passo incidono sugli angoli di inclinazione.

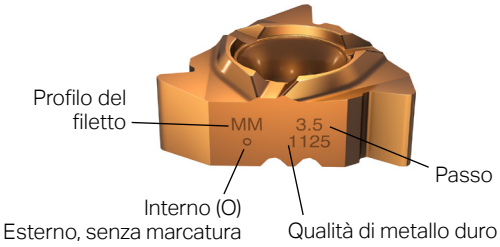
Esempio di lettura del diagramma.

1. Il diametro del pezzo è di 40 mm (1.575") con un passo del filetto di 6 mm (0.236"). Dal diagramma, risulta che il supporto necessario deve avere un angolo di inclinazione di 3° (non può essere utilizzato il supporto standard).
2. Il diametro del pezzo è di 102 mm (4"), con un filetto di 5 filetti per pollice. Dal diagramma, risulta che il supporto necessario deve avere un angolo di inclinazione di 1° (può essere utilizzato il supporto standard).



Marcatura dei supporti e degli inserti di filettatura

Come leggere le marcature.

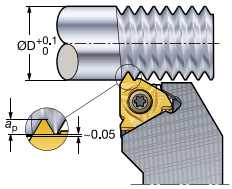


Procedura di selezione degli utensili

Processo di pianificazione della produzione

1 Componente

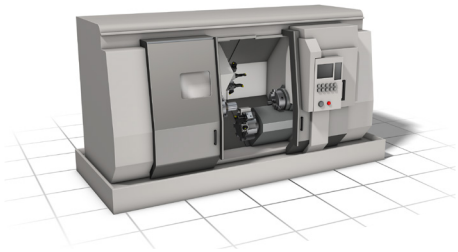
Dimensioni e qualità del filetto



Materiale del pezzo, profilo del filetto e quantità

2 Macchina

Parametri della macchina

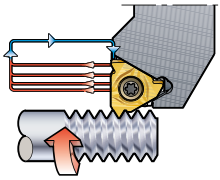


3 Scelta degli utensili

Tipo di utensile:
- Profilo a punta multipla
- Profilo completo
- Profilo a V

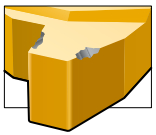
4 Consigli applicativi

Dati di taglio, incremento, ecc.

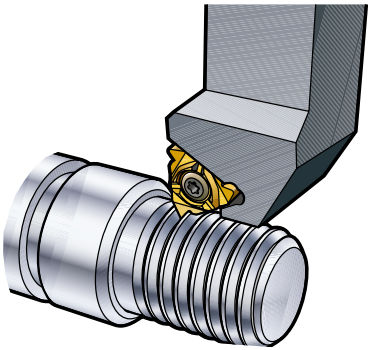


5 Risoluzione dei problemi

Cause e rimedi



1. Componente e materiale da lavorare



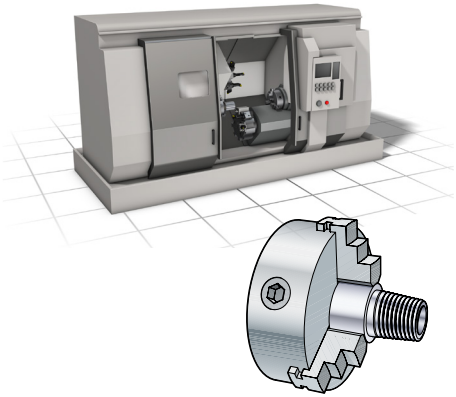
Componente

- Analizzare i requisiti dimensionali e qualitativi del filetto da lavorare
- Tipo di operazione (esterna o interna)
- Filetto destro o sinistro
- Tipo di profilo (metrico, UN, ecc.)
- Misura del passo
- Numero di principi del filetto
- Tolleranza (profilo, posizione).

Materiale

- Lavorabilità
- Controllo truciolo
- Durezza
- Elementi leganti.

2. Parametri della macchina



Caratteristiche della macchina e setup

- Interfaccia del mandrino
- Stabilità della macchina
- Velocità del mandrino disponibile
- Adduzione di refrigerante
- Bloccaggio del pezzo
- Potenza e momento torcente
- Cicli di programmazione disponibili
- Profondità utile e disimpegno
- Sporgenza dell'utensile.

3. Scelta degli utensili

I diversi modi di realizzare un filetto

Inserti a punta multipla

Un inserto a profilo completo (topping) con diversi denti riduce il numero di incrementi necessari e favorisce una elevata produttività, p.e. un inserto a punta multipla con due denti dimezza il numero di incrementi.

La pressione dell'utensile aumenta in modo proporzionale al numero di denti, richiedendo setup stabili e sporgenze ridotte. Inoltre, è necessario prevedere spazio sufficiente dietro il fletto.

Vantaggi
- Ridotto numero di incrementi
- Altissima produttività.

Svantaggi
- Richiede setup stabili
- Necessità di spazio sufficiente dietro il filetto.

Inserti a profilo completo

Il filetto viene tagliato dall'inserto con un buon controllo sulle caratteristiche geometriche, dato che la distanza tra il fondo e la cresta è controllata.

L'inserto può eseguire un solo passo.

Dato che l'inserto genera sia il fondo che la cresta, la pressione dell'utensile aumenta e aumentano, di conseguenza, i requisiti relativi a setup e sporgenza.

Vantaggi
- Maggiore controllo sulla forma del filetto
- Meno sbavature.

Svantaggi
- Ogni inserto può tagliare solo un passo.

Inserti con profilo a V

L'inserto può lavorare diversi passi, permettendo di ridurre lo stock. Fondo e fianchi vengono formati dall'inserto.
La cresta è controllata in una precedente operazione di tornitura, con conseguenti elevate tolleranze.

Nei setup predisposti alle vibrazioni, un inserto non-topping (che non esegue la cresta) può spesso rappresentare la soluzione, grazie alla riduzione della pressione di taglio.

Vantaggi
- Flessibilità, lo stesso inserto può essere utilizzato per diversi passi.

Svantaggi
- Possibile formazione di bave che devono essere eliminate.

4. Consigli applicativi

Considerazioni importanti sull'applicazione

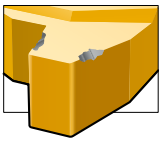
Il metodo di incremento può avere un impatto significativo sul processo di lavorazione dei filetti.

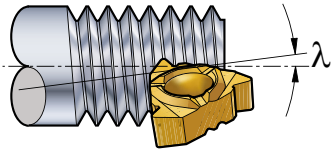
Esso influisce sui seguenti fattori:
- controllo truciolo
- usura dell'inserto
- qualità del filetto
- durata utensile.

In pratica, macchina utensile, geometria dell'inserto, materiale del pezzo e passo del filetto incidono sulla scelta del metodo di incremento.

5. Risoluzione dei problemi

Alcuni aspetti da considerare





In caso di problemi legati a durata utensile, controllo truciolo o scarsa qualità del filetto, considerare i seguenti aspetti.

Tipo di incremento
- Ottimizzare il metodo di incremento, il numero e la profondità delle passate.

Inclinazione dell'inserto
- Verificare che la distanza sia sufficiente e uniforme (inserto – supporti per inclinazione).

Geometria dell'inserto
- Utilizzare inserti della corretta geometria (A, F o C).

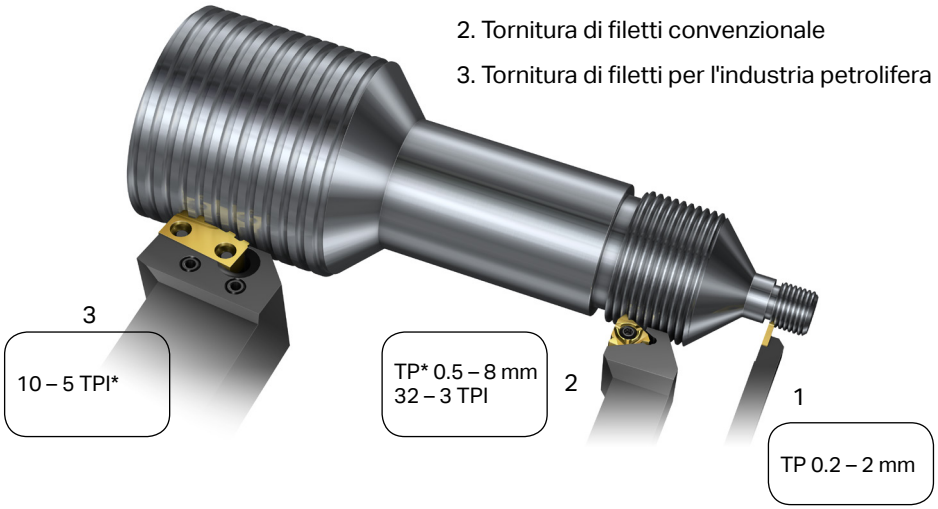
Qualità dell'inserto
- Selezionare la qualità corretta, in base al materiale e ai requisiti di tenacità.

Dati di taglio
- Se necessario, modificare la velocità di taglio e il numero di passate.

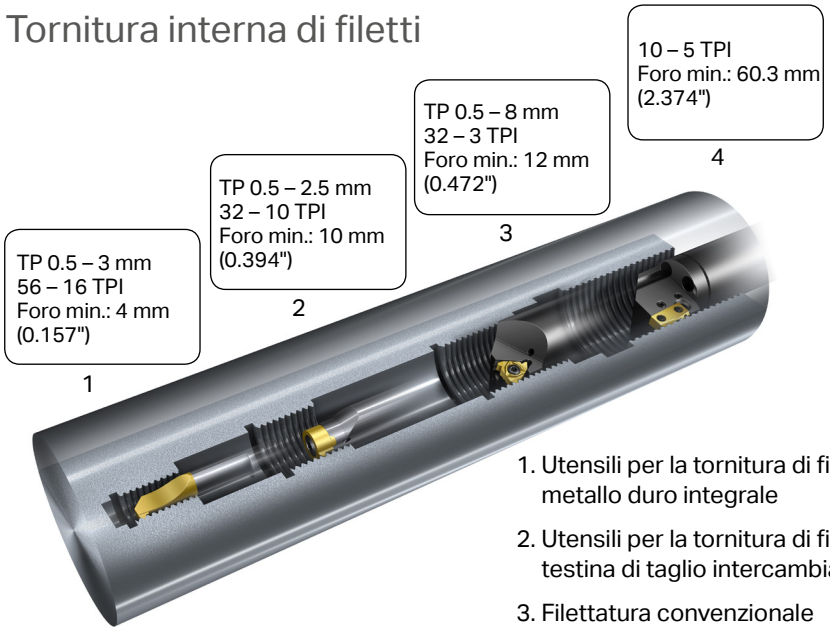
Presentazione del sistema

Tornitura esterna di filetti

1. Tornitura di filetti su pezzi piccoli
2. Tornitura di filetti convenzionale
3. Tornitura di filetti per l'industria petrolifera



Tornitura interna di filetti



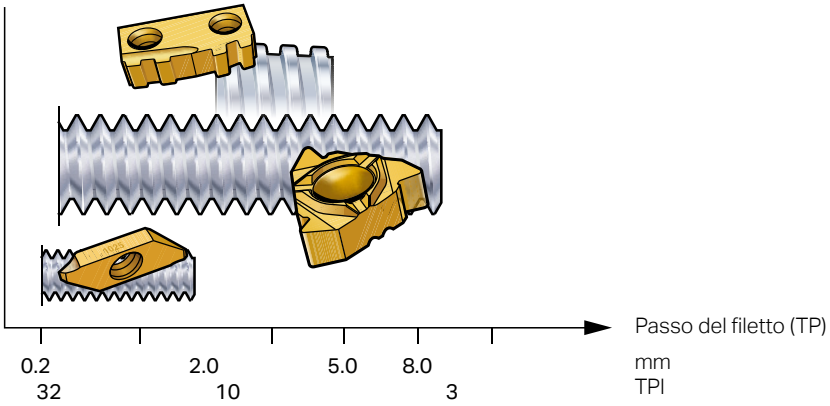
1. Utensili per la tornitura di filetti in metallo duro integrale
2. Utensili per la tornitura di filetti con testina di taglio intercambiabile
3. Filettatura convenzionale
4. Filettatura per l'industria petrolifera

*TPI = filetti per pollice
*TP = passo del filetto

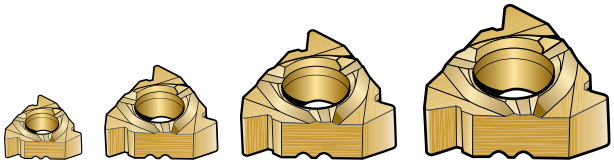
Assortimento per la tornitura di filetti esterni

Vasta possibilità di scelta

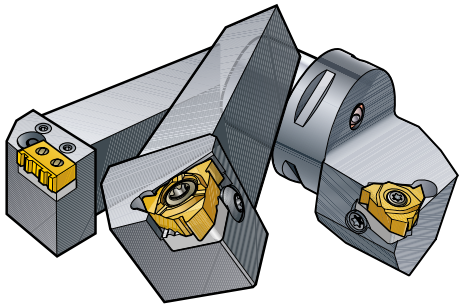
Inserti



- Quattro dimensioni (L) / misure (IC) dell'inserto: 11, 16, 22, 27 mm (1/4, 3/8, 1/2, 5/8 poll.)



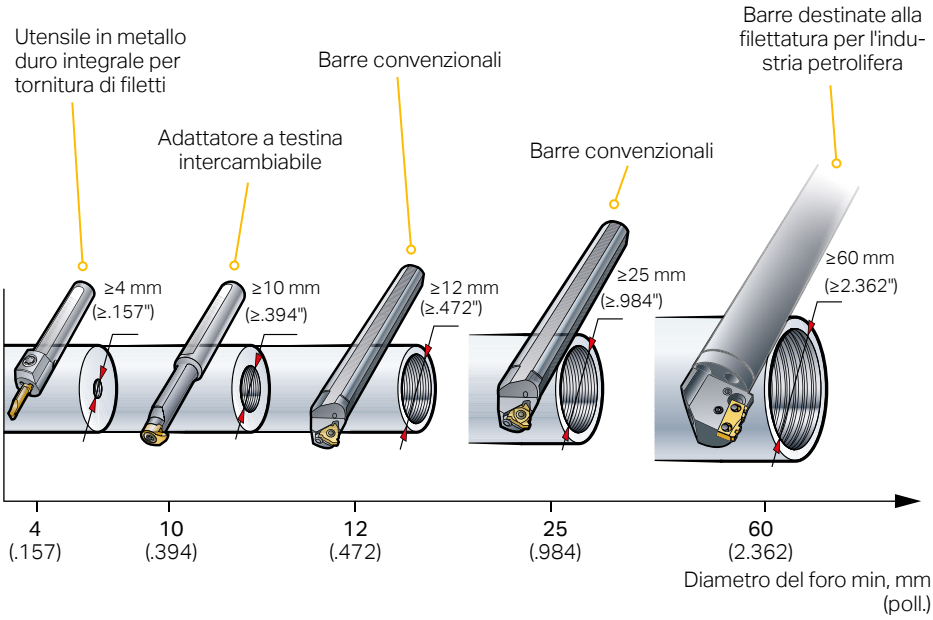
Portautensili



- Unità di taglio Coromant Capto®
- Attacchi QS
- Utensili a stelo
- Testine di taglio intercambiabili
- Cartucce.

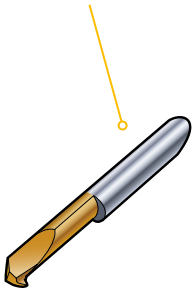
Assortimento per tornitura interna di filetti

Vasta possibilità di scelta e diversi sistemi

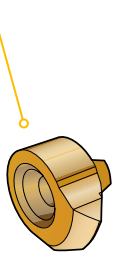


Per la tornitura interna ad alta precisione di filetti in fori piccoli

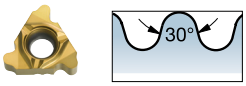
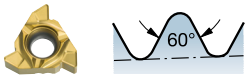
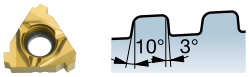
Filettatura con metallo duro integrale



Inserti a testina intercambiabile



Forme di filetto

Applicazione	Forma inserto/filetto	Tipo di filetto	Codice
Uso generale		Metrica ISO, American UN	MM UN
Raccordi e giunzioni di tubazioni		Whitworth, NPT British Standard (BSPT), NPTF American National Pipe Threads	WH, NT PT, NF
Alimentari ed impianti antincendio		DIN405 rotondo	RN
Industria aerospaziale		MJ UNJ	MJ NJ
Industria Oil and Gas		API rotondo API a forma di “V” - 60°	RD V38, 40, 50
Industria Oil and Gas		Buttress, VAM	BU
Trasmissioni di moto Uso generale		Trapezoidale ACME Stub ACME	TR AC SA

Uso generale
- Buon bilanciamento tra capacità portante del carico e volume di materiale.

Filetti di tubazioni
- Capacità di sopportare carichi.
- In grado di formare raccordi di tenuta (i filetti sono spesso conici).

Industria alimentare e impianti antincendio
- Come per i filetti di tubazioni ma rotondi, per facile pulizia alimenti.
- Collegamenti/scollegamenti facilmente ripetuti per sistemi antincendio.

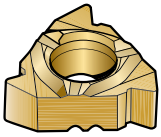
Industria aerospaziale
- Elevata precisione e minimo rischio per concentrazioni di sollecitazioni e rottura.

Industria Oil and Gas
- Esigenze estreme di supporto dei carichi e di tenuta, con limiti legati allo spessore sottile delle pareti delle tubazioni.

Movimento
- Forma simmetrica.
- Grande superficie di contatto.
- Forma robusta.

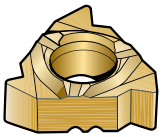
Tipi di inserti

Tre diversi tipi di inserti per la tornitura di filetti



Inserti a profilo completo

- Per operazioni di filettatura ad alta produttività.



Inserti con profilo a V - 60° e 55°

- Per eseguire le operazioni di filettatura minimizzando le scorte di utensili.

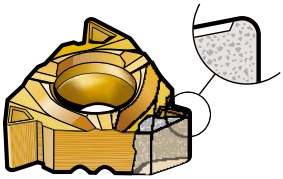
Inserti a punta multipla

- Per la tornitura economica e ad alta produttività di filetti nella produzione in serie.

Tre diverse geometrie

Geometria A

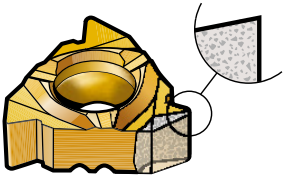
Scelta prioritaria nella maggior parte delle operazioni.



Buona formazione dei trucioli su un'ampia gamma di materiali.

Geometria F

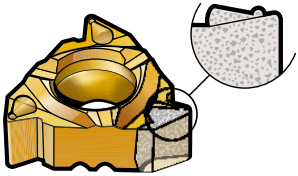
Geometria affilata.



Consente di avere tagli "puliti" in materiali con tendenza all'incollamento o all'incrudimento.

Geometria C

Geometria rompitrucioli.



Geometria ottimizzata per acciai inossidabili di facile lavorazione, a basso tenore di carbonio e di lega.

Soluzioni di filettatura

iLock™
ingenious locking interface

- Filettatura ultrarigida con inserti a posizione fissa.
- L'inserto viene collocato nella giusta posizione con l'aiuto della guida.
- La vite spinge l'inserto sulla guida fino a un arresto radiale su una superficie di contatto nella sede dell'inserto (superfici di contatto rosse).
- La sicura interfaccia dell'inserto garantisce una maggiore durata utensile e una migliore qualità del filetto.

Un'ampia serie di soluzioni portautensili

Consigli applicativi

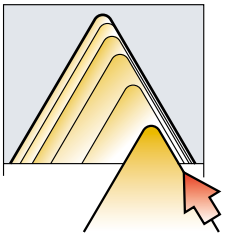
Tre diversi tipi di incremento

Il metodo di incremento può avere un impatto significativo sul processo di lavorazione dei filetti. Esso influisce sui seguenti fattori:

- controllo truciolo
- usura dell'inserto
- qualità del filetto
- durata utensile.

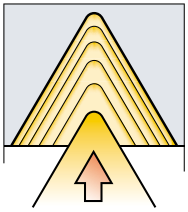
In pratica, macchina utensile, geometria dell'inserto, materiale del pezzo e passo del filetto incidono sulla scelta del metodo di incremento.

Incremento sul fianco modificato



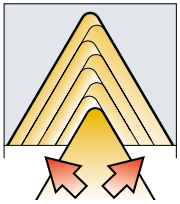
- La maggior parte delle più recenti macchine CNC può essere programmata per fianco modificato.
- Utilizzato con la geometria C, dato che il rompitrucioli non funziona con incremento radiale.
- Le forze di taglio in direzione assiale riducono il rischio di vibrazioni.
- Controllo della direzione dei trucioli.
- Utilizzato per tutte le geometrie di inserto.
- Geometria C, concepita solo per l'incremento sul fianco modificato.

Incremento radiale



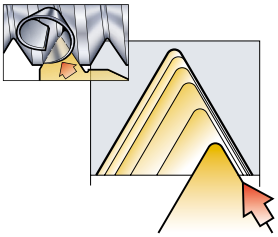
- Utilizzato da tutte le macchine manuali e dalla maggior parte dei programmi CNC standard.
- Scelta prioritaria per materiali tendenti all'incrudimento e adatta per passi di precisione.

Incremento alternato



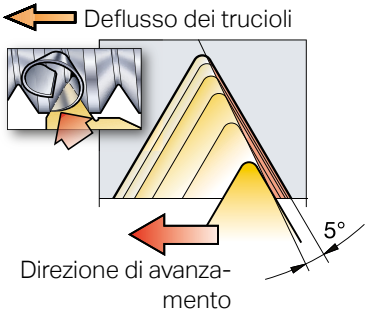
- Generalmente utilizzato con profili e passi molto grandi, in cicli di filettatura lunghi in cui la durata utensile deve corrispondere alla lunghezza del filetto.
- Richiede una speciale programmazione.

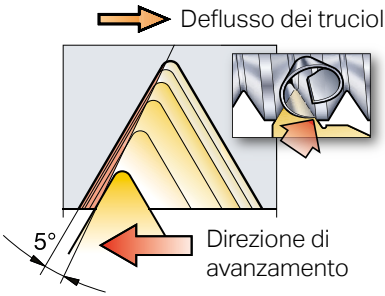
Incremento sul fianco modificato

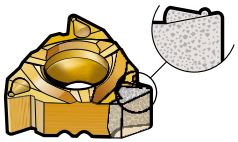


- La maggior parte delle macchine CNC ha un ciclo programmato che utilizza questo incremento.
- Il truciolo è simile a quello della tornitura convenzionale - più facile da formare e da guidare.
- Le forze di taglio in direzione assiale riducono il rischio di vibrazioni.
- Il truciolo è più spesso ma viene a contatto con un solo lato dell'inserto.
- All'inserto viene trasferito meno calore.
- Scelta prioritaria per la maggior parte delle operazioni di filettatura.

Direzione incremento

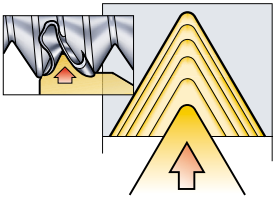






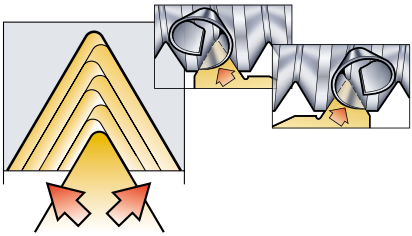
- Migliore controllo truciolo
- Migliori superfici
- Per l'inserto di geometria C, l'incremento sul fianco modificato è l'unico incremento possibile.

Incremento radiale



- Il metodo più comunemente utilizzato, oltre che l'unico possibile sui torni più vecchi non CNC.
- Truciolo rigido a "V".
- Usura dell'inserto uniforme.
- La punta dell'inserto è esposta ad alte temperature e ciò limita la profondità di incremento.
- Adatto per passi di precisione.
- Possibili vibrazioni e insufficiente controllo truciolo nei passi larghi.
- Scelta prioritaria per i materiali tendenti all'incrudimento.

Incremento alternato

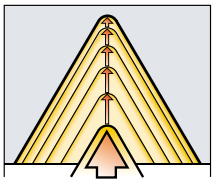


- Raccomandato per profili larghi.
- Usura dell'inserto uniforme e massima durata utensile nei filetti molto larghi.
- I trucioli vengono spinti in entrambe le direzioni, rendendo difficile il controllo.

Metodi di programmazione

Modi per migliorare il risultato della lavorazione

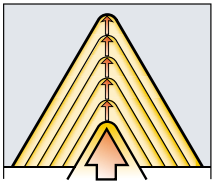
Riduzione della profondità per passata (area del truciolo costante)



Mantiene costante l'area del truciolo.
Questo è il metodo più comune nei programmi CNC.

- La passata più profonda è la prima
- Seguire le raccomandazioni riportate sulle tabelle di incremento del catalogo
- Area del truciolo più “bilanciata”
- Ultima passata effettivamente attorno agli 0.07 mm (0.0028").

Profondità costante per passata



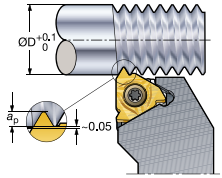
Ogni passata è di profondità uguale, a prescindere dal numero di passate.

- Molto più impegnativo per l'inserto
- Consente un migliore controllo truciolo
- Non dovrebbe essere usato per passi superiori a TP 1.5 mm o 16 TPI.

Tornitura di filetti con inserti a profilo completo

Utilizzare sovrametallo/materiale extra per raggiungere il diametro finale del filetto

Per gli inserti topping (capaci di eseguire anche la cresta), è opportuno lasciare 0.03 – 0.07 mm (0.001 – 0.003") di materiale dalle precedenti operazioni di tornitura, in modo da permettere la corretta formatura della cresta.



- Il semilavorato non ha bisogno di essere tornito al diametro esatto prima della filettatura.
- Aggiungere sovrametallo/materiale extra sul diametro del pezzo, 0.06 – 0.14 mm (0.002 – 0.006") per completare il diametro finale del filetto.

Valori di incremento consigliati

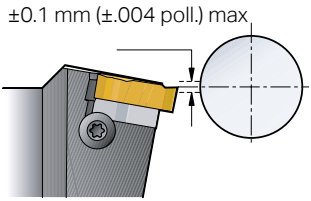
Numero di incrementi e profondità totale del filetto.

ISO metrica e in pollici, esterna

N. di incrementi *(nap)*	Passo, mm ← Ridurre la velocità di taglio														
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
	Incremento radiale per passata, mm														
1	0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22	0.25	0.27	0.28	0.34	0.34	0.37	0.41	0.43	0.46
2	0.09	0.15	0.16	0.17	0.21	0.21	0.24	0.24	0.26	0.31	0.32	0.34	0.39	0.40	0.43
3	0.07	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17	0.18	0.20	0.21	0.25	0.25	0.28	0.32	0.32	0.35
4	0.07	0.07	0.11	0.11	0.14	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.22	0.24	0.27	0.27	0.30
5	0.34	0.50	0.08	0.10	0.12	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.24	0.24	0.27
6			0.67	0.08	0.08	0.10	0.12	0.13	0.14	0.17	0.17	0.20	0.22	0.22	0.24
7				0.80	0.94	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.20	0.22
8						0.08	0.08	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21
9						1.14	1.28	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18	0.20
10								0.08	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.17	0.19
11								1.58	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.16	0.18
12									0.08	0.08	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16
13									1.89	2.20	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15
14											0.08	0.10	0.10	0.13	0.14
14											2.50	2.80	3.12	0.12	0.12
16														0.10	0.10
														3.41	3.72

N. di incrementi *(nap)*	Passo, TPI																	
	32	28	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4.5	4
	Incremento radiale per passata																	
1	.007	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.009	.008	.008	.008	.009	.010	.009	.012	.011	.013
2	.006	.005	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.012
3	.005	.005	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.012
4	.003	.004	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.009	.009	.011	.010	.012
5		.003	.003	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011
6				.003	.003	.005	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011
7						.003	.005	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.008	.008	.010	.010	.011
8							.003	.003	.003	.005	.006	.006	.006	.007	.008	.009	.009	.010
9										.003	.005	.005	.006	.007	.007	.009	.009	.010
10											.003	.005	.005	.006	.007	.008	.008	.010
11												.003	.005	.005	.007	.008	.008	.009
12													.003	.003	.006	.007	.008	.008
13															.005	.006	.007	.008
14															.004	.004	.007	.007
14																	.006	.006
16																	.004	.004
																	3.72	3.72

Posizionamento dell'utensile



Utilizzare uno scarto massimo di ±0.1 mm (±.004") rispetto all'asse.

Tagliente troppo alto

- La distanza diminuisce.
- Il tagliente si rompe per sfregamento.

Tagliente troppo basso

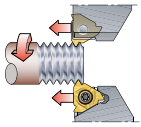
- Il profilo del filetto può essere scorretto.

Metodo di tornitura dei filetti

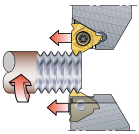
Inserti e filetti destri e sinistri

Esterna

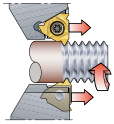
Filetti destri



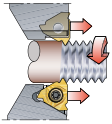
Inserto/utensile destro



Inserto/utensile sinistro

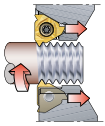


Inserto/utensile destro

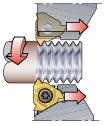


Inserto/utensile sinistro

Filetti sinistri



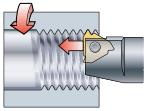
Inserto/utensile sinistro



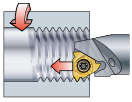
Inserto/utensile destro

Interna

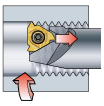
Filetti destri



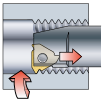
Inserto/utensile destro



Inserto/utensile destro

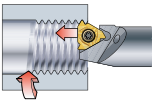


Inserto/utensile sinistro

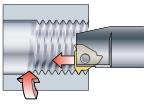


Inserto/utensile sinistro

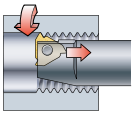
Filetti sinistri



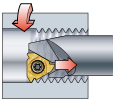
Inserto/utensile sinistro



Inserto/utensile sinistro



Inserto/utensile destro



Inserto/utensile destro

Nelle applicazioni di filettatura in tirata, è necessario usare supporti negativi.

Suggerimenti per le applicazioni di filettatura

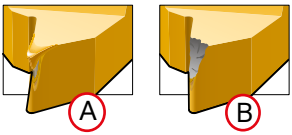
Alcuni fattori fondamentali da considerare per il successo della lavorazione

- Prima della tornitura dei filetti, controllare la corretta tolleranza di lavorazione del diametro del pezzo, aggiungere 0.14 mm (0.006") come tolleranza della cresta.
- Posizionare accuratamente l'utensile nella macchina.
- Controllare la regolazione del tagliente rispetto al diametro del passo.
- Verificare di utilizzare la corretta geometria di inserto (A, F o C).
- Verificare che la spoglia inferiore sia sufficiente e uniforme (supporti di inclinazione inserti), in modo da ottenere un angolo di spoglia corretto rispetto al fianco scegliendo il supporto adeguato.
- Se i filetti vengono scartati, controllare l'intero setup, compresa la macchina utensile.
- Controllare il programma CNC disponibile per la tornitura dei filetti.
- Ottimizzare metodo di incremento, numero ed entità delle passate.
- Verificare che la velocità di taglio sia adeguata all'applicazione.
- In caso di errore di passo sulla filettatura sul componente, verificare che il passo della macchina sia corretto.
- È consigliabile che l'utensile venga avviato a una distanza di almeno 3 volte il passo del filetto, prima di impegnare il pezzo.
- Il refrigerante ad alta precisione può migliorare controllo truciolo e durata utensile.
- Un sistema a cambio rapido facilita e rende più rapido il setup.
- Per massimizzare produttività e durata utensile, scelta prioritaria - inserto a punta multipla, seconda scelta - inserto a punta singola a profilo completo, terza scelta - inserto con profilo a V.

Risoluzione dei problemi

Problema	Causa	Rimedio

Deformazione plastica

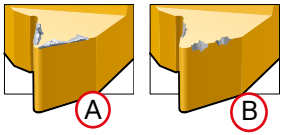


Inizia come deformazione plastica (A), che porta a scheggiatura del tagliente (B).

1. Temperatura eccessiva nella zona di taglio.
2. Adduzione inadeguata di refrigerante.
3. Qualità scorretta.

1. Ridurre la velocità di taglio, aumentare il numero di incrementi. Ridurre la massima profondità di incremento, controllare il diametro prima della filettatura.
2. Migliorare l'adduzione di refrigerante.
3. Scegliere una qualità con maggiore resistenza alla deformazione plastica.

Tagliente di riporto (T.d.R)

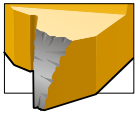


Tagliente di riporto (A) e scheggiatura del tagliente (B) spesso si verificano in combinazione. Il tagliente di riporto accumulato viene poi trascinato via insieme a piccole quantità di materiale dell'inserto, provocandone la scheggiatura.

1. Spesso si verifica con gli acciai inossidabili e con quelli a basso tenore di carbonio.
2. Qualità inadeguata o temperatura del tagliente troppo bassa.

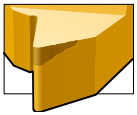
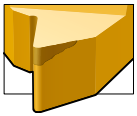
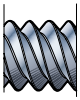
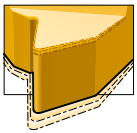
1. Aumentare la velocità di taglio.
2. Scegliere un inserto dotato di buona tenacità, preferibilmente con rivestimento PVD.

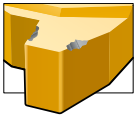
Rottura dell'inserto

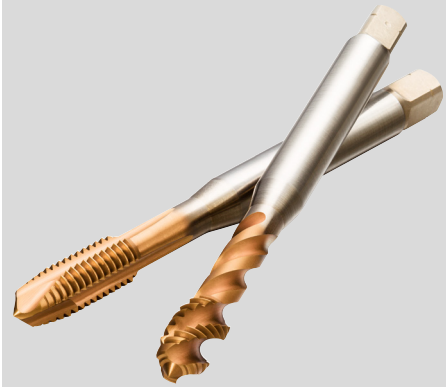


1. Tornitura di un diametro scorretto prima della filettatura.
2. Serie di incrementi troppo complessa.
3. Qualità scorretta.
4. Insufficiente controllo del truciolo.
5. Posizionamento in altezza scorretto.

1. Tornire il diametro alla dimensione corretta prima dell'operazione di filettatura, 0.03 – 0.07 mm (0.001 – 0.003") radialmente superiore al diametro max del filetto.
2. Aumentare il numero di incrementi. Ridurre il valore degli incrementi più grandi.
3. Scegliere una qualità più tenace.
4. Passare alla geometria C e utilizzare l'incremento sul fianco modificato.
5. Correggere il posizionamento in altezza.

Problema	Causa	Rimedio
Rapida usura sul fianco		
	1. Materiale altamente abrasivo. 2. Velocità di taglio troppo elevata. 3. Profondità di incremento troppo ridotte. 4. Inserto sopra l'asse.	1. Qualità scorretta. Scegliere una qualità più resistente all'usura. 2. Ridurre la velocità di taglio. 3. Ridurre il numero di incrementi. 4. Correggere il posizionamento in altezza.
Anomala usura sul fianco		
  Superficie di scarsa qualità su un fianco del filetto.	1. Metodo scorretto di incremento sul fianco. 2. L'angolo di inclinazione dell'inserto non corrisponde all'angolo di attacco del filetto.	1. Cambiare metodo di incremento sul fianco per la geometria F e la geometria A; 3 - 5° dal fianco, per la geometria C; 1° dal fianco. 2. Cambiare supporto per ottenere il corretto angolo di inclinazione.
Vibrazioni		
	1. Scorretto bloccaggio del pezzo. 2. Scorretto setup dell'utensile. 3. Dati di taglio scorretti. 4. Posizionamento in altezza scorretto.	1. Utilizzare griffe morbide. 2. Quando si utilizza la contropunta, ottimizzare il foro di centraggio del componente e controllare la pressione di contropunta/trascinatore frontale. Minimizzare la sporgenza dell'utensile. Controllare che il manicotto di bloccaggio delle barre non sia usurato. Usare barre antivibranti 570-3. 3. Aumentare la velocità di taglio; se ciò non dovesse servire, ridurre sensibilmente la velocità e provare la geometria F. 4. Regolare il posizionamento in altezza.

Problema	Causa	Rimedio
Finitura superficiale insoddisfacente		
	1. Velocità di taglio troppo bassa. 2. L'inserto è sopra il posizionamento in altezza. 3. Mancato controllo truciolo.	1. Aumentare la velocità di taglio. 2. Regolare il posizionamento in altezza. 3. Utilizzare la geometria C e l'incremento sul fianco modificato.
Insufficiente controllo del truciolo		
	1. Scorretto metodo di incremento. 2. Scorretta geometria del filetto.	1. Incremento sul fianco modificato 3 - 5°. 2. Utilizzare la geometria C con incremento sul fianco modificato 1°.
Profilo poco profondo		
	1. Posizionamento in altezza scorretto. 2. Rottura dell'inserto. Usura eccessiva.	1. Regolare il posizionamento in altezza. 2. Cambiare tagliente.
Profilo del filetto non corretto		
	1. Profilo del filetto inadeguato (angolo del filetto e raggio di punta); inserti esterni utilizzati per operazioni interne o viceversa. 2. Posizionamento in altezza scorretto. 3. Attacco non perpendicolare all'asse. 4. Errore di passo nella macchina.	1. Correggere la combinazione utensile/supporto/inserto. 2. Regolare il posizionamento in altezza. 3. Regolare a 90°. 4. Correggere la macchina.
Eccessiva pressione sul tagliente		
	1. Materiale con tendenza all'incrudimento associato a profondità di incremento troppo ridotte per la geometria. 2. L'eccessiva pressione sul tagliente può essere causa di scheggiatura. 3. Profilo con angolo del profilo del filetto troppo piccolo.	1. Ridurre il numero di incrementi. Passare alla geometria F. 2. Passare a una qualità più tenace. 3. Utilizzare l'incremento sul fianco modificato.

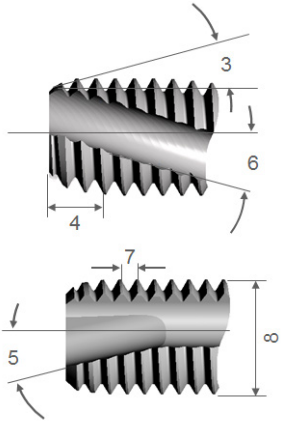


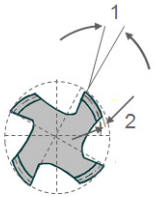
Maschiatura

- Teoria C 29
- Processo di maschiatura C 30
- Dimensioni e tolleranze di foro C 33
- Refrigerante C 34
- Portautensili C 35

Elementi teorici di maschiatura

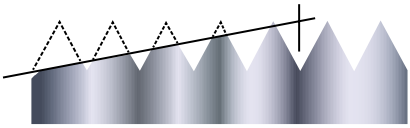
Terminologia





1. Angolo di spoglia superiore
2. Scarico (distanza)
3. Angolo di smusso
4. Smusso (lunghezza)
5. Angolo di punta a spirale
6. Angolo a spirale
7. Passo
8. Diametro esterno

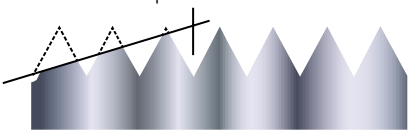
Smusso lungo



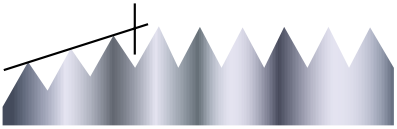
- Momento torcente elevato
- Migliore finitura superficiale
- Trucioli sottili
- Bassa pressione sullo smusso
- Maggiore durata utensile
- Più comune per maschio con punta elicoidale.

Smusso medio

Maschio ad asportazione

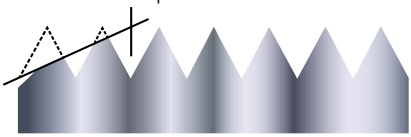


Maschio a rullare

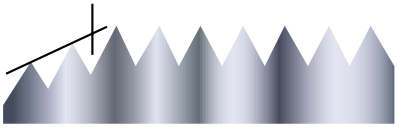


Smusso corto

Maschio ad asportazione



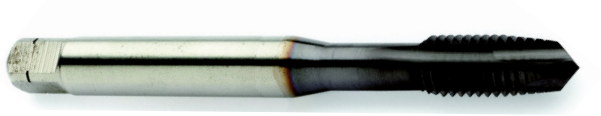
Maschio a rullare



I diversi standard

- ISO
- ANSI

ISO e ANSI hanno una OAL (lunghezza globale) piuttosto corta e sono abbastanza simili, tranne che per il diametro dello stelo che è in pollici per ANSI e metrico per ISO.

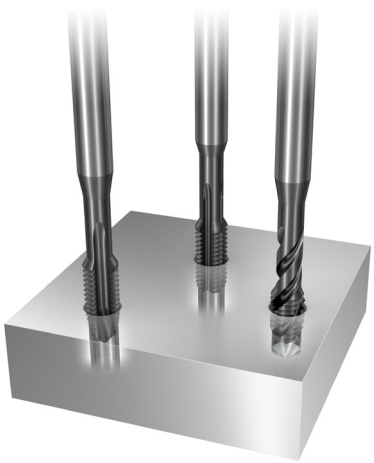


- DIN
- DIN/ANSI

DIN è una versione lunga e metrica.
DIN ANSI è un misto di entrambi, con diametro di stelo ANSI e OAL DIN.

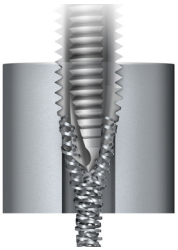
Processo di maschiatura

Vari tipi di processi di maschiatura



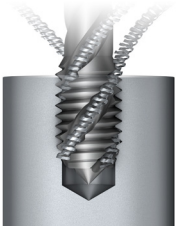
Geometrie per diversi tipi di fori

Maschio con punta elicoidale per fori passanti



- Il tipo di maschio più resistente
- Adatto a condizioni difficili
- Spinge i trucioli avanti attraverso il foro
- Maschio per foro passante.

Maschio con scanalature elicoidali per fori ciechi

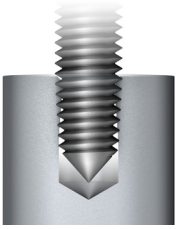


- Il tipo di maschio più comune
- Spinge i trucioli in alto lungo lo stelo
- Maschio per fori ciechi.

Maschio con scanalature diritte per tutti i fori

- Per materiali a truciolo corto come la ghisa
- Spesso usato nell'industria automobilistica, ad es. per pompe e valvole
- Utilizzabile per tutti i tipi di fori e tutte le profondità.

Il maschio a rullare è una soluzione di maschiatura che non prevede la formazione di trucioli



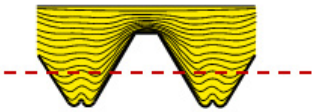
- Soluzione di maschiatura senza trucioli
- Per acciaio tenero, acciaio inossidabile ed alluminio
- Utilizzabile per tutti i tipi di fori e tutte le profondità
- Migliora la robustezza del filetto in alcuni materiali, ad es. alluminio.

Processi di rullatura e maschiatura

Maschio a rullare

Il filetto viene formato attraverso la deformazione del materiale.

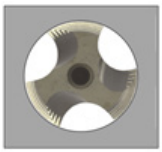
Nessuna produzione di trucioli.

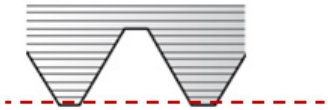


Maschio ad asportazione

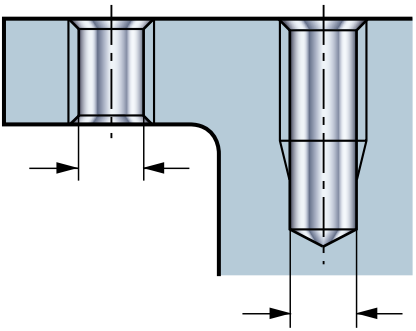
Il maschio taglia il materiale.

Vengono prodotti trucioli.





Dimensioni e tolleranze di foro



Calcolo di base delle dimensioni del foro, maschi ad asportazione

D = TD - TP

D = Diametro foro (mm, poll.)

TD = Diametro filetto nominale (mm, poll.)

TP = Passo del filetto (mm, poll.)

Dimensioni foro per maschio ad asportazione M10 x 1.5 = 8.5 mm (8.5 = 10 - (1.5)

Dimensioni foro per maschio ad asportazione 1/4" - 20 = 0.2008" (0.2008" = 1/4 - (20).

Calcolo di base delle dimensioni del foro, maschi a rullare

D = TD - (TP/2)

D = Diametro foro (mm, poll.)

TD = Diametro filetto nominale (mm, poll.)

TP = Passo del filetto (mm, poll.)

Dimensioni foro per maschio a rullare M10 x 1.5 = Dimensioni foro per maschio ad asportazione 1/4" - 20 = 0.2008" (0.2008" = 1/4 - (20) mm (9.3 = 10 - (1.5/2))

Dimensioni foro per maschio a rullare 1/4" - 20 = 0.2264" (0.2264" = 1/4 - (20/2)).

Refrigerante

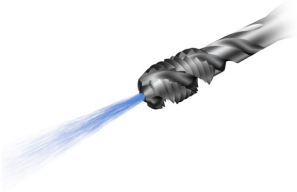
Fattori importanti per le prestazioni

L'adduzione di refrigerante è essenziale nella maschiatura e influenza

- Evacuazione truciolo
- Qualità del filetto
- Durata utensile.

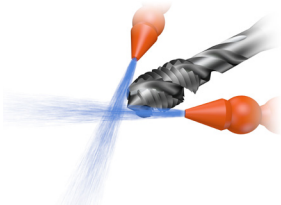
Adduzione di refrigerante

Adduzione di refrigerante interna o esterna



- Sempre preferibile per migliorare l'evacuazione truciolo, specialmente in materiali a truciolo lungo e per la filettatura di fori profondi (2-3 x D)
- Da preferire per profondità di foro superiori a 3 volte il diametro.

Adduzione esterna di refrigerante



- Il metodo più comune di adduzione di refrigerante
- Utilizzabile quando la formazione dei trucioli è buona
- Per migliorare l'evacuazione truciolo, almeno un ugello (due se la punta è fissa) dovrebbe essere direzionato vicino all'asse dell'utensile.

Fluidi da taglio ed emulsioni

Tre alternative principali

- A base di olio minerale
- Refrigerante sintetico
- Olio intero.

Due ulteriori opzioni

- Olio a base vegetale
- Semisintetico.

Tenere sempre presente

- Tipo di fluido da taglio usato nella macchina
- Tenore d'olio.

Portautensili per maschiatura

Presentazione

Mandrino a pinza elastica in gomma flottante

Lascia un certo gioco per consentire di arrivare al percorso corretto. Spesso utilizzato nelle macchine di tornitura manuali e piccole.

Coromant Capto®

Vantaggi e raccomandazioni

- Le pinze in gomma coprono un'ampia gamma di bloccaggio
- Tensione e compressione per eliminare l'errore di avanzamento.

Pinza elastica ER rigida

Con questo approccio, non c'è gioco di tensione/compressione. Ciò significa che il movimento del mandrino e il movimento dell'asse devono essere sincronizzati con precisione. Questo richiede un controller CNC più sofisticato.

Maschiatura rigida con pinza elastica ER

Vantaggi e raccomandazioni

- La maschiatura rigida è spesso più veloce
- Il costo degli utensili è inferiore (gli attacchi rigidi costano meno di quelli a tensione/compressione)
- Compattezza e affidabilità superiori rispetto agli attacchi a tensione/compressione
- Il filetto risultante può essere più preciso.

Nota: le maggiori forze esercitate sul maschio riducono la durata utensile. Inversione non abbastanza rapida a velocità elevate, ovvero 6000 giri/min.

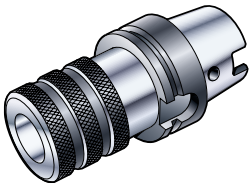
Mandrino di maschiatura a cambio rapido

Scelta prioritaria per operazioni di maschiatura standard. Produzione versatile di bassi volumi. Principalmente per macchine più datate e poco stabili.

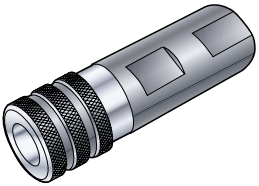
Vantaggi e raccomandazioni

- Facile impiego con cambio rapido
- Tensione e compressione per eliminare errori di avanzamento
- Adattatori con o senza innesto a frizione.

Coromant Capto®



Attacco integrale HSK



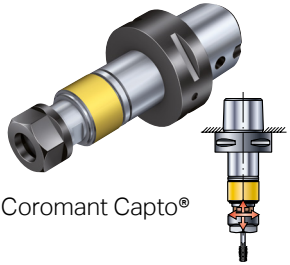
Attacco integrale Weldon

Mandrini di maschiatura ad avanzamento sincrono

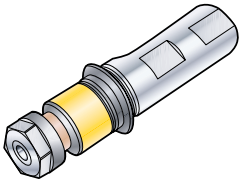
Portamaschi rigido con compensazione a microflottazione per eliminare la filettatura sovradimensionata. Scelta prioritaria per le macchine utensili CNC e le operazioni di maschiatura sincronizzata.

Vantaggi e raccomandazioni

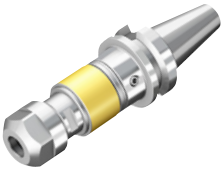
- Alto volume di produzione / elevata precisione
- Riduzione della forza di spinta sui fianchi del maschio
- La limitata compensazione effettiva permette di ottenere profondità precise
- Studiati per refrigerante interno ad alta pressione.



Coromant Capto®



Attacco a stelo Weldon



Attacco integrale MAS-BT

Fresatura

La fresatura viene realizzata con utensili da taglio rotanti e multitaglienti che eseguono i movimenti di avanzamento programmati in quasi tutte le direzioni.

La fresatura serve principalmente a ottenere superfici piane ma, grazie allo sviluppo delle macchine e dei software, è sempre più utilizzata per lavorare anche altri tipi di forme e superfici.

• Teoria D 4

• Procedura di selezione D 9

• Presentazione del sistema D 13

• Scelta degli inserti – Consigli applicativi D 24

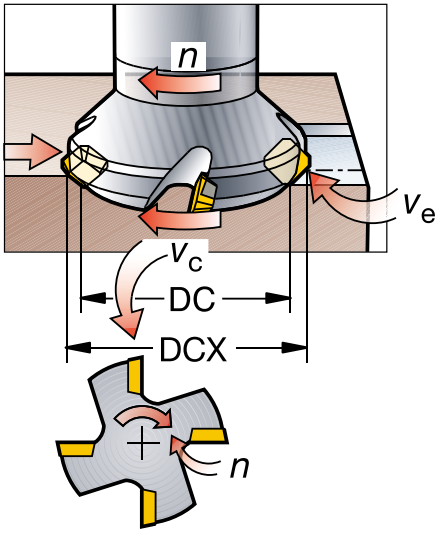
• Scelta degli utensili – Consigli applicativi D 29

• Risoluzione dei problemi D 36

Teoria della fresatura

Terminologia

Velocità di rotazione mandrino, velocità di taglio e diametro della fresa



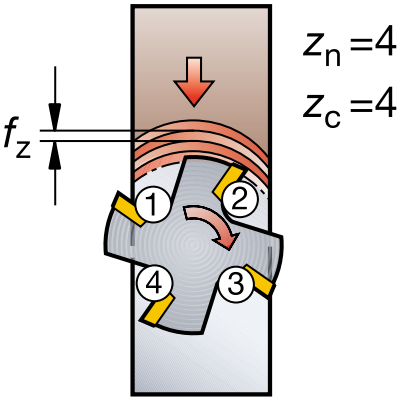
- n = velocità di rotazione mandrino, giri/min (giri al minuto)
- v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
- v_e = velocità di taglio effettiva, m/min (piedi/min)
- DC = diametro della fresa, mm (poll.)
- DCX = diametro di taglio massimo, mm (poll.)

La velocità del mandrino (n) in giri/min è il numero di giri che la fresa montata sul mandrino compie ogni minuto.

La velocità di taglio (v_c) in m/min (piedi/min) indica la velocità periferica a cui il tagliente lavora il pezzo.

Il diametro specificato della fresa (DCX), con una profondità di taglio effettiva al diametro (DC), è la base per la velocità di taglio v_c o v_e.

Avanzamento, numero di denti e velocità di rotazione del mandrino



f_z = avanzamento per dente, mm/dente (poll./dente)
v_f = avanzamento tavola, mm/min (poll./min)
z_n = numero di denti della fresa (pz)
z_c = numero effettivo di denti (pz) [in presa]
f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro) [$f_z \times z_c$]
n = velocità del mandrino (giri/min)

$$v_f = f_z \times z_c \times n \quad \text{mm/min (poll./min)}$$

Nella fresatura, l'avanzamento per dente, f_z mm/dente (poll./dente), è un valore per il calcolo dell'avanzamento tavola. Il valore di avanzamento per dente viene calcolato dal valore massimo consigliato di spessore dei trucioli.

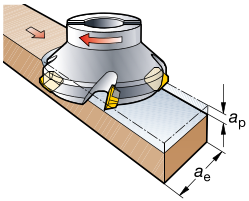
L'avanzamento al minuto, v_f mm/min (poll./min), conosciuto anche come avanzamento tavola, avanzamento macchina o velocità di avanzamento, è l'avanzamento dell'utensile in relazione al pezzo, in distanza per unità di tempo, legato all'avanzamento per dente e al numero di denti della fresa.

Il numero di denti disponibili nell'utensile (z_n) varia notevolmente e viene utilizzato per determinare l'avanzamento tavola mentre il numero effettivo di denti (z_c) è il numero di denti effettivamente impegnato nel taglio.

L'avanzamento per giro (f_n) in mm/giro (poll./giro) è il valore utilizzato specificamente per i calcoli dell'avanzamento e spesso per determinare la capacità di finitura di una fresa.

Terminologia

Profondità di taglio



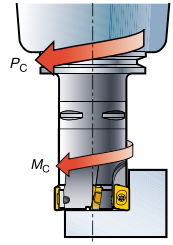
a_e = profondità di taglio radiale, mm (poll.) [impegno radiale]

a_p = profondità di taglio assiale, mm (poll.)

La profondità di taglio assiale, a_p mm (poll.), equivale al metallo rimosso dall'utensile sulla superficie del pezzo. Si tratta della distanza a cui si trova l'utensile sotto la superficie non lavorata.

La larghezza di taglio radiale, a_e mm (poll.), è la larghezza del componente impegnato nel taglio dal diametro della fresa. Si tratta della distanza lungo la superficie lavorata oppure, se il diametro dell'utensile è inferiore, di quella percorsa dall'utensile.

Potenza netta, momento torcente e forza di taglio specifica



a_p = profondità di taglio assiale, mm (poll.)

a_e = profondità di taglio radiale, mm (poll.) [impegno radiale]

v_f = avanzamento tavola, mm/min (poll./min)

k_c = forza di taglio specifica, N/mm^2 (lb/poll.^{2})

P_c = potenza netta, kW (Hp)

M_c = momento torcente, Nm (lbf piede)

La potenza netta (P_c) è la potenza che la macchina deve essere in grado di fornire ai taglienti per determinare l'azione di taglio. Quando si selezionano i dati di taglio, è necessario considerare l'efficienza della macchina.

Il momento torcente (M_c) è il valore del momento torcente, generato dall'utensile durante l'azione di taglio, che la macchina deve fornire.

Il valore della forza di taglio specifica (k_{c1}) è una costante del materiale, espressa in N/mm^2 (lb/poll.^{2}). I valori sono riportati nel nostro catalogo con le informazioni per l'ordinazione e nella guida tecnica.

Sistema metrico

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6} \text{ kW}$$

Sistema in pollici

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \text{ Hp}$$

Sistema metrico

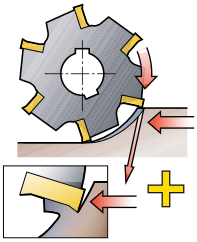
$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ Nm}$$

Sistema in pollici

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \text{ lbf piedi}$$

Fresatura concorde o discorde

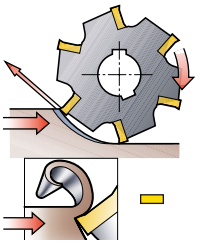
Fresatura concorde – Metodo da preferire



Utilizzando la fresatura concorde si evita l'effetto di "strisciamento", riducendo la generazione di calore e minimizzando la tendenza all'incrudimento.

- Nella fresatura concorde, l'inserto inizia a tagliare generando trucioli di grande spessore.

Fresatura discorde



La direzione di avanzamento del pezzo è opposta a quella di rotazione della fresa in corrispondenza dell'area di taglio.

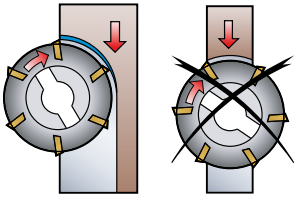
- Nella fresatura discorde, lo spessore dei trucioli parte da zero e aumenta fino alla fine del taglio.

Per garantire le migliori condizioni di taglio, utilizzare sempre la fresatura concorde.

Diametro e posizione della fresa

La selezione del diametro della fresa viene generalmente fatta in base alla larghezza del pezzo e considerando la potenza disponibile della macchina.

La posizione della fresa rispetto all'impegno del pezzo e il contatto dei denti della fresa sono elementi fondamentali per la riuscita dell'operazione.

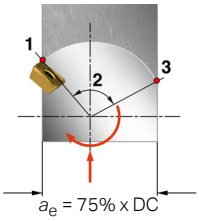


- Il diametro della fresa dovrebbe essere del 20 – 40% superiore alla larghezza di taglio.
- Regola dei 2/3 (ovvero fresa da 150 mm (5.906 poll.))
  - 2/3 in taglio, 100 mm (3.937 poll.)
  - 1/3 non in taglio, 50 mm (1.969 poll.).
- Spostando la fresa fuori dal centro, è possibile ottenere una direzione più costante e favorevole delle forze di taglio.

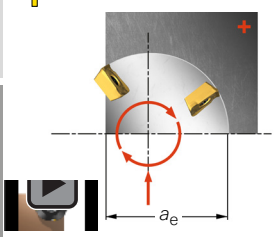
Formazione dei trucioli in base alla posizione della fresa

L'impegno tra il tagliente e il pezzo, in direzione radiale, avviene in tre diverse fasi:

1. Entrata nel taglio
2. Arco di impegno nel taglio
3. Uscita dal taglio.

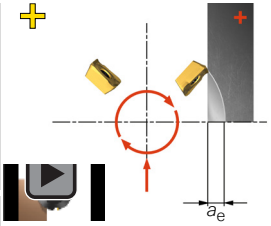


DC = diametro della fresa
a_e = impegno radiale



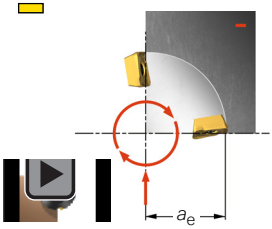
L'asse della fresa è all'interno della larghezza del pezzo, a_e >75% di DC.

- Condizioni di taglio maggiormente favorevoli ed uso ottimizzato del diametro della fresa.
- L'impatto iniziale all'entrata del taglio è sostenuto lungo il tagliente, lontano dalla parte sensibile.
- L'inserto lascia il taglio gradualmente.



'asse della fresa è all'esterno della larghezza del pezzo, a_e <25% di DC.

- L'angolo di entrata è positivo
- L'impatto all'entrata è sostenuto dalla parte più estrema dell'inserto e il carico viene gradualmente sostenuto dall'utensile.



L'asse della fresa è in linea con il bordo del pezzo, a_e = 50% di DC.

- Non consigliato.
- All'entrata, gli shock meccanici in corrispondenza del tagliente sono molto alti.

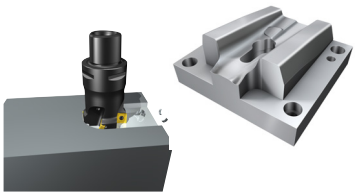
= posizione raccomandata della fresa.

= posizione non raccomandata della fresa.

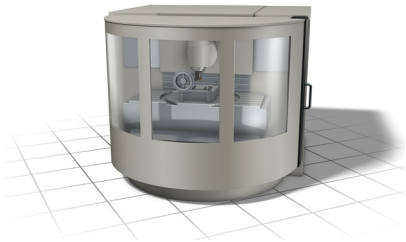
Procedura di selezione

Processo di pianificazione della produzione

1 Componente — Tipo di operazione e metodo

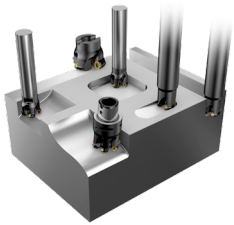


1 Componente — Materiale e quantità dei pezzi da lavorare

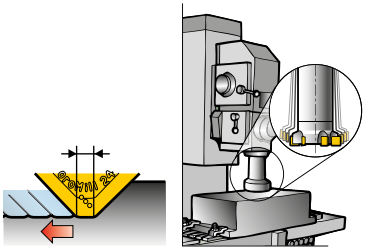


2 Macchina — Parametri della macchina

3 Scelta degli utensili — Selezionare il tipo di fresa



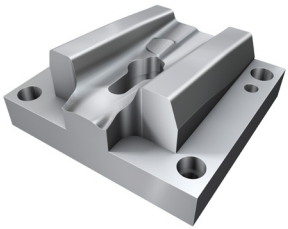
4 Consigli applicativi — Dati di taglio, metodo, ecc.



5 Risoluzione dei problemi — Cause e rimedi

1. Componente e materiale da lavorare

Parametri da considerare



Forma geometrica

- Superficie piana
- Cavità profonde
- Pareti/fondi sottili
- Cave.

Materiale

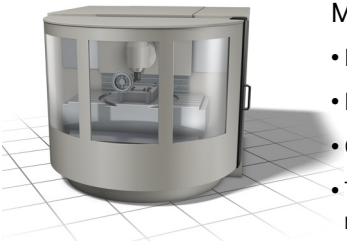
- Lavorabilità
- Pezzo fuso o prelavorato
- Formazione dei trucioli
- Durezza
- Elementi leganti.

Tolleranze

- Precisione dimensionale
- Finitura superficiale
- Distorsione del pezzo
- Integrità della superficie.

2. Parametri della macchina

Caratteristiche della macchina e setup



Macchina

- Potenza disponibile
- Età/condizioni – stabilità
- Orizzontale/verticale
- Tipo e dimensioni del mandrino
- Numero di assi/configurazione
- Bloccaggio del pezzo.

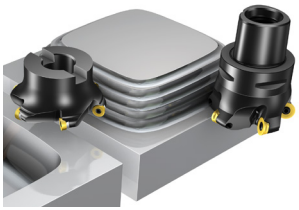
Portautensili

- Sporgenza lunga
- Attacco inadeguato
- Runout assiale/radiale.

3. Scelta degli utensili

Diversi modi di ottimizzare la fresatura

Frese con inserti rotondi



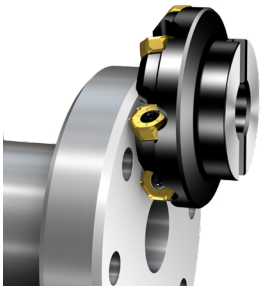
Vantaggi

- Frese robuste
- Molto flessibili per spianatura e profilatura
- Frese multifunzionalità ad alte prestazioni.

Svantaggi

- Gli inserti rotondi richiedono macchine più stabili.

Fresa per spianatura a 45°



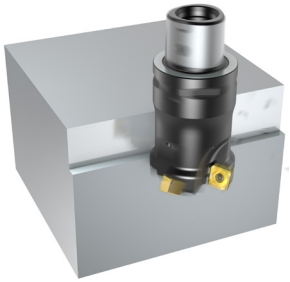
Vantaggi

- Scelta generale per spianatura
- Bilanciamento delle forze di taglio assiali e radiali
- Entrata "dolce" nel taglio.

Svantaggi

- Profondità di taglio max, 6-10 mm (0.236-.394 poll.).

Fresa per spallamenti retti a 90°



Vantaggi

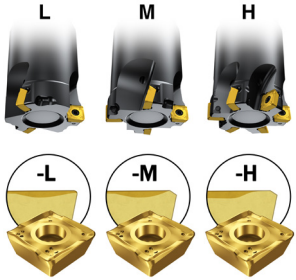
- Grande versatilità
- Grande profondità di taglio
- Ridotte forze di taglio assiali (pezzi sottili)
- Inserti da taglio leggero con quattro taglienti effettivi.

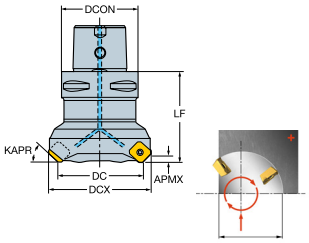
Svantaggi

- L'avanzamento per dente è relativamente basso quando $f_z = h_{ex}$.

4. Consigli applicativi

Considerazioni importanti sull'applicazione





Numero di taglienti/passo

- La selezione del corretto numero di taglienti o del passo è molto importante.
- Incide sia sulla produttività che sulla stabilità.

Geometria dell'inserto

- Scegliere tra le geometrie per lavorazione leggera, media o pesante.

Stabilità

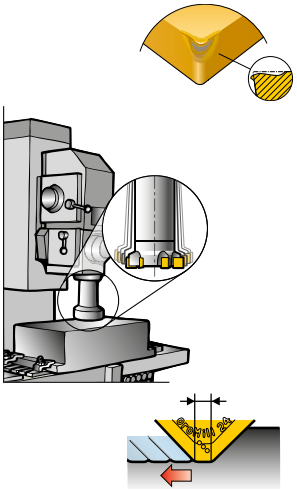
- Scegliere un mandrino di dimensione o diametro esterno più grande possibile.

Formazione dei trucioli in base al posizionamento della fresa

- Utilizzare sempre la fresatura concorde
- Spostare la fresa dal centro
- Utilizzare una fresa di diametro superiore del 20–50% a quello di taglio.

5. Risoluzione dei problemi

Alcuni aspetti da considerare



Usura dell'inserto e durata utensile

- Controllare il modello di usura e, all'occorrenza, modificare i dati di taglio.

Vibrazioni

- Fissaggio debole
- Lunga sporgenza dell'utensile
- Pezzo debole
- Dimensioni del cono del mandrino.

Finitura superficiale insoddisfacente

- Controllare il runout del mandrino
- Utilizzare inserti raschianti
- Ridurre l'avanzamento per dente.

Presentazione del sistema

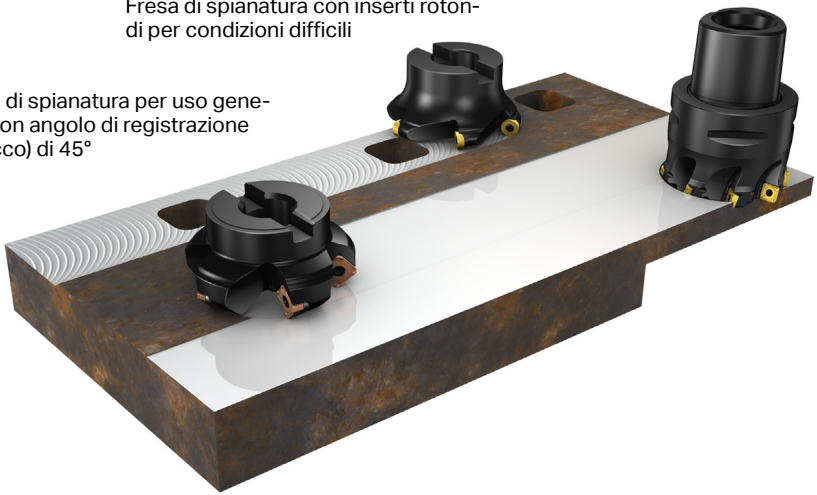
Spianatura

Frese per impieghi generali

Fresa per spianatura e spallamenti retti adatta a operazioni di spianatura leggera

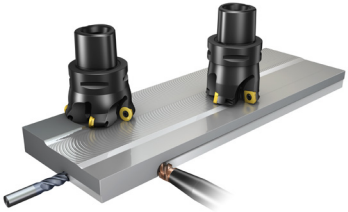
Fresa di spianatura con inserti rotondi per condizioni difficili

Fresa di spianatura per uso generale con angolo di registrazione (attacco) di 45°

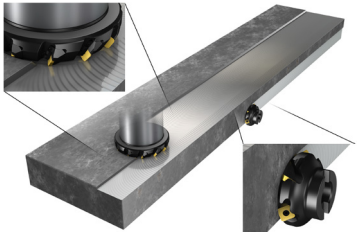


Frese specifiche

Spianatura ad avanzamenti elevati

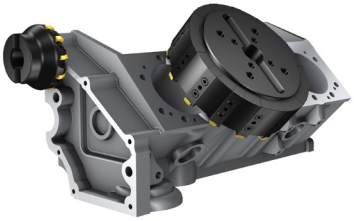


Spianatura pesante



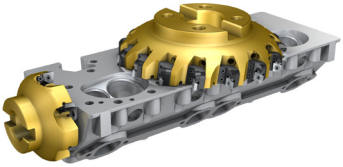
Frese di spianatura per lavorazione di ghisa

K



Frese di spianatura per la lavorazione di alluminio

N



Fresatura di spallamenti

Frese per impieghi generali

Fresa per spianatura e spallamenti adatta a lavorazioni leggere di spallamenti

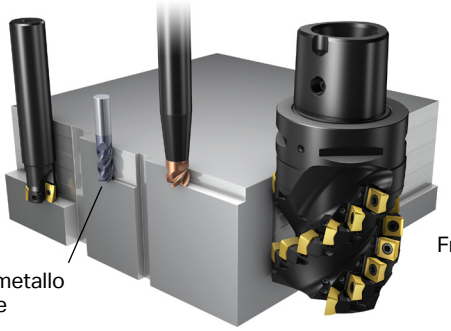
Fresa per spianatura e spallamenti adatta a operazioni di lavorazione pesante

Fresa a disco per esecuzione di spallamenti

Frese a candela specifiche e frese per contornatura

Fresa a candela con testina intercambiabile di metallo duro integrale

Fresa a candela con inserti multitaglienti

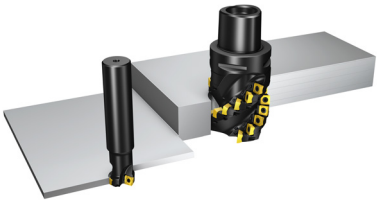


Fresa a riccio

Fresa a candela in metallo duro integrale

Fresatura di spallamenti profondi

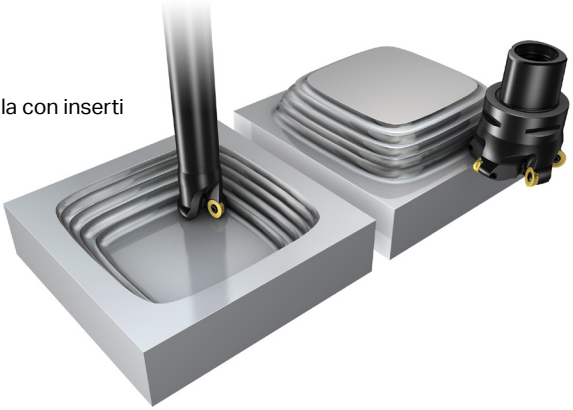
Lavorazione di bordi con frese per spallamenti retti



Profilatura

Frese per impieghi generali – Sgrossatura

Fresa a candela con inserti rotondi



Fresa con inserti rotondi

Frese per impieghi generali – Finitura

Fresa a candela con testa sferica in metallo duro integrale

Fresa a candela con testina intercambiabile di metallo duro integrale

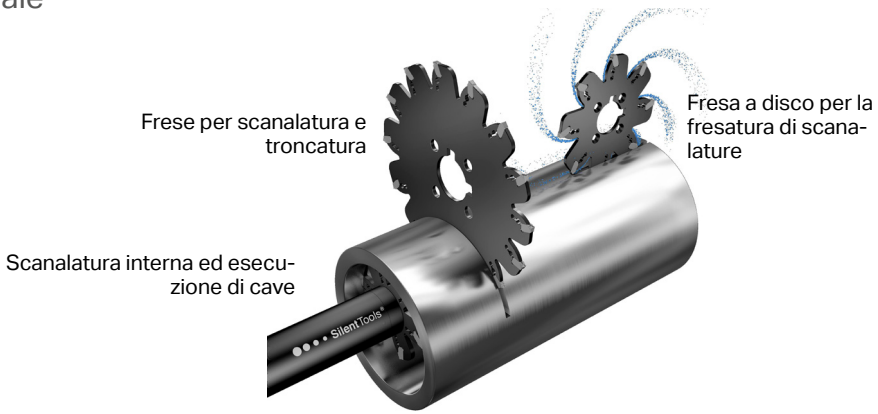
Altri metodi

Torni-fresatura

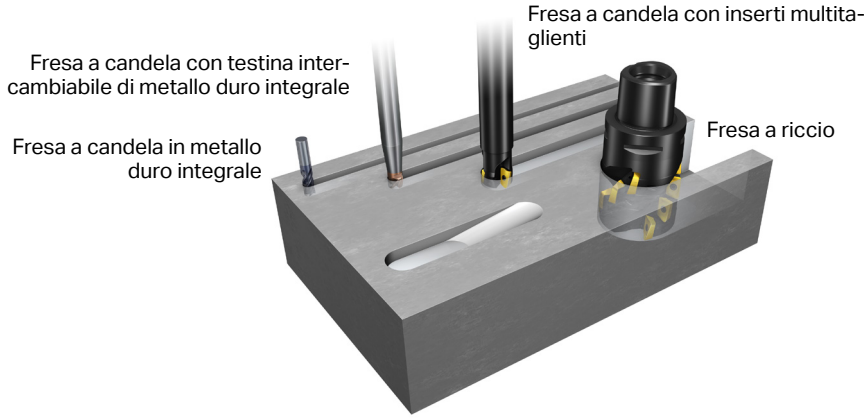
Fresatura pale

Fresatura di scanalature

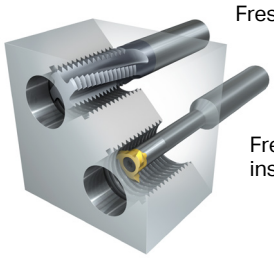
Frese per impieghi generali – Fresatura di cave in direzione radiale

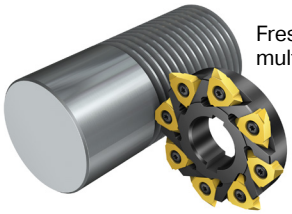


Frese per impieghi generali – Fresatura di cave in direzione assiale



Fresatura di filetti e scanalatura poco profonda

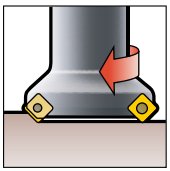
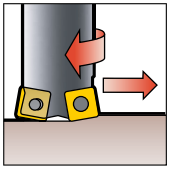
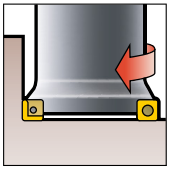
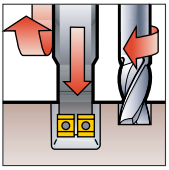
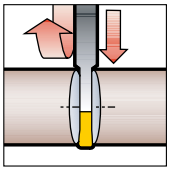
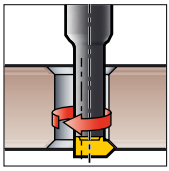
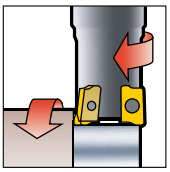
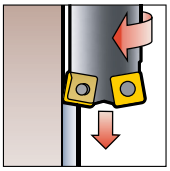
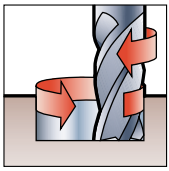
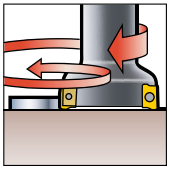
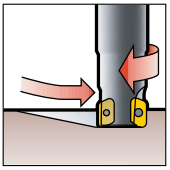
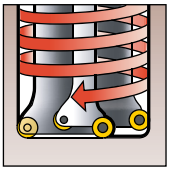
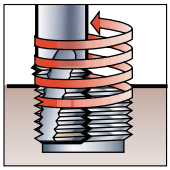




Presentazione delle operazioni di fresatura

La moderna tecnica di fresatura è un metodo di lavorazione universale. Negli ultimi anni, di pari passo con lo sviluppo delle macchine utensili, la fresatura si è evoluta fino a diventare un metodo di lavorazione di una gamma molto ampia di configurazioni. La possibilità di scegliere il metodo sulle macchine multiasse ha reso la fresatura una valida alternativa per la lavorazione di fori, cavità, superfici precedentemente tornite, filetti, ecc.

Anche gli sviluppi nel campo degli attrezzamenti, che sono stati operati nella tecnologia degli inserti multitaglienti e nel metallo duro integrale, hanno contribuito a creare nuove possibilità, insieme all'aumento di produttività, affidabilità e costanza della qualità.

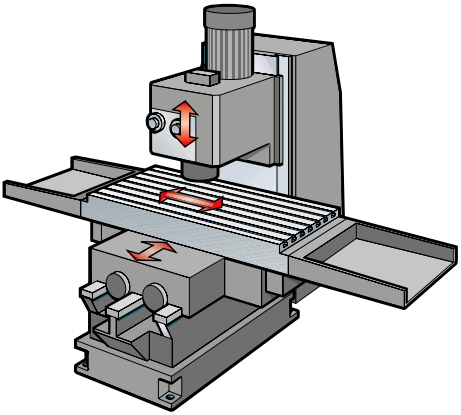
Spianatura	Fresatura ad avanzamenti elevati	Fresatura di spallamenti	Fresatura di scanalature
			
Troncatura	**Smussatura**	**Profilatura**	**Torni-fresatura**
			
Fresatura a tuffo	**Fresatura trocoidale**	**Fresatura con interpolazione circolare**	**Lavorazione di piani inclinati lineare**
			
Interpolazione elicoidale	**Fresatura di filetti**		
			

Metodi di fresatura

Le fresatrici possono essere azionate manualmente, automatizzate meccanicamente o digitalmente attraverso il controllo numerico computerizzato (CNC).

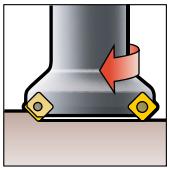
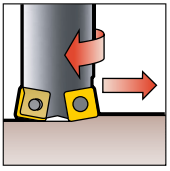
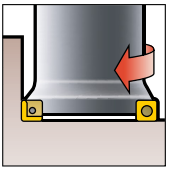
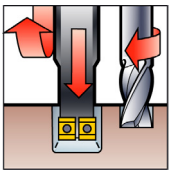
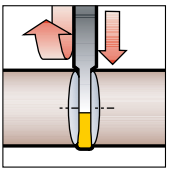
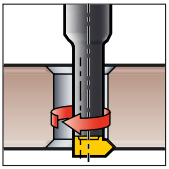
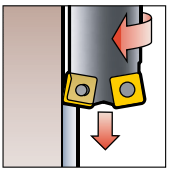
Metodi di fresatura convenzionale

Fresatrici verticali



Nelle macchine convenzionali a 3 assi, la fresatura viene eseguita principalmente per ottenere superfici piane, spallamenti e cave.

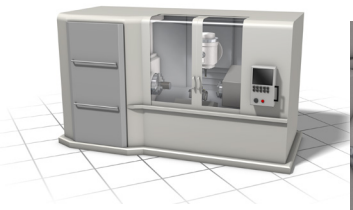
Dato il continuo aumento del numero di centri di lavoro a cinque assi e di macchine multi-task, aumentano costantemente anche superfici e forme diverse da quelle illustrate di seguito.

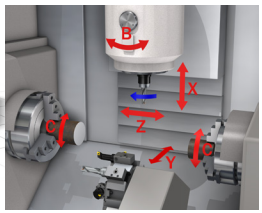
Spianatura	Fresatura ad avanzamenti elevati	Fresatura di spallamenti	Fresatura di scanalature
			
Troncatura	**Smussatura**	**Fresatura a tuffo**	
			

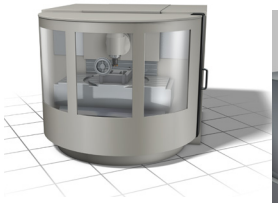
Metodi di fresatura avanzata

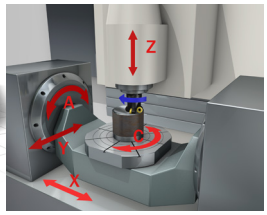
Moderne macchine a 4 - 5 assi

Attualmente, le macchine si stanno sviluppando in ogni senso. I centri di tornitura hanno possibilità di fresatura grazie ai portautensili rotanti e i centri di lavoro hanno possibilità di tornitura grazie all'arrivo di macchine di torni-fresatura. I progressi della programmazione CAM permettono l'aumento delle macchine a 5 assi.



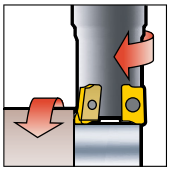
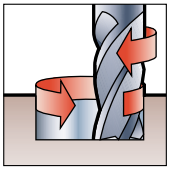
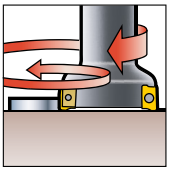
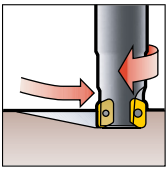
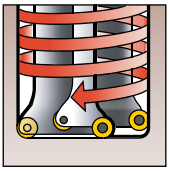
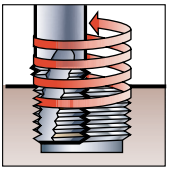




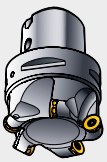
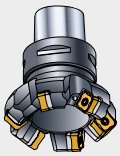


Queste tendenze e lo sviluppo di nuovi metodi mettono in discussione anche le caratteristiche e i requisiti dell'attrezzamento, quali:

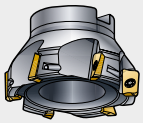
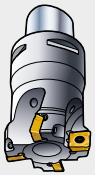
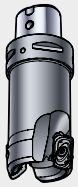
- Maggiore flessibilità
- Meno macchine/setup per completare un componente
- Minore stabilità
- Lunghezze utensile superiori
- Minore profondità di taglio.

Profilatura	Torni-fresatura	Fresatura trocoidale	Fresatura con interpolazione circolare
			
Lavorazione di piani inclinati lineare	**Interpolazione elicoidale**	**Fresatura di filetti**	
			

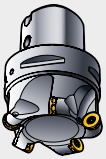
Posizionamento delle frese per la spianatura

Tipo di fresa / Considerazioni	 Inserti rotondi	10-25°	 45°	90°
Dimensioni macchina/mandrino	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Stabilità	Alta	Alta	Lav. media	Bassa
Sgrossatura	Ottima	Buona	Ottima	Accettabile
Finitura	Accettabile	Accettabile	Ottima	Buona
Profondità di taglio a_p	Lav. media	Piccola	Lav. media	Grande
Versatilità	Ottima	Buona	Buona	Ottima
Produttività	Ottima	Ottima	Ottima	Buona

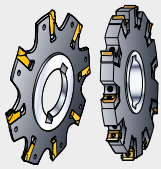
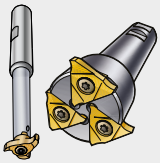
Posizionamento delle frese per la fresatura di spallamenti

Tipo di fresa / Considerazioni				
	90°	90°	90°	90°
Dimensioni macchina/mandrino	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Stabilità	Alta	Alta	Lav. media	Bassa
Sgrossatura	Ottima	Buona	Accettabile	Buona
Finitura	Accettabile	Accettabile	Ottima	Buona
Profondità di taglio a_p	Grande	Lav. media	Piccola	Grande
Materiale	Tutti	Tutti	Alluminio	Alluminio
Versatilità	Ottima	Ottima	Accettabile	Buona

Posizionamento delle frese per la profilatura

Tipo di fresa / Considerazioni	 Inserti rotondi	Testa sferica multitagliente	Testa sferica intercambiabile	Testa sferica in metallo duro integrale
Dimensioni macchina/mandrino	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40	ISO 30, 40
Stabilità	Alta	Lav. media	Lav. media	Bassa
Sgrossatura	Ottima	Buona	Accettabile	Accettabile
Finitura	Accettabile	Accettabile	Ottima	Ottima
Profondità di taglio a_p	Lav. media	Lav. media	Piccola	Piccola
Versatilità	Ottima	Ottima	Ottima	Ottima
Produttività	Ottima	Buona	Buona	Buona

Posizionamento delle frese per cave e scanalature

Tipo di fresa / Considerazioni			
	Scanalatura Spianatura/ laterale	Scanalatura	Contornatura
Dimensioni macchina/mandrino	ISO 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50
Scanalatura aperta	Aperta	Aperta	Aperta
Scanalatura chiusa	Chiusa	Chiusa	Chiusa
Larghezza di taglio	Piccola	Piccola	Grande
Profondità di taglio a_p	Medio-grande	Ridotta	Medio-grande
Versatilità	Limitata	Buona	Buona

Tipo di fresa / Considerazioni			
	Fresa a candela con inserti multi-taglienti	Fresa a candela a testina intercam-biabile	Fresa a candela in metallo duro integrale
Dimensioni macchina/mandrino	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50
Scanalatura aperta	Aperta	Aperta	Aperta
Scanalatura chiusa	Chiusa	Chiusa	Chiusa
Larghezza di taglio	Lav. media	Ridotta	Ridotta
Profondità di taglio a_p	Lav. media	Ridotta	Grande
Versatilità	Ottima	Ottima	Ottima

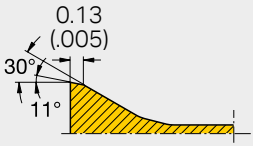
Scelta degli inserti e consigli applicativi

Moderni inserti di fresatura per operazioni di spianatura.

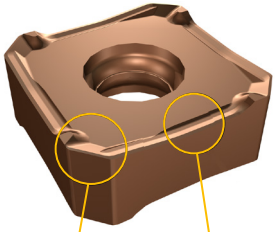
Il design di un moderno inserto di fresatura

Terminologia e caratteristiche della geometria

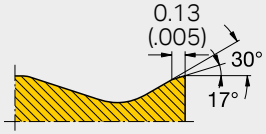
Tipo di angolo



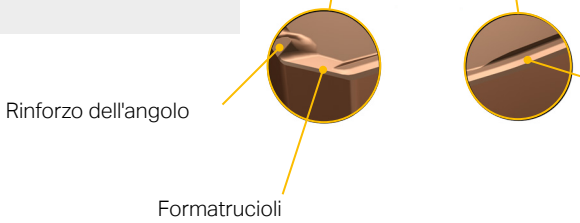
- Rinforzo del tagliente 0.13 mm (0.005 poll.)
- Angolo di spoglia superiore 30°
- Fascetta primaria 11°.



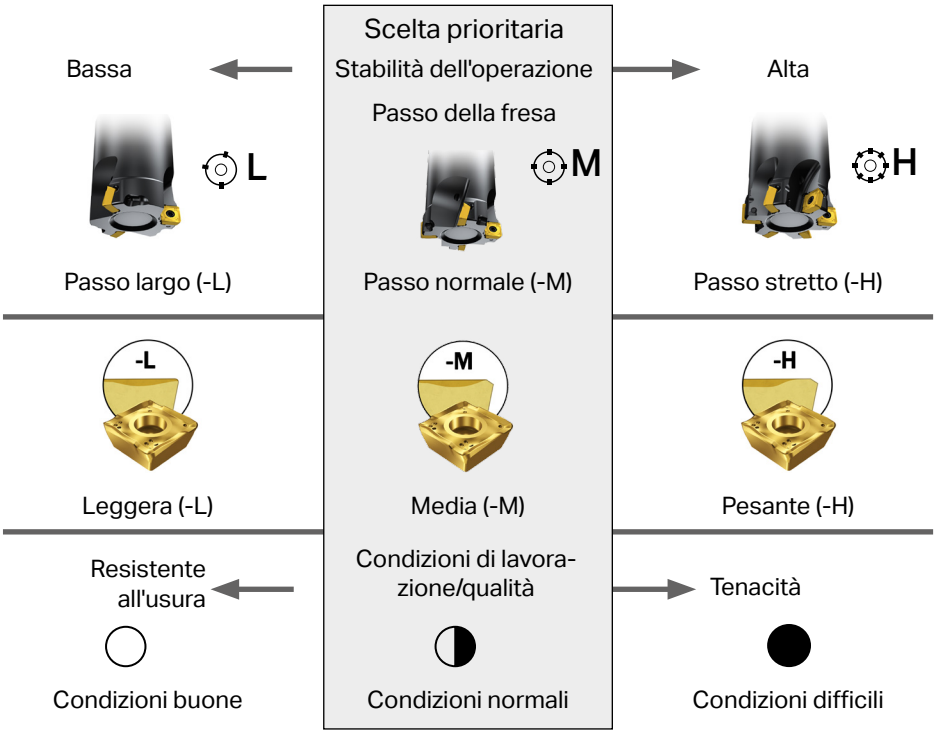
Design del tagliente principale



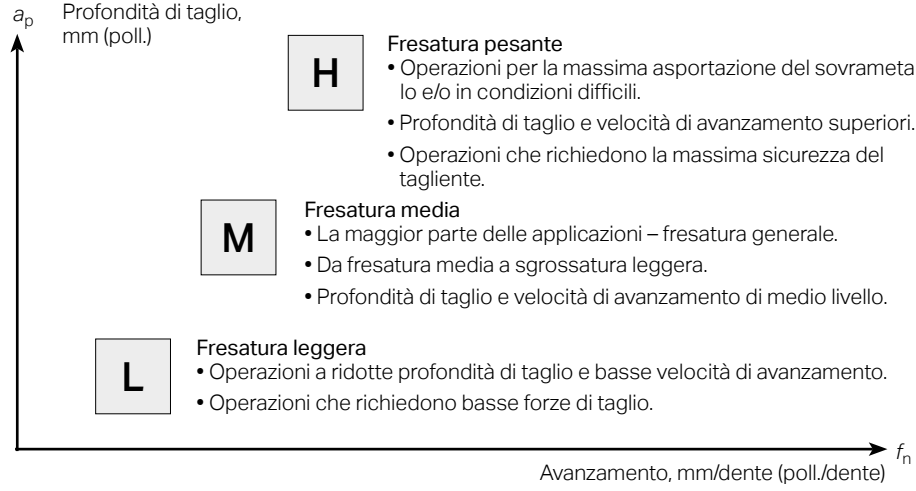
- Rinforzo del tagliente 0.13 mm (0.005 poll.)
- Angolo di spoglia superiore 30°
- Fascetta primaria 17°.



Scelta degli utensili per la fresatura



Tipo di applicazione



H – Fresatura pesante
- Operazioni per la massima asportazione del sovrametallo e/o in condizioni difficili.
- Profondità di taglio e velocità di avanzamento superiori.
- Operazioni che richiedono la massima sicurezza del tagliente.

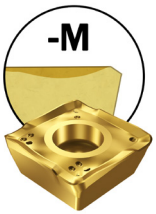
M – Fresatura media
- La maggior parte delle applicazioni – fresatura generale.
- Da fresatura media a sgrossatura leggera.
- Profondità di taglio e velocità di avanzamento di medio livello.

L – Fresatura leggera
- Operazioni a ridotte profondità di taglio e basse velocità di avanzamento.
- Operazioni che richiedono basse forze di taglio.

Scelta della geometria dell'inserto

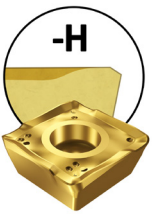
Leggera (-L)

- Extrapositivo
- Lavorazione leggera
- Basse forze di taglio
- Basse velocità di avanzamento.



Media (-M)

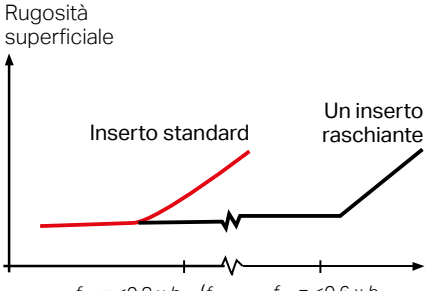
- Geometria per uso generale
- Velocità di avanzamento medie
- Da fresatura media a sgrossatura leggera.

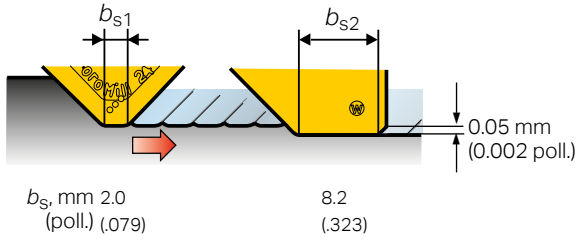


Pesante (-H)

- Tagliente rinforzato
- Lavorazione pesante
- Massima sicurezza del tagliente
- Avanzamenti elevati.

Come ottenere una buona finitura superficiale nella fresatura



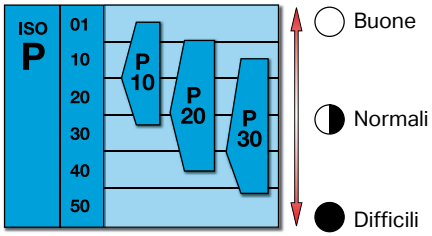


- Utilizzare inserti raschianti per aumentare la produttività e migliorare la finitura superficiale
- Limitare l'avanzamento al 60% della fascetta parallela
- Montare correttamente gli inserti raschianti
- Posizionare gli inserti raschianti sotto altri inserti.

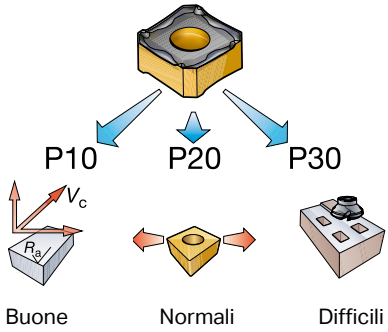
Come scegliere la qualità degli inserti

Selezione di geometria e qualità in base all'applicazione.

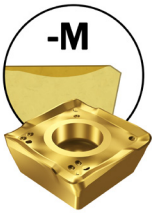
Definizione di un diagramma qualità

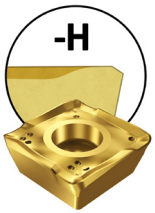


Condizioni di lavorazione



Definizione delle condizioni di lavorazione





Condizioni buone

- Profondità di taglio del 25% di a_p max o meno
- Sporgenza inferiore a due volte il diametro della fresa
- Tagli continui
- Lavorazione con o senza refrigerante.

Condizioni normali

- Profondità di taglio del 50% di a_p max o più
- Sporgenza di due/tre volte il diametro della fresa
- Tagli interrotti
- Lavorazione con o senza refrigerante.

Condizioni difficili

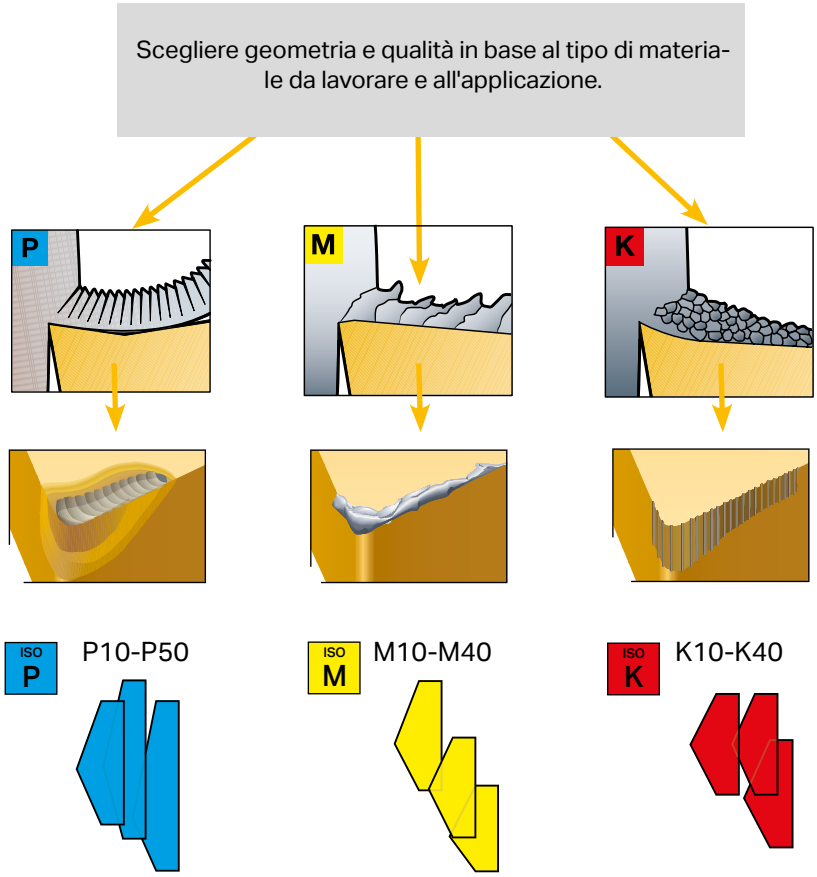
- Profondità di taglio del 50% di a_p max o più
- Sporgenza superiore a tre volte il diametro della fresa
- Tagli interrotti
- Lavorazione con o senza refrigerante.

▶ Qualità specifiche per ISO P, M e K

Le qualità specifiche consentono di ridurre al minimo l'usura dell'utensile

Durante l'azione di taglio, il materiale del pezzo influisce in diversi modi sull'usura. Sono state quindi sviluppate qualità specifiche per contrastare i meccanismi di usura di base:

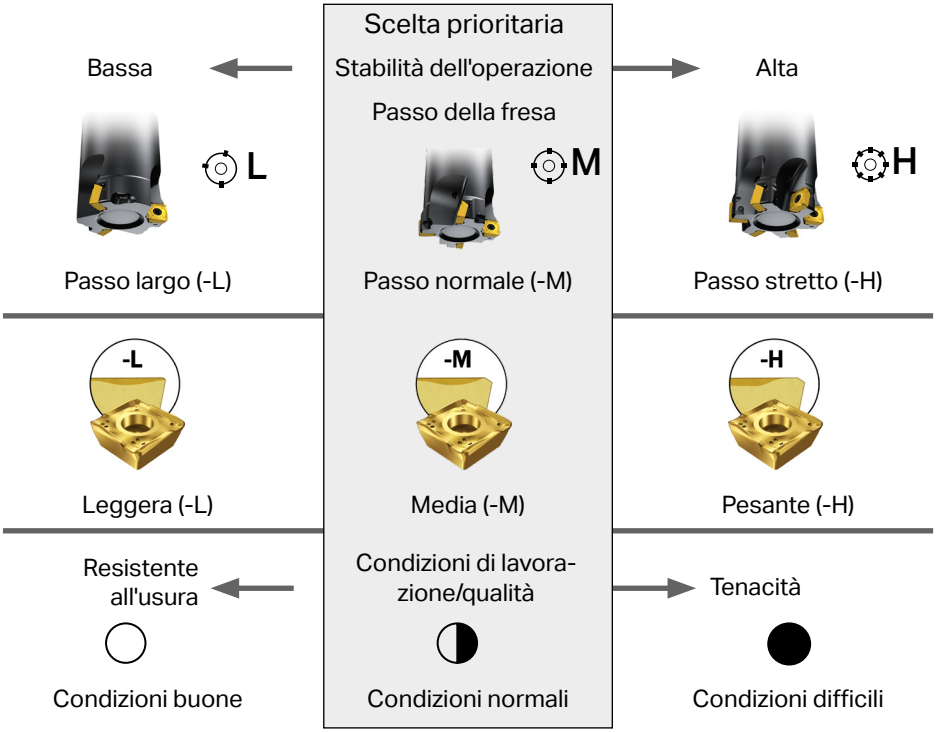
- usura sul fianco, craterizzazione e deformazione plastica su acciaio
- tagliente di riporto e usura ad intaglio su acciaio inossidabile
- usura sul fianco e deformazione plastica su ghisa.



Scelta della fresa e consigli applicativi

Frese di spianatura ad alte prestazioni per profondità di taglio medio-piccole.

Scelta degli utensili per la fresatura



Selezione dei passi della fresa

Scelta prioritaria

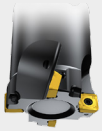
Bassa ← Stabilità dell'operazione → Alta

Passo della fresa

L

Passo largo (-L)

- Ridotto numero di inserti
- Stabilità limitata
- Sporgenza lunga
- Macchine piccole/potenza limitata
- Operazioni di scanalatura dal pieno profonde
- Passo differenziato.



M

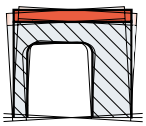
Passo normale (-M)

- Uso generale
- Adatto alla produzione mista
- Macchine medio-piccole
- Generalmente, scelta prioritaria.

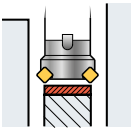
H

Passo stretto (-H)

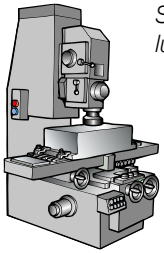
- Alto numero di inserti per la massima produttività
- Condizioni stabili
- Materiali a truciolo corto
- Materiali resistenti al calore.



Stabilità limitata

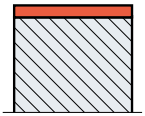


Sporgenza lunga

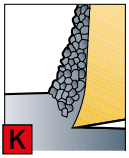


Potenza limitata

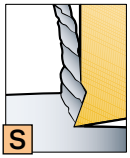
Scelta prioritaria



Condizioni stabili



Ghisa (CMC 08)

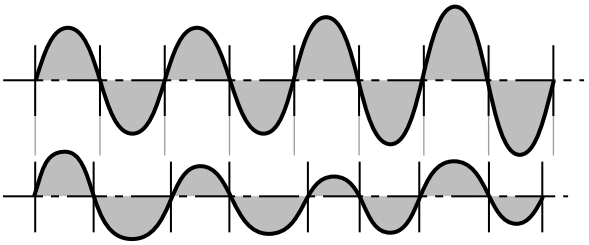


Leghe resi-stenti al calore (CMC 20)

Passo differenziato

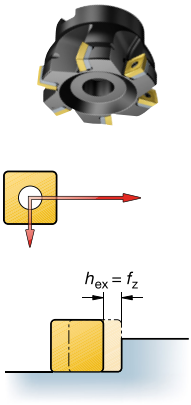
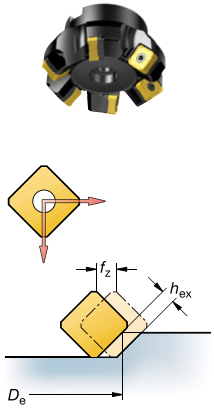
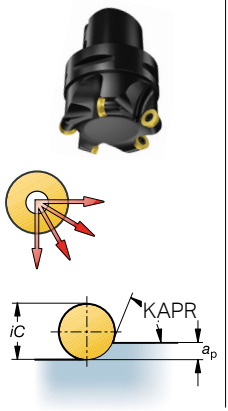
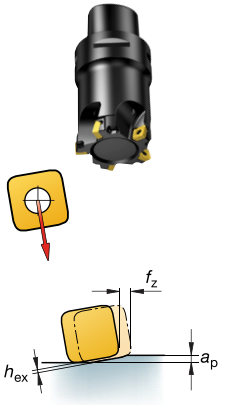
In generale, più largo è il passo della fresa, minore è la possibilità di vibrazioni armoniche. Talvolta, basta sostituire una fresa a 16 denti con utensile a 12 denti per eliminare del tutto le vibrazioni. Nei casi più difficili, può essere necessaria una fresa a passo differenziato per eliminare le armoniche che creano problemi.

Le frese a passo differenziato hanno una distribuzione irregolare dei denti che incide sull'ampiezza delle vibrazioni di ogni dente. Riduzione del rischio di vibrazioni.



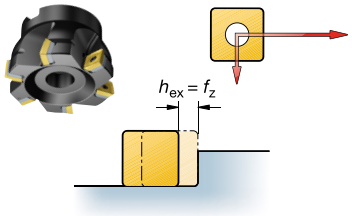
Il passo differenziato riduce il rischio di vibrazioni.

Forze di taglio e angolo di registrazione

Angolo di registrazione di 90°	Angolo di registrazione di 45°	Frese con inserti rotondi	Angolo di registrazione di 10°
			

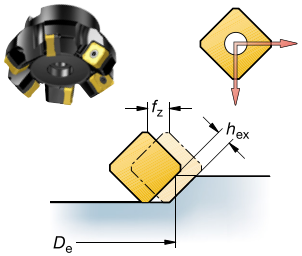
Forze di taglio assiali e radiali

Effetto dell'angolo di registrazione (90º)



- Componenti a parete sottile
- Componenti con fissaggio assiale instabile
- Spallamenti retti
- $h_{ex} = f_z$ (nel caso a_e > 50% x DC).

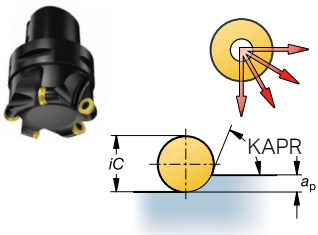
Effetto dell'angolo di registrazione (45º)



- Scelta prioritaria per uso generale
- Riduzione delle vibrazioni sulle lunghe sporgenze
- L'effetto di assottigliamento dei trucioli aumenta la produttività
- f_z = 1.41 x h_{ex} (compensazione dell'angolo di registrazione).

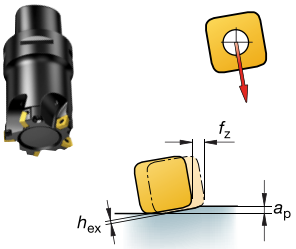
Effetto dell'angolo di registrazione (variabile)

Con gli inserti rotondi, lo spessore del truciolo e l'angolo di registrazione variano con la profondità di taglio.



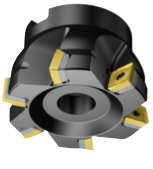
- Tagliente più robusto con molteplici riposizionamenti
- Fresa per uso generale
- Maggiore effetto di assottigliamento dei trucioli per le leghe resistenti al calore
- h_{ex} = dipende da a_p.

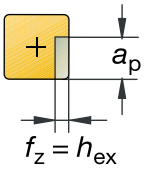
Angolo di registrazione di 10°



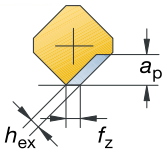
- Frese per avanzamenti elevati
- Il truciolo sottile consente avanzamenti molto elevati
- La forza di taglio assiale è diretta verso il mandrino e lo stabilizza.

Compensazione dell'avanzamento per angoli di registrazione differenti

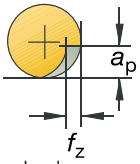




90° = (f_z o h_{ex}) × 1.0



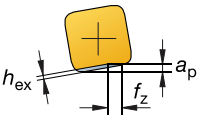
45° = (f_z o h_{ex}) × 1.41



Rotondo = dipende da a_p

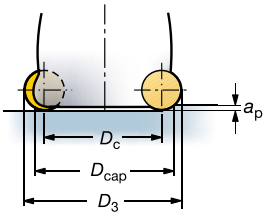
$$\sqrt{\frac{iC}{a_p}}$$

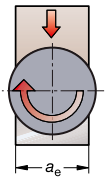
Formula per la compensazione in tornitura

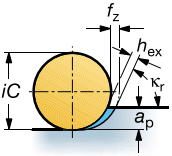


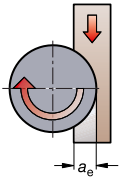
10° = (f_z o h_{ex}) x 5.76

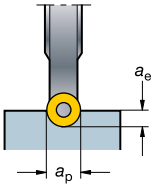
Formule per frese con inserti rotondi











Diametro di taglio max a una profondità specifica (poll.).

$$D_{cap} = DC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

Inserto rotondo per spianatura (a_p<iC/2) (poll.).

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p{}^2}}$$

Fresatura laterale (a_e<D_{cap}/2) e inserto rotondo (a_p<iC/2) (poll.).

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p{}^2} \times \sqrt{D_{cap} \times a_e - a_e{}^2}}$$

Calcolo dei dati di taglio

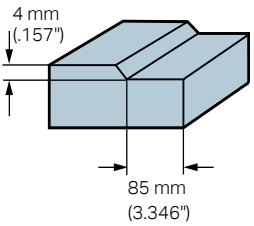
Esempio in spianatura

Dati forniti:

- Velocità di taglio, v_c = 225 m/min (738 piedi/min)
- Avanzamento per dente, f_z = 0.21 mm (0.0082 poll.)
- Numero di denti della fresa, z_n = 5
- Diametro della fresa, DC = 125 mm (4.921 poll.)
- Profondità di taglio, a_p = 4 mm (0.157 poll.)
- Impegno radiale, a_e = 85 mm (3.346 poll.)

Dati da calcolare:

- Velocità del mandrino, *n* (giri/min)
- Avanzamento tavola, v_f (mm/min (poll./min)
- Volume di truciolo asportato, *Q* cm^3/min ($poll.^3$/min)
- Assorbimento di potenza kW (Hp)



Velocità del mandrino

Dati forniti: v_c = 225 m/min (738 piedi/min)

Sistema metrico

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC} \quad \text{(giri/min)}$$

$$n = \frac{225 \times 1000}{3.14 \times 125} = 575 \text{ giri/min}$$

Sistema in pollici

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC} \quad \text{(giri/min)}$$

$$n = \frac{738 \times 12}{3.14 \times 4.921} = 575 \text{ giri/min}$$

Avanzamento tavola

Dati forniti: *n* = 575 giri/min

Sistema metrico

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad \text{(mm/min)}$$

$v_f = 575 \times 0.21 \times 5 = 600$ mm/min

Sistema in pollici

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad \text{(poll./min)}$$

$v_f = 575 \times .0082 \times 5 = 23.6$ poll./min

Volume di truciolo asportato

Dato v_f = 600 mm/min (23.6 poll./min)

Sistema metrico

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \quad \text{(cm}^3\text{/min)}$$

$$Q = \frac{4 \times 85 \times 600}{1000} = 204 \text{ cm}^3\text{/min}$$

Sistema in pollici

$$Q = a_p \times a_e \times v_f \quad \text{(poll.}^3\text{/min)}$$

$Q = .157 \times 3.346 \times 23.6 = 12.4$ $poll.^3$/min

Assorbimento di potenza netta

Dati forniti: materiale CMC 02.1

Sistema metrico

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6} \text{ (kW)}$$

Sistema in pollici

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \text{ (Hp)}$$

Fresatura con impegno elevato

ISO	CMC No.	Material	Specific cutting force kc 1 N/mm²	Hardness Brinell HB	mc	CT530 Max chip thickne 0.1 – 0.15 – 0.2 Cutting speed v_c	Specific cutting force k_c .016 lbs/in²	Hardness Brinell HB	n
P		**Steel Unalloyed**							
	01.1	C = 0.10 – 0.25%	1500	125	0.25	430–390–50	216,500	125	0
	01.2	C = 0.25 – 0.55%	1600	150	0.25	385–350–15	233,000	150	0
	01.3	C = 0.55 – 0.80%	1700	170	0.25	365–330–00	247,000	170	0
	01.4		1800	210	0.25	315–290–60	260,500	210	0
	01.5		2000	300	0.25	235–210–95	291,500	300	0
		Low alloyed (alloying elements 5%)							
	02.1	Non-hardened	1700	175	0.25	300–275–45	246,500	175	0
	02.2	Hardened and tempered	1900	300	0.25	195–180–60	278,500	300	0
		High alloyed (alloying elements > 5%)							
	03.11	Annealed	1950	200	0.25	230–205–85	282,000	200	0
	03.13	Hardened tool steel	2150	200	0.25	190–170–55	311,000	200	0
	03.21		2900	300	0.25	165–150–35	420,000	300	0
	03.22		3100	380	0.25	105–95–85	448,500	380	0
		Castings							
	06.1	Unalloyed	1400	150	0.25	305–280–50	204,000	150	0
	06.2	Low alloyed (alloying elements 5%)	1600	200	0.25	245–220–00	230,500	200	0
	06.3	High alloyed (alloying elements > 5%)	1950	200	0.25	180–160–45	283,500	200	0

$$P_c = \frac{85 \times 4 \times 600 \times 1700}{60 \times 10^6} = 5.8 \text{ kW} \qquad P_c = \frac{3.346 \times .157 \times 23.6 \times 246500}{396 \times 10^3} = 7.7 \text{ Hp}$$

Il calcolo di cui sopra è approssimativo e valido per uno spessore medio del truciolo (h_m) di 1 mm (0.039 poll.).
Per un valore più preciso dell'assorbimento di potenza (P_c), il valore k_c dovrebbe essere calcolato di conseguenza.

Sistema metrico

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-mc} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right) \text{ (N/mm2)}$$

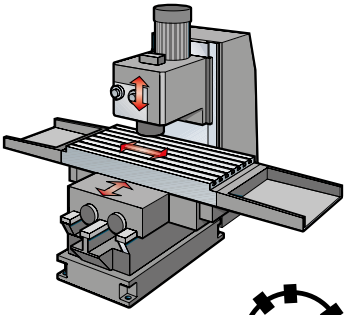
Sistema in pollici

$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{0.039}{h_m}\right)^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right) \text{ (lb/poll.2)}$$

h_m = spessore medio dei trucioli
γ_o = angolo di spoglia superiore dell'inserto
m_c = fattore di compensazione dello spessore truciolo
k_c = forza di taglio specifica
k_{c1} = forza di taglio specifica per uno spessore medio del truciolo di 1 mm (0.039 poll.).

Suggerimenti per le applicazioni di fresatura

Potenza
- Controllare la potenza e la rigidità della macchina, verificando che possa gestire il diametro della fresa.

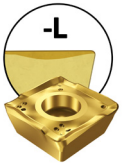


Stabilità del componente
- Considerare il bloccaggio del componente.

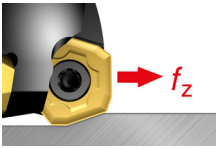
Sporgenza
- Lavorare con la minima sporgenza dell'utensile sul mandrino.

Selezionare il corretto passo della fresa
- Utilizzare il passo adeguato all'operazione per assicurare che non ci siano troppi inserti impegnati nel taglio, evitando le conseguenti vibrazioni.

Impegno nel taglio
- Con i pezzi stretti o quando si fresa su aree vuote, verificare che l'inserto sia sufficientemente in presa.

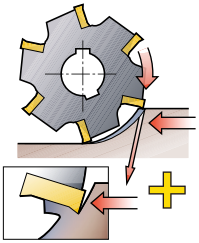


Scelta della geometria dell'inserto
- Appena possibile, utilizzare inserti multitaglienti con geometria positiva, in modo da garantire un'azione di taglio leggera e minore assorbimento di potenza.



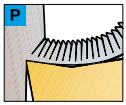
Fino a 0.50 mm (0.020 poll.)

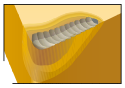
Utilizzare l'avanzamento corretto
- Per ottenere la giusta azione di taglio con il massimo spessore raccomandato dei trucioli, verificare che l'avanzamento per inserto sia corretto.



Direzione di taglio
- Appena possibile, procedere alla fresatura concorde/unidirezionale.

Considerazione del componente
- Materiale e configurazione del pezzo, oltre che requisiti di qualità della superficie da lavorare.





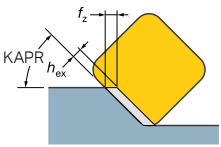
P10-P50

Scelta della qualità dell'inserto

- Scegliere la qualità in base al tipo di materiale da lavorare e all'applicazione.

Utensili di fresatura antivibranti

- Per sporgenze superiori a 4 volte il diametro dell'utensile, la tendenza alle vibrazioni può aumentare, e le frese antivibranti possono migliorare radicalmente la produttività.

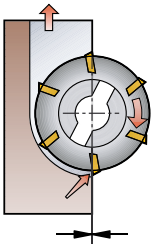


Angolo di registrazione

- Selezionare l'angolo di registrazione più adatto.

Diametro della fresa

- Selezionare il giusto diametro in base alla larghezza del pezzo.

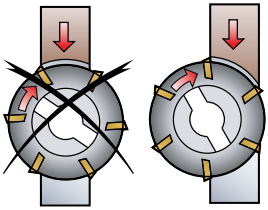


Posizione della fresa

- Posizionare correttamente la fresa.

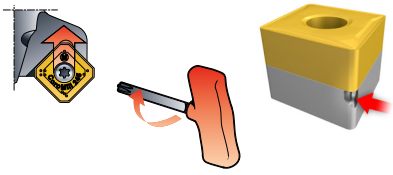
Entrata e uscita della fresa

- Interpolando nel taglio, lo spessore dei trucioli all'uscita è sempre zero; ciò consente un maggiore avanzamento e favorisce una maggiore durata utensile.



Refrigerante

- Utilizzare il refrigerante solo se necessario. Generalmente, la fresatura riesce meglio senza.



Manutenzione

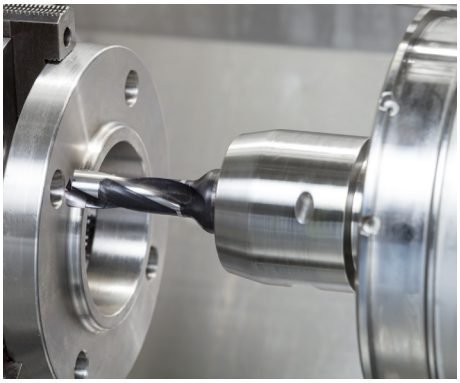
- Attenersi alle raccomandazioni di manutenzione fornite e monitorare l'usura degli utensili.

Foratura

Per foratura si intende l'esecuzione di fori cilindrici in un pezzo con utensili da taglio

- Teoria E 4
- Procedura di selezione E 15
- Presentazione del sistema E 20
- Consigli applicativi E 26
- Qualità e tolleranze di foro E 38
- Risoluzione dei problemi E 43

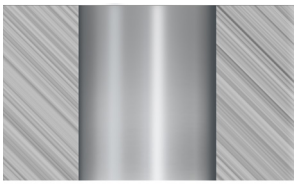
Il processo di foratura



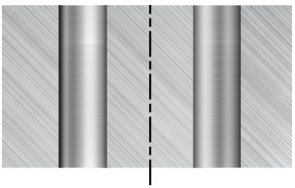
- La punta è sempre impegnata nel pezzo, impedendo la vista dell'operazione.
- È necessario controllare i trucioli.
- L'evacuazione truciolo è fondamentale, in quanto influisce sulla qualità del foro, sulla durata utensile e sull'affidabilità.

Quattro metodi di foratura comuni

Foratura



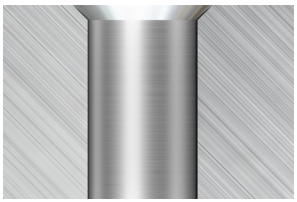
Foratura ad enucleare



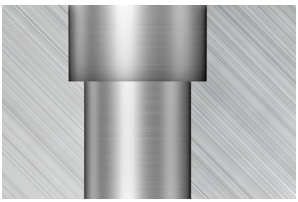
La foratura può essere eseguita con quattro metodi di uso comune:

- foratura
- foratura ad enucleare
- esecuzione di smussi
- esecuzione di gradini

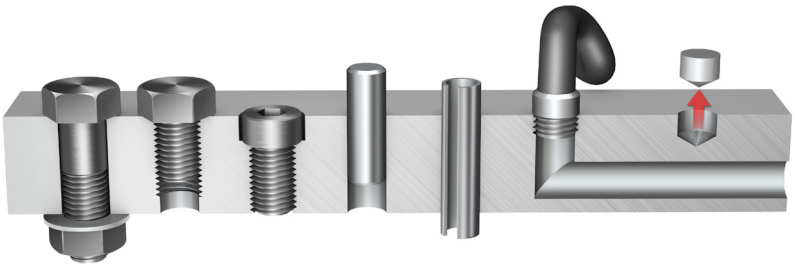
Esecuzione di smussi



Esecuzione di gradini



I fori più comuni



Le tipologie di foro più comuni sono:

1 Fori passanti per bulloni

2 Fori filettati

3 Fori allargati

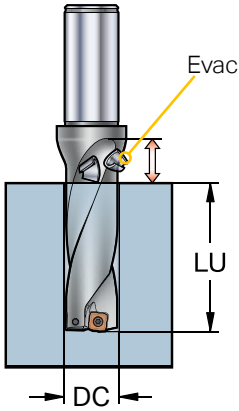
4 Fori a pressione

5 Fori a scorrimento

6 Fori per condotti

7 Fori di alleggerimento del peso per bilanciamento.

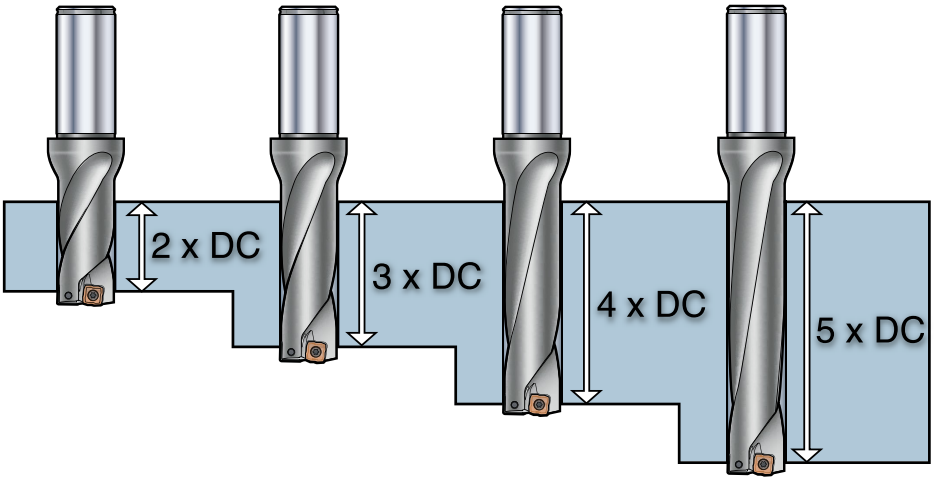
Profondità massima del foro



La scelta dell'utensile è determinata dalla profondità del foro (LU).

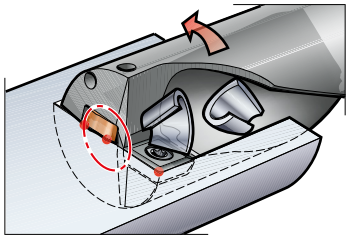
La profondità massima del foro è in funzione del diametro del foro DC e della profondità del foro (LU).

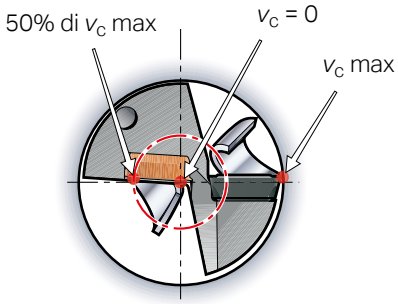
Esempio: profondità max foro LU = 3 x DC.



Teoria della foratura

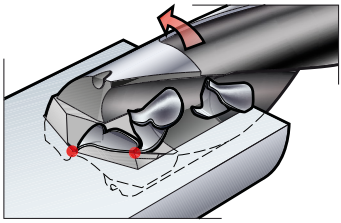
Velocità di taglio per punte multitaglienti

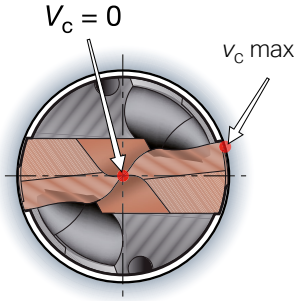




- La velocità di taglio (v_c) nel caso delle punte multitaglienti scende dal 100% alla periferia a zero al centro.
- L'inserto centrale lavora dalla velocità di taglio zero a circa il 50% di v_c max. L'inserto periferico lavora dal 50% di v_c max fino al 100% di v_c max.
- Un solo tagliente effettivo/giro: = z_c.

Velocità di taglio per punte integrali e a cuspide intercambiabile



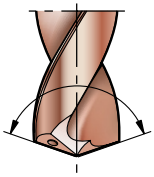


- Due taglienti effettivi, dal centro alla periferia.
- Due taglienti/giro: = z_c.

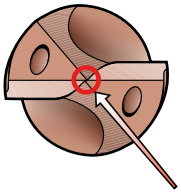
Confronto tra punta in metallo duro integrale (SCD) e in acciaio super rapido (HSS)

Angolo di punta e tagliente trasversale

Punta in metallo duro integrale

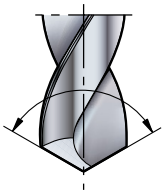


Angolo di punta di 140°

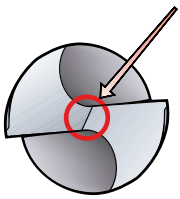


Tagliente trasversale

Punta HSS



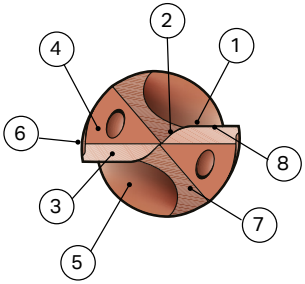
Angolo di punta di 118°

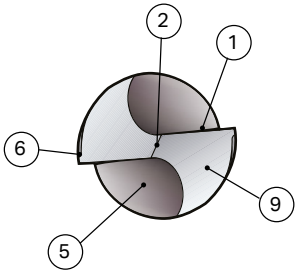


Tagliente trasversale

- Il tagliente trasversale con la punta in metallo duro integrale è praticamente eliminato.
- La forza di taglio assiale nel caso delle punte in metallo duro integrale si riduce considerevolmente, poiché il tagliente trasversale viene eliminato.
- Ciò consente un migliore centraggio e permette il taglio dei trucioli vicino al centro della punta. Ciò elimina il bisogno di una punta di centraggio.

1 Tagliente principale
2 Tagliente trasversale
3 Spoglia inferiore primaria
4 Spoglia inferiore secondaria
5 Scanalatura
6 Margine
7 Prima sfaccettatura
8 Smusso negativo
9 Superficie di spoglia inferiore



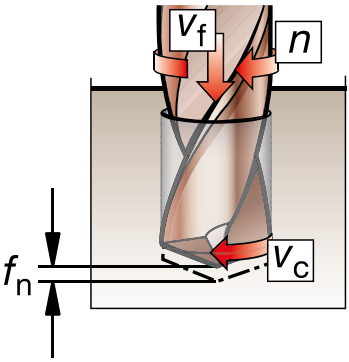


Punta in metallo duro integrale - Vantaggi

- Il tagliente trasversale è praticamente eliminato
- Il tagliente principale raggiunge il punto centrale
- Garantisce livelli superiori di durata e produttività
- Riduzione di spinta e momento torcente
- Tolleranze migliori

Terminologia

Velocità di taglio



Nella foratura la produttività è strettamente collegata alla velocità di avanzamento, v_f.

n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro)
v_f = velocità di avanzamento, mm/min (poll./min)
DC = diametro punta mm (poll.)

Sistema metrico

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Sistema in pollici

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \text{ piedi/min}$$

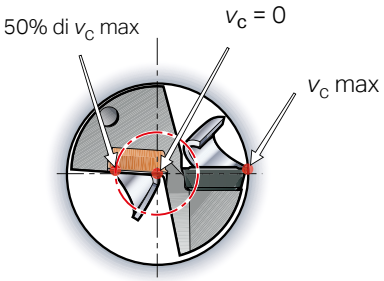
$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min (poll./min)}$$

Velocità di taglio per punte multitaglienti

La velocità di taglio (v_c) nel caso delle punte multitaglienti scende dal 100% alla periferia a zero al centro.

L'inserto centrale lavora dalla velocità di taglio zero a circa il 50% di v_c max.
L'inserto periferico lavora dal 50% di v_c max fino al 100% di v_c max.

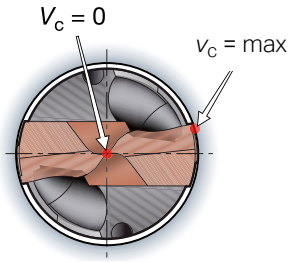
Un solo tagliente effettivo/giro: = z_c.



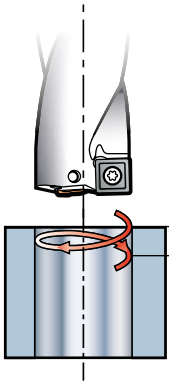
Velocità di taglio per punte integrali e a cuspide intercambiabile

Due taglienti dal centro alla periferia.

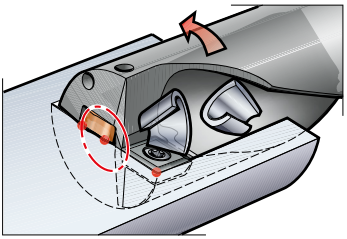
Due taglienti/giro: = z_c.



Effetti della velocità di taglio – v_c m/min (piedi/min)

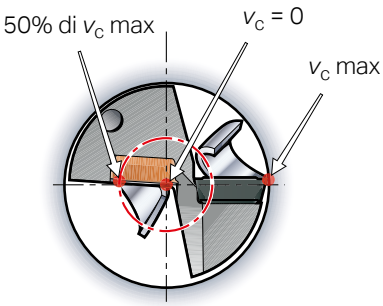


- Influisce sulla potenza P_c kW (Hp) e sul momento torcente M_c Nm (lbf-piede).
- Fattore che influisce di più sulla durata utensile.
- Una velocità più elevata determina un aumento della temperatura e dell'usura sul fianco, specialmente sull'angolo periferico.
- Una velocità più elevata è positiva per la formazione dei trucioli nel caso di materiali teneri a truciolo lungo, come l'acciaio a basso tenore di carbonio.
- Influisce sui livelli di rumorosità.

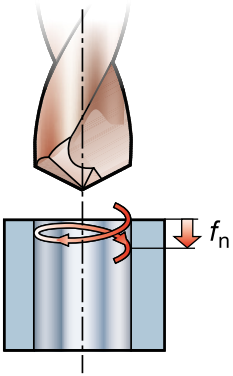


Una velocità di taglio troppo elevata determina:
- rapida usura sul fianco
- deformazione plastica
- scarsa qualità del foro
- tolleranza di foro inadeguata.

Una velocità di taglio troppo bassa determina:
- tagliente di riporto
- evacuazione truciolo difficoltosa
- tempo di taglio più lungo
- maggiore rischio di rottura della punta
- minore qualità del foro.



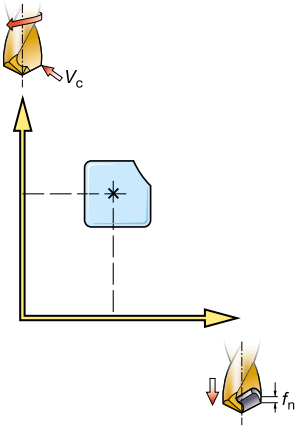
Velocità di avanzamento



Effetti della velocità di avanzamento – f_n mm/giro (poll./giro)

- Influisce su forza di avanzamento F_f (N), potenza P_c kW (Hp) e momento torcente M_c Nm (lbf-piede).
- Controlla la formazione dei trucioli.
- Contribuisce alla qualità del foro.
- Influisce principalmente sulla finitura superficiale.
- Contribuisce a determinare sollecitazioni meccaniche e termiche.

$$f_n = f_z \times 2 \qquad \text{mm/giro (poll./giro)}$$



Velocità di avanzamento elevata:
- controllo truciolo più difficoltoso
- riduzione del tempo di taglio.

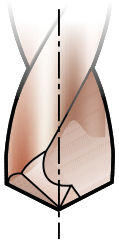
Velocità di avanzamento bassa:
- trucioli più lunghi e sottili
- miglioramento della qualità
- usura dell'utensile più rapida
- aumento del tempo di taglio.

**Nota:* la velocità di avanzamento deve essere correlata alla velocità di taglio.*

Calcolo approssimativo dell'assorbimento di potenza

CoroDrill® 880

CoroDrill® Delta-C



n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro)
v_f = velocità di avanzamento, mm/min (poll./min)
DC = diametro punta, mm (poll.)
f_z = avanzamento per tagliente, mm (poll.)
k_{c1} = forza di taglio specifica, N/mm^2 (lbf piede/poll.^{2})
P_c = assorbimento di potenza, kW (Hp)
F_f = forza di avanzamento (N)
M_c = momento torcente, Nm (lbf piede)

Sistema metrico

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Sistema in pollici

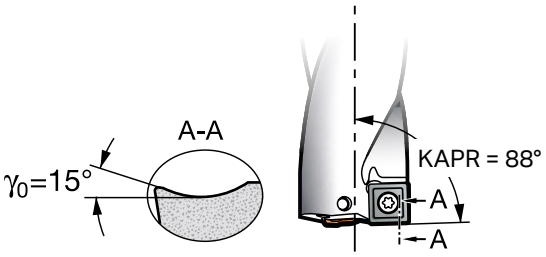
$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ Hp}$$

ISO P N. MC	N. CMC	Materiale	Forza di taglio specifica k_{c1} 1.0 N/mm^2	Forza di taglio specifica k_{c1} 0.0394 lb/poll.^{2}	Durezza Brinell HB	mc
		Acciaio non legato				
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2	C= 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4	Acciaio ad alto tenore di carbonio, ricotto	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5	Bonificato	2000	291.500	300	0.25
		Debolmente legato (elementi leganti ≤ 5%)				
P2.1.Z.AN	02.1	Non indurito	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2	Bonificato	1900	278.500	300	0.25

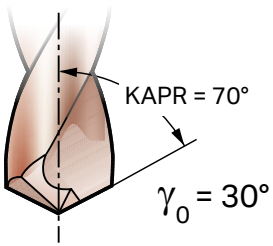
Per informazioni sul valore di k_{c1}, vedere a pagina H16.

Calcolo preciso dell'assorbimento di potenza

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



Sistema metrico

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Sistema in pollici

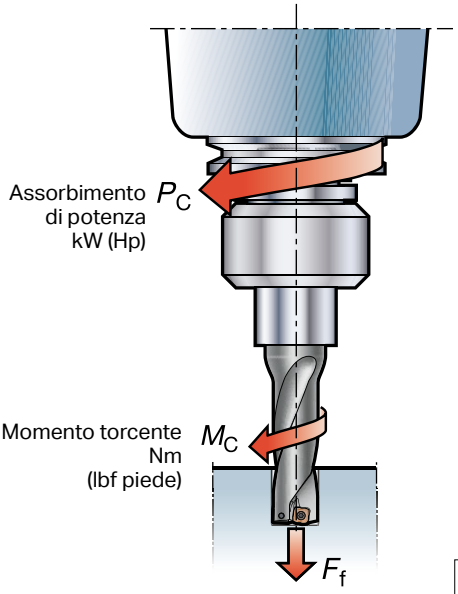
$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ Hp}$$

$$k_c = k_{c1} \times (f_z \times \sin KAPR)^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

ISO P N. MC	N. CMC	Materiale	Forza di taglio specifica k_{c1} 1.0 N/mm^2	Forza di taglio specifica k_{c1} 0.0394 lb/poll.^{2}	Durezza Brinell HB	mc
		Acciaio non legato				
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2	C= 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4	Acciaio ad alto tenore di carbonio, ricotto	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5	Bonificato	2000	291.500	300	0.25
		Debolmente legato (elementi leganti ≤ 5%)				
P2.1.Z.AN	02.1	Non indurito	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2	Bonificato	1900	278.500	300	0.25

Per informazioni sul valore di k_{c1}, vedere a pagina H16.

Calcolo del momento torcente e della forza di avanzamento



n = velocità del mandrino (giri/min)
f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro)
DC = diametro punta, mm (poll.)
k_{c1} = forza di taglio specifica N/mm^2 (lbf piede/poll.^{2})
F_f = forza di avanzamento (N)
M_C = momento torcente, Nm (lbf piede)

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin KAPR \text{ (N)}$$

Sistema metrico

$$M_C = \frac{P_C \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ (Nm)}$$

Sistema in pollici

$$M_C = \frac{P_C \times 16501}{\pi \times n} \text{ (lbf piede)}$$

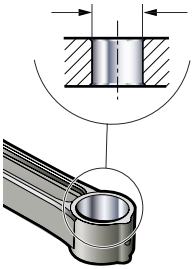
Procedura di selezione degli utensili

Processo di pianificazione della produzione

1 **Componente**

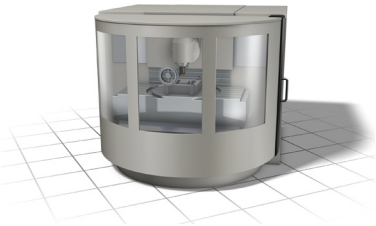
Dimensione e qualità del foro

Materiale, forma e dimensione del pezzo



2 **Macchina**

Parametri della macchina

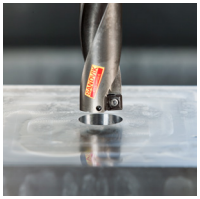


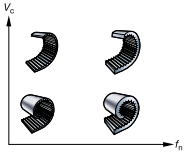
3 **Scelta degli utensili**

Tipo di utensile e metodo di lavorazione

4 **Consigli applicativi**

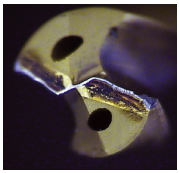
Dati di taglio, refrigerante, ecc.

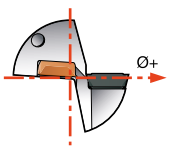




5 **Risoluzione dei problemi**

Cause e rimedi

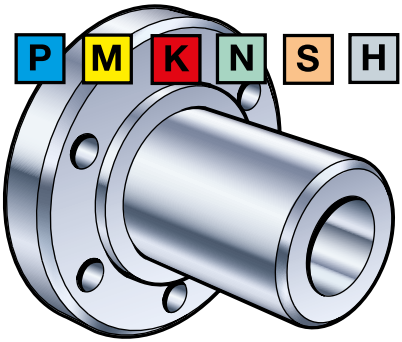




1. Componente e materiale da lavorare

Materiale:

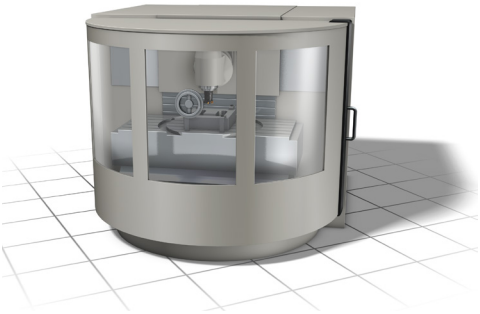
- Lavorabilità
- Controllo truciolo
- Durezza
- Elementi leganti.



Componente:

- La rotazione del componente è simmetrica? Occorre una punta rotante o fissa?
- Bloccaggio, dimensioni foro e profondità. Il componente è sensibile alla forza di avanzamento e/o alle vibrazioni?
- È necessario prevedere un'estensione per l'utensile per riuscire a lavorare il foro (ossia sporgenze elevate dell'utensile)?
- Caratteristiche del componente, qualcosa complica il processo? Ci sono superfici inclinate, concave o convesse? Fori incrociati?

2. Considerazioni importanti sulla macchina



Caratteristiche della macchina:

- stabilità della macchina
- velocità del mandrino
- adduzione di refrigerante
- flusso e pressione del refrigerante
- bloccaggio del pezzo
- mandrino orizzontale o verticale
- potenza e momento torcente
- magazzino utensili.

3. Scelta degli utensili di foratura

Vari metodi di esecuzione del foro

I parametri base sono:

- Diametro
- Profondità
- Qualità (tolleranza, finitura superficiale, rettilineità).

Il tipo di foro e la precisione richiesta influiscono sulla scelta dell'utensile.

L'operazione di foratura può dipendere dalla presenza di superfici di entrata/uscita irregolari o angolate o di fori incrociati.

Foratura

Vantaggi

- Utensili standard semplici
- Flessibilità relativa.

Svantaggi

- Due utensili, adattatori ed attacchi base
- Se si tratta di un foro con gradini/smussi, è necessario utilizzare anche un altro utensile e procedere a un'operazione supplementare
- A seconda della scelta
  - Produttività
  - Qualità del foro.

Esecuzione di gradini/smussi

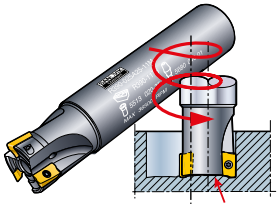
Vantaggi

- Riduzione del numero di operazioni
- Il modo più rapido per realizzare un foro con gradini/smussi.

Svantaggi

- Richiesta di maggiore potenza e stabilità
- Minore flessibilità.

Interpolazione elicoidale



Vantaggi

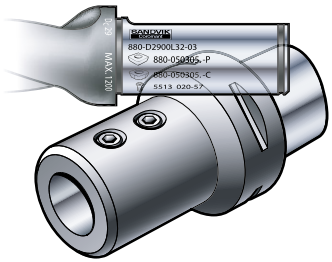
- Utensili standard semplici
- Grande flessibilità
- Basse forze di taglio.

Svantaggi

- Tempi ciclo più lunghi.

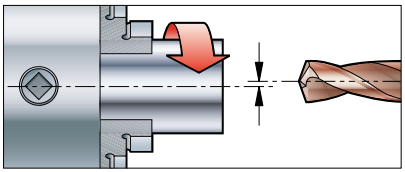
4. Consigli applicativi

Considerazioni importanti sull'applicazione



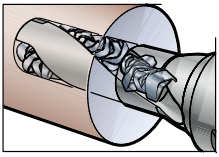
Portautensili

- Utilizzare sempre una punta e una sporgenza quanto più corte possibile per ridurre la flessione e le vibrazioni dell'utensile, considerando la corretta evacuazione truciolo.
- Per una stabilità e qualità del foro ottimali utilizzare utensili modulari, utensili a bloccaggio idromeccanico o idraulico.



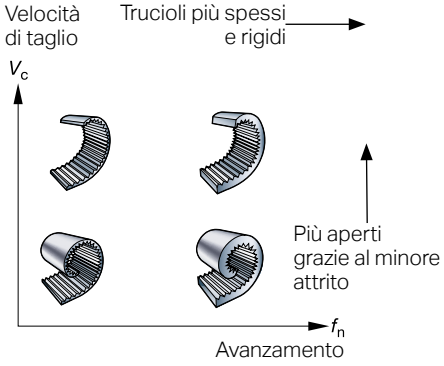
Runout dell'utensile

- Per il successo della foratura è fondamentale che il runout dell'utensile sia ridotto al minimo.



Evacuazione truciolo e fluido da taglio

- La formazione e l'evacuazione truciolo costituiscono il fattore dominante nella foratura ed influiscono sulla qualità del foro.



Qualità e geometria

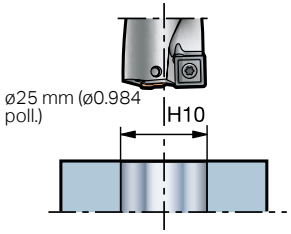
- Utilizzare la qualità e la geometria consigliate.
- Utilizzare i parametri di taglio consigliati.
- Per assicurare un processo stabile, fare in modo di ottenere una buona formazione del trucioli regolando i parametri di taglio.

5. Risoluzione dei problemi

Alcuni aspetti da considerare

Usura dell'inserto e durata utensile

- Verificare il modello di usura e, se necessario, regolare i dati di taglio di conseguenza o cambiare qualità.



Evacuazione truciolo

- Controllare la truciolabilità e l'adduzione di fluido da taglio; se necessario, cambiare di conseguenza il rompitrucioli e/o i parametri di taglio.

Qualità e tolleranze di foro

- Controllare bloccaggio della punta/pezzo, velocità di avanzamento, condizioni della macchina ed evacuazione truciolo.

Dati di taglio

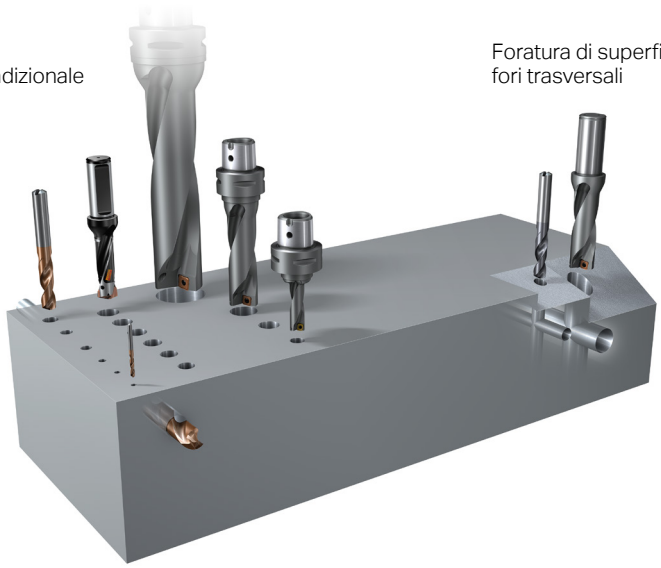
- Velocità corrette di taglio e di avanzamento sono fondamentali per un'elevata produttività e una lunga durata utensile.

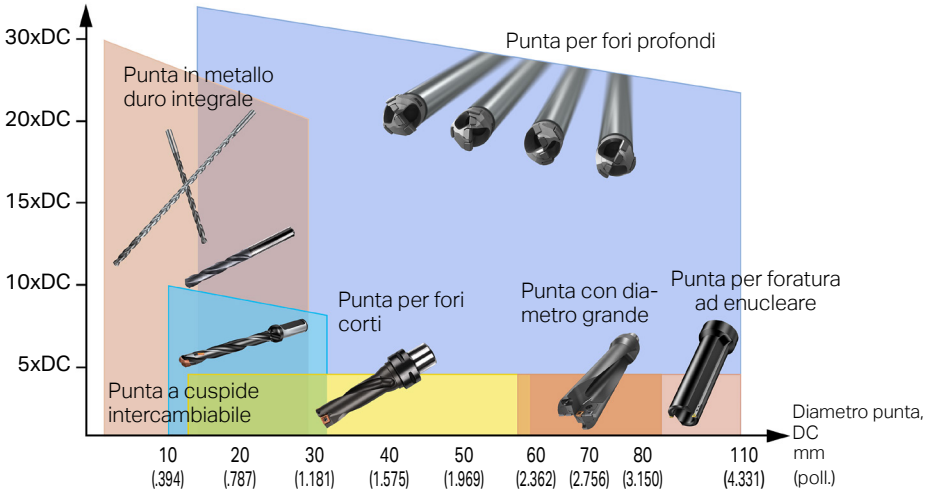
Utensili di foratura

Utensili di foratura per diametri da 0.30 mm a 110 mm (0.0118 ... 4.331 poll.) e anche superiori come prodotti speciali.

Foratura tradizionale

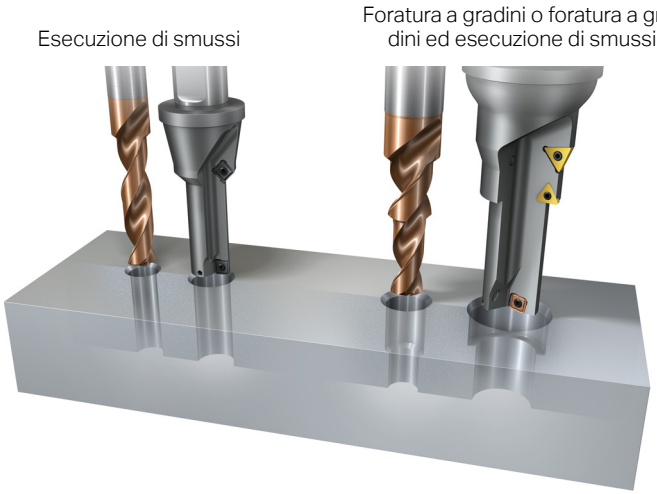
Foratura di superfici irregolari e fori trasversali



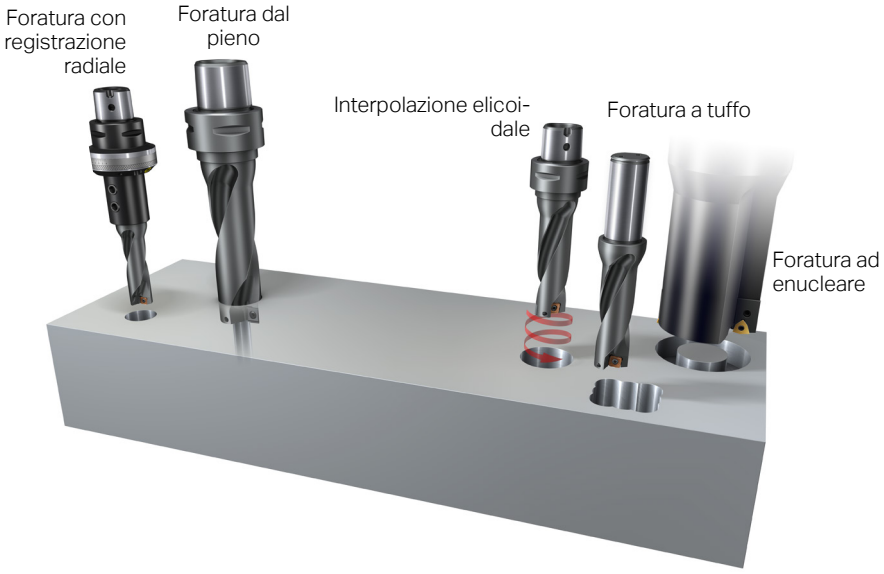


Scelta degli utensili di foratura

Esecuzione di smussi e gradini



Altri metodi



Diametro e profondità del foro

Posizionamento delle punte per fori corti

Punte a inserti multitaglienti

Devono essere sempre considerate come la scelta prioritaria poiché il costo per foro è inferiore. Inoltre, sono utensili molto versatili.

Campi di applicazione

- Fori di diametro medio e grande.
- Esigenza di tolleranze medie.
- Fori ciechi che richiedono un fondo "piatto".
- Operazioni di foratura a tuffo o barenatura.

Punte in metallo duro integrale

Scelta prioritaria per i diametri più piccoli e quando si richiedono tolleranze di foro più strette.

- Diametro piccolo.
- Tolleranze di foro strette o di precisione.
- Fori da corti a relativamente profondi.

Punte a cuspide intercambiabile

Scelta prioritaria per i fori di medio diametro, per cui la cuspide intercambiabile rappresenta una soluzione economica.

- Diametro medio.
- Tolleranze di foro strette.
- Il corpo in acciaio assicura tenacità.
- Fori da corti a relativamente profondi.

Punte a inserti multitaglienti

La punta base

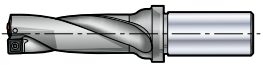
Step Technology™

- Il metodo più economico di produzione di un foro.
- Per tutti i materiali da lavorare.
- Sono disponibili punte standard, Tailor Made e speciali.
- Utensile versatile che può fare molto di più oltre a forare.

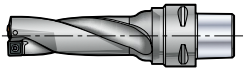
Alternative di montaggio

Sono disponibili diverse opzioni di montaggio che consentono di montare la punta su quasi tutte le configurazioni macchina. Attualmente, i costruttori di macchine utensili propongono opzioni di montaggio integrate nel mandrino.

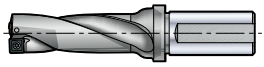
Stelo cilindrico



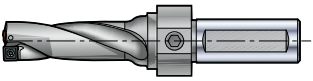
Accoppiamento Coromant Capto®



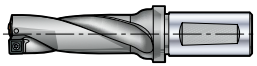
Cilindrico con piano di riferimento



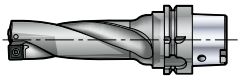
Stelo a P



Whistle Notch



Altri sistemi modulari



Punte in metallo duro integrale

La scelta base

P M K
N S H

Punte ottimizzate in base al materiale

P M K N S

Punte ottimizzate in base all'applicazione

Punta per smussi

P M K
N S H

Punta di precisione per acciaio duro/temprato

P
H

Punte per fori corti – gruppi di materiale ISO

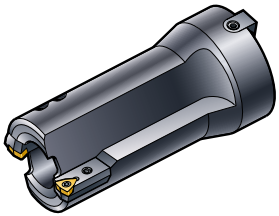
Gruppo di materiali ISO		P	M	K	N	S	H
	Punte in metallo duro integrale	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Punte a cuspide intercambiabile	+++	+++	+++	++	++	+
	Punte a inserti multitaglienti	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Grandi diametri di foro

Punta con diametro grande

Le punte a inserti multitaglienti sono disponibili con diametri fino a 84 mm (3.307 poll.).

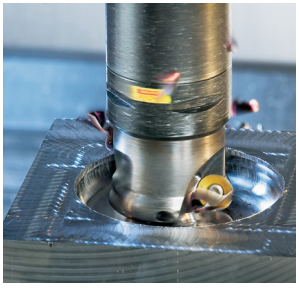
Punta per foratura ad enucleare



La foratura ad enucleare viene utilizzata per i fori di grande diametro e quando la potenza della macchina è limitata, poiché non richiede lo stesso assorbimento di potenza della foratura dal pieno. Le punte standard per foratura ad enucleare sono disponibili fino al diametro di 110 mm (4.331 poll.).

Nota: queste punte sono adatte solo per fori passanti.

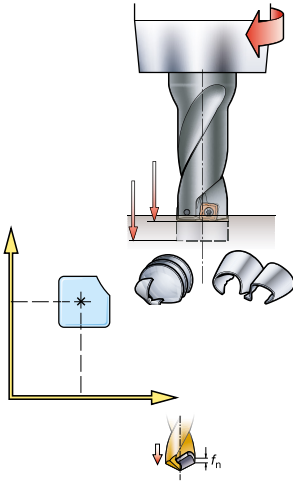
Fresatura, interpolazione elicoidale



Al posto delle punte o dei bareni, è possibile usare una fresa con interpolazione elicoidale o circolare. Si tratta di un metodo meno produttivo ma è una buona alternativa quando il controllo truciolo è un problema.

Consigli applicativi

Punte a inserti multitaglienti

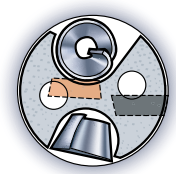


Procedura di setup

- Utilizzare la punta più corta possibile.
- Verificare la lunghezza di programmazione.
- Iniziare la foratura con i valori medi consigliati di velocità di avanzamento e velocità di taglio a una profondità di 3.2 mm (0.125 poll.).
- Controllare la formazione dei trucioli e misurare le dimensioni del foro.
- Ispezionare la punta per assicurarsi che non vi siano fenomeni di abrasione tra punta e foro.
- Aumentare o diminuire la velocità di avanzamento e/o la velocità di taglio in base alla formazione dei trucioli, alle vibrazioni, alla finitura superficiale del foro, ecc.

Formazione dei trucioli - Multitaglienti

- Per migliorare l'evacuazione truciolo occorre intervenire fin dall'inizio, dalla formazione dei trucioli stessi.
- I trucioli lunghi possono provocare intasamenti nelle scanalature della punta.
- Ciò può influire anche sulla finitura superficiale e l'inserto o l'utensile potrebbe essere a rischio.
- Per rimediare occorre scegliere la geometria dell'inserto giusta e regolare i dati di taglio.
- Utilizzare le geometrie di inserto in base ai materiali ed alle condizioni di taglio.

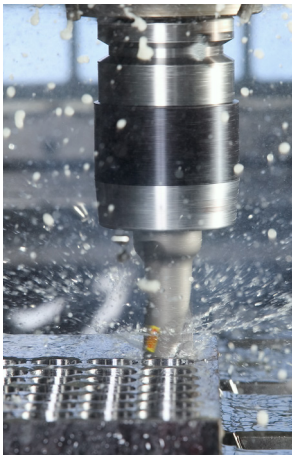


Eccellente

Accettabile

Non accettabile

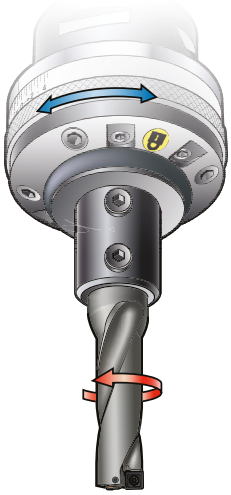
Punta multitagliente rotante



Allineamento

- Se si producono fori di dimensioni eccessive o insufficienti o se l'inserto centrale tende a scheggiarsi, spesso è perché la punta è disassata.
- Ruotando la punta di 180° dell'attacco si dovrebbe risolvere il problema.
- Tuttavia, per ottenere fori precisi, è importante assicurarsi che l'asse del centro della punta e l'asse di rotazione siano paralleli.
- Il mandrino della macchina e l'attacco devono essere in buone condizioni.

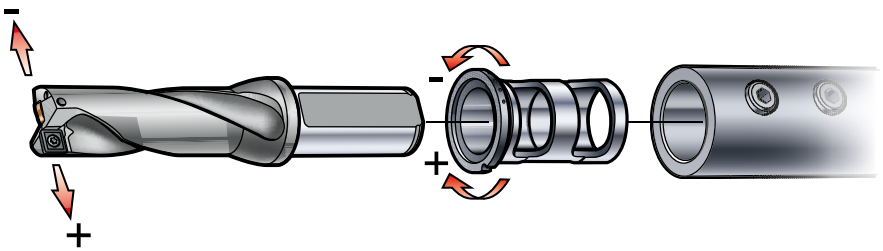
Registrazione radiale

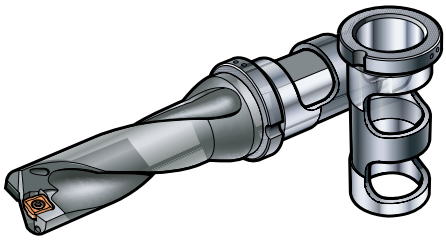


Attacco registrabile

- La regolazione viene effettuata ruotando l'anello graduato che circonda l'attacco, suddiviso in incrementi di 0.05 mm (0.002 poll.), e che indica il movimento diametrale dell'utensile.
- Registrazione radiale -0.2 /+0.7 mm (-.008 /+.028 poll.). Il campo di registrazione della punta non dovrebbe essere superato (il massimo valore di registrazione è riportato nelle pagine del catalogo dedicate ai codici di ordinazione).
- Può essere necessario ridurre il valore di avanzamento/giro (f_n) a causa della maggiore sporgenza dell'utensile e delle forze di taglio meno bilanciate dovute all'offset.
- I manicotti servono a montare steli di varie misure ISO in un solo attacco.

Manicotto registrabile per punte con stelo ISO 9766





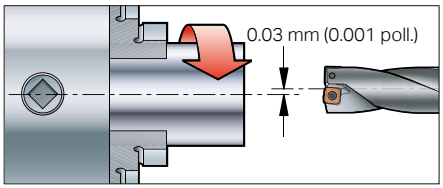
Punta rotante – manicotto eccentrico

Il diametro della punta può essere regolato per ottenere una tolleranza di foro più stretta. Il campo di registrazione è di circa ±0.3 mm (±.012) ma la registrazione in direzione negativa dovrebbe essere effettuata solo se la punta produce un foro sovradimensionato (non per ottenere fori sottodimensionati).

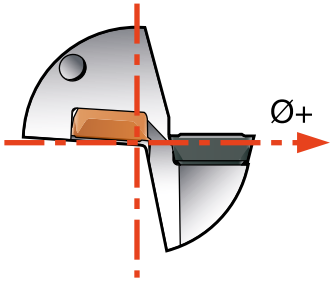
- Un punto aumenta/diminuisce il diametro di 0.10 mm (0.004 poll.).
- Per aumentare il diametro ruotare il manicotto in senso orario.
- Per diminuire il diametro ruotare il manicotto in senso antiorario.
- Utilizzare le due viti per bloccare la punta nel dispositivo di fissaggio ed assicurarsi che i bulloni dell'attacco siano sufficientemente lunghi.

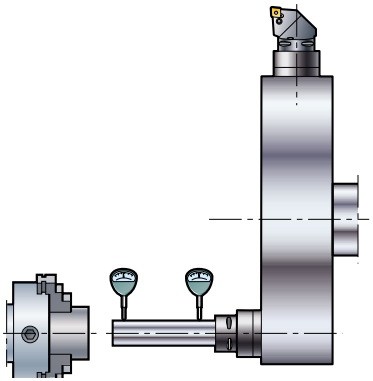
Punta non rotante

Allineamento



- Il runout totale tra l'asse della macchina ed il pezzo non deve essere superiore a 0.03 mm (0.001 poll.).
- La punta deve essere montata in modo che la superficie superiore dell'inserto periferico sia parallela al movimento trasversale della macchina (generalmente è l'asse X).





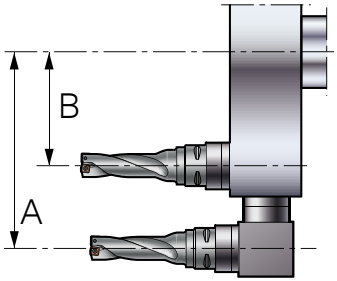
Comparatore e barretta di prova

- Il disallineamento determina anche un offset radiale che, a sua volta, determina l'esecuzione di fori sovra o sottodimensionati.
- Per fare delle prove è possibile utilizzare un comparatore con una barretta di prova.

Punta con quattro piani di riferimento

- Un altro metodo consiste nell'approntare una punta con quattro piani di riferimento posti nella stessa posizione attorno allo stelo della punta.
- Eseguire i fori con la punta montata in ognuna delle quattro posizioni. La misura dei fori indica lo stato di allineamento della macchina.

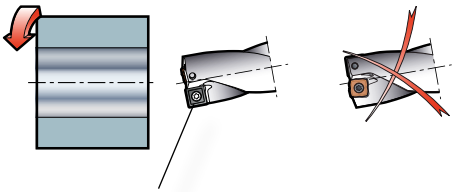
Flessione della torretta

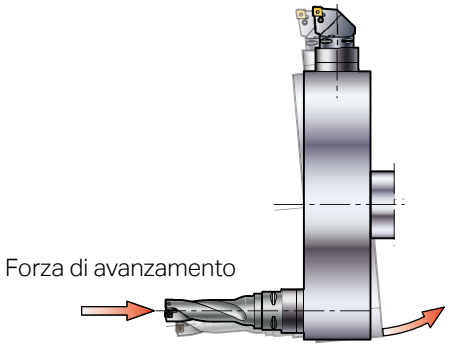


Risoluzione dei problemi

- La forza di avanzamento può provocare flessioni della torretta su un tornio CNC.

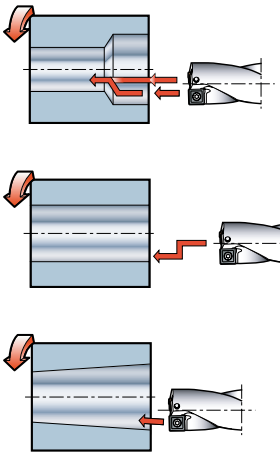
- Provare prima di tutto a minimizzare il momento torcente montando l'utensile in altro modo.
  La posizione B è preferibile alla posizione A.





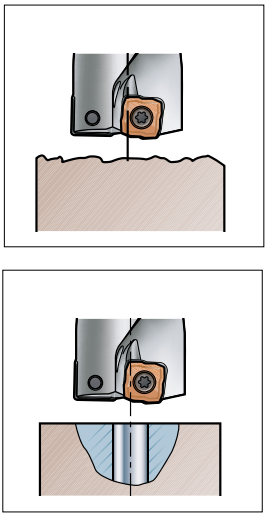
- Per evitare l'usura del corpo della punta e segni determinati dall'arretramento nel foro, montare la punta con l'inserto periferico come mostrato in figura.
- Infine, è possibile ridurre l'avanzamento/giro (f_n) per ridurre al minimo la forza di avanzamento.

Offset radiale



- È possibile realizzare fori maggiori della dimensione nominale della punta, che verranno allargati e finiti con una passata di barenatura finale.
- Per realizzare fori conici è anche possibile utilizzare punte ad inserti multitaglienti non rotanti.
- Con la punta è anche possibile eseguire smussi e scarichi.
- La preparazione di un foro da filettare può essere eseguita in una sola passata insieme alla smussatura.

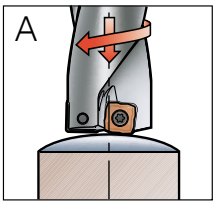
Superfici irregolari e fori pre-eseguiti



In entrata e in uscita da una superficie irregolare vi è il rischio di scheggiare gli inserti.

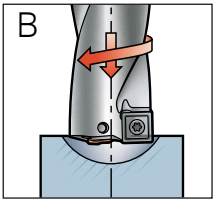
- Pertanto è necessario ridurre la velocità di avanzamento.
- Se si utilizza un foro pre-eseguito, quest'ultimo deve essere piccolo, anziché grande (non più del 25% del diametro della punta) per evitare flessioni dell'utensile.
- Tuttavia, riducendo l'avanzamento è possibile effettuare ampie lavorazioni in fori pre-eseguiti.

Entrata in superfici non piane



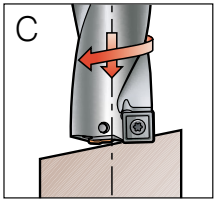
Superficie convessa

- Normalmente non è necessario ridurre l'avanzamento.



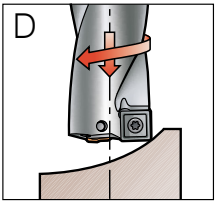
Superficie concava

- Ridurre a 1/3 della velocità di avanzamento originale.



Superficie inclinata

- Con un angolo di registrazione di 2°–89°, ridurre a 1/3 della velocità di avanzamento originale.



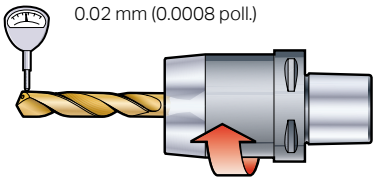
Superfici irregolari

- Ridurre a 1/3 della velocità di avanzamento originale.

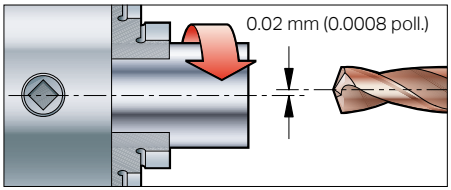
Punte in metallo duro integrale e punte a cuspide intercambiabile

Allineamento

Punta rotante



Punta fissa

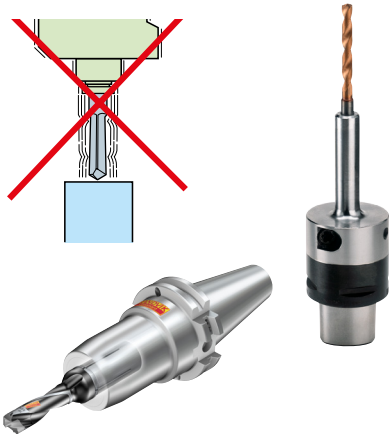


Uno dei più importanti criteri per il successo della foratura con punte in metallo duro integrale è il valore di runout più piccolo possibile dell'utensile.

Il runout non deve superare 0.02 mm (0.0008 poll.) per ottenere:

- tolleranze di foro strette
- buona finitura superficiale
- durata utensile lunga ed uniforme.

Portautensili



- Una pinza o uno stelo dell'utensile in cattive condizioni possono compromettere un setup altrimenti perfetto.
- Assicurarsi che il TIR (runout totale) non superi 0.02 mm (0.0008 poll.).
- Per ridurre temporaneamente un runout inaccettabile è possibile ruotare la punta o la pinza di 90° o 180° per ottenere il TIR più basso possibile.

Per ottenere prestazioni ottimali, utilizzare un mandrino a bloccaggio idromeccanico, idraulico o termico.

Punte in metallo duro integrale e punte a cuspide intercambiabile

Punte in metallo duro integrale

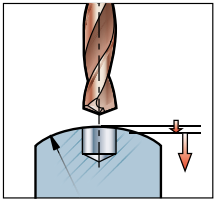
- Non raccomandate a causa del rischio di scheggiatura del tagliente.

Punte a cuspide intercambiabile

- Non è possibile eseguire l'allargatura dei fori esistenti poiché non avviene rottura dei trucioli.

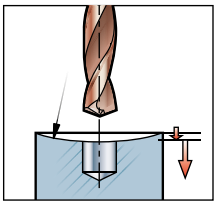
Entrata in superfici non piane

Quando si penetrano superfici non piane vi è il rischio di flessione della punta. Per evitare il problema, in entrata l'avanzamento dovrebbe essere ridotto.



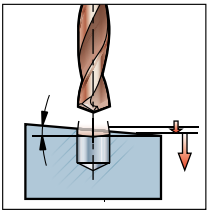
Superficie convessa

Eseguire la foratura se il raggio è > 4 volte il diametro della punta e il foro è perpendicolare al raggio.
In fase di entrata, ridurre l'avanzamento al 50% della velocità normale.



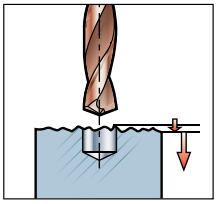
Superficie concava

Eseguire la foratura se il raggio è > 15 volte il diametro della punta e il foro è perpendicolare al raggio.
In fase di entrata, ridurre l'avanzamento al 25% della velocità normale.



Superficie inclinata

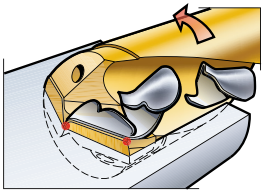
Per inclinazioni fino a 10°, in entrata ridurre l'avanzamento a 1/3 della velocità di avanzamento normale. Inclinazioni superiori a 10° non sono consigliabili. Fresare una piccola superficie e quindi procedere con la foratura.

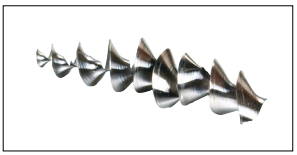


Superfici irregolari

Ridurre la velocità di avanzamento a ¼ della velocità normale per evitare la scheggiatura dei taglienti.

Formazione dei trucioli – Punte in metallo duro integrale e punte a cuspide intercambiabile





Truciolo iniziale

Nota: il truciolo iniziale che si forma all'entrata nel pezzo è sempre lungo e non crea alcun problema.

- Per migliorare l'evacuazione truciolo occorre intervenire fin dall'inizio, dalla formazione dei trucioli stessi.
- I trucioli lunghi possono provocare intasamenti nelle scanalature della punta.
- Ciò può influire anche sulla finitura superficiale e l'inserto o l'utensile potrebbe essere a rischio.
- Verificare che i dati di taglio siano corretti e che la geometria della punta/cuspide sia adeguata, in base ai materiali e alle condizioni di taglio.

Eccellente

Accettabile

Intasamento da truciolo

Adduzione di refrigerante

Adduzione interna di refrigerante

- Da preferire sempre, specialmente con materiali a truciolo lungo o durante l'esecuzione di fori profondi (4-5 x DC).

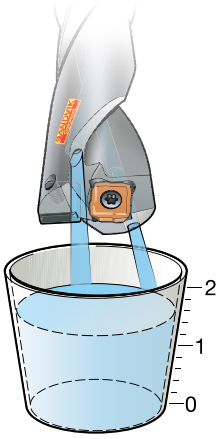
Adduzione esterna di refrigerante

- Può essere utilizzata quando vi è una buona formazione dei trucioli e quando il foro è poco profondo.

Aria compressa, lubrificazione minimale o foratura senza refrigerante

- Possono dare buoni risultati in condizioni favorevoli ma generalmente non sono consigliate.

Il fluido da taglio



Olio solubile (emulsione)

- Dal 5 al 12% di olio (10-25% per gli acciai inossidabili).
- Additivi EP (extreme pressure).

Olio puro

- Sempre con additivi EP.
- Aumenta la durata utensile nelle applicazioni ISO M e ISO S
- Con l'olio intero lavorano bene sia le punte in metallo duro integrale sia le punte ad inserti multitaglienti.

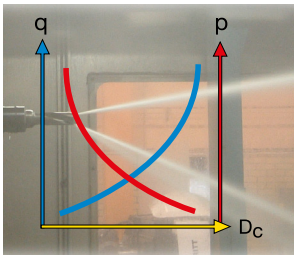
Fluido da taglio nebulizzato o lubrificazione minimale

- utilizzabile con buoni risultati su materiali con buona formazione dei trucioli.

Foratura a secco, senza refrigerante

- Può essere eseguita con materiali a truciolo corto.
- Profondità del foro fino a 3 volte il diametro.
- Preferibilmente in applicazioni orizzontali.
- Influisce negativamente sulla durata utensile.

Refrigerante – Importante per prestazioni positive

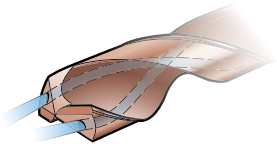


L'adduzione di refrigerante è fondamentale nella foratura ed influisce sui seguenti fattori:
- evacuazione truciolo
- qualità del foro
- durata utensile.

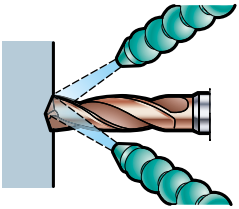
- La capacità in volume del serbatoio del refrigerante deve essere circa 5-10 volte maggiore del volume del refrigerante erogato al minuto dalla pompa.
- La capacità in volume può essere verificata utilizzando un cronometro ed un secchio di dimensioni adeguate.

Refrigerante

Interna o esterna



Adduzione interna di refrigerante
- Da preferire sempre per evitare l'intasamento da truciolo.
- Utilizzare sempre con profondità del foro superiori a tre volte il diametro.
- Nel caso delle punte orizzontali, il flusso di refrigerante deve fuoruscire dalla punta senza la caduta di gocce verso il basso per almeno 30 cm (12").

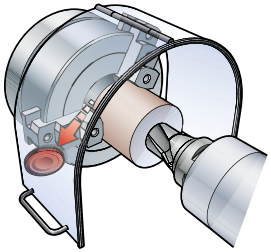


Adduzione esterna di refrigerante
- Può essere accettabile con materiali a truciolo corto.
- Per migliorare l'evacuazione truciolo, almeno un ugello del refrigerante (due se la punta è fissa) deve essere direzionato in prossimità dell'asse dell'utensile.
- Talvolta può essere utile per evitare la formazione di tagliente di riporto dovuta alla temperatura elevata dell'inserto.

Aria compressa, lubrificazione minimale o foratura senza refrigerante
- Utilizzabili con le punte a cuspide intercambiabile, in condizioni favorevoli, su materiali a truciolo corto.
- Le punte in metallo duro integrale funzionano bene in questo tipo di applicazioni.

Precauzioni di sicurezza

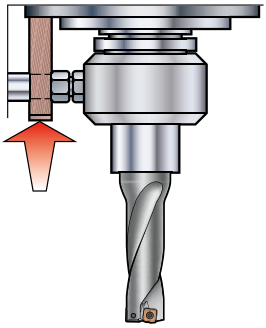
Adduzione interna di refrigerante



Precauzioni di sicurezza per dischi pericolosi

- Onde evitare danni alle attrezzature o infortuni, quando si utilizzano punte non rotanti è importante prevedere delle protezioni in corrispondenza dei dischi per l'esecuzione di fori passanti.

Adduzione esterna di refrigerante

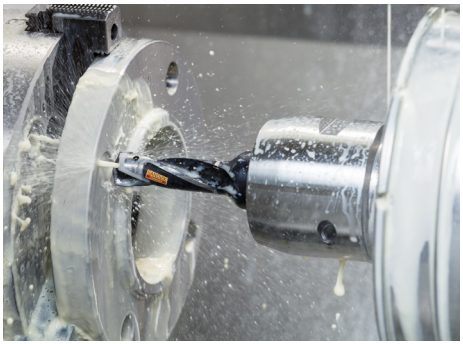


L'arresto della rotazione costituisce una misura di sicurezza importante

- Nel caso delle punte rotanti può essere necessario un dispositivo di arresto per impedire la rotazione del connettore.
- Se il refrigerante contiene particelle di trucioli, le guarnizioni potrebbero grippar-si, con conseguenti gravi danni causati dalla rotazione del connettore e dal trascinamento delle tubazioni di mandata del liquido.
- Se il connettore rotante non è stato uti-lizzato per parecchio tempo, controllare che l'attacco ruoti nell'alloggiamento pri-ma di avviare il mandrino della macchina.

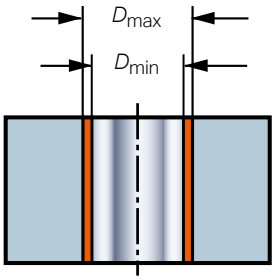
Qualità e tolleranza di foro

Misure da adottare per garantire una buona qualità del foro nella foratura



- La macchina utensile deve essere in buone condizioni.
- Il portautensili influisce sulla qualità del foro e sulla durata utensile.
- Per ottenere la massima stabilità utilizzare la punta più corta possibile.
- Controllo truciolo ed evacuazione truciolo devono essere sempre soddisfacenti.
- L'adduzione di refrigerante e la pressione del refrigerante sono fattori importanti.

Foro e tolleranza di foro



Le dimensioni del foro sono definite da tre parametri:

- valore nominale (valore esatto teorico)
- tolleranza (un numero), ad es. IT 7 secondo la norma ISO
- posizione della tolleranza (designata da lettere maiuscole secondo ISO).

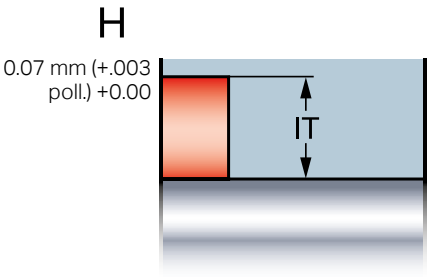
La tolleranza è data da D_{max} meno D_{min}, ad es. IT 7.

Tolleranza di foro secondo la norma ISO

Tolleranza	Gamma diametri, mm/*poll.*							Esempi
	3–6	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	
	.118–.236	*.236–.394*	*.394–.709*	*.709–1.181*	*1.181–1.969*	*1.969–3.150*	*3.150–4.724*	
IT6	0.008 *.0003*	0.009 *.0004*	0.011 *.0004*	0.013 *.0005*	0.016 *.0006*	0.019 *.0007*	0.022 *.0009*	Cuscinetti
IT7	0.012 *.0005*	0.015 *.0006*	0.018 *.0007*	0.021 *.0008*	0.025 *.0010*	0.030 *.0012*	0.035 *.0014*	
IT8	0.018 *.0007*	0.022 *.0009*	0.027 *.0011*	0.033 *.0013*	0.039 *.0015*	0.046 *.0018*	0.054 *.0021*	[1] Fori per filettatura
IT9	0.030 *.0012*	0.036 *.0014*	0.043 *.0017*	0.052 *.0020*	0.062 *.0002*	0.074 *.0029*	0.087 *.0034*	
IT10	0.048 *.0019*	0.058 *.0022*	0.070 *.0028*	0.084 *.0033*	0.100 *.0039*	0.120 *.0047*	0.140 *.0055*	Fori per maschi normali
IT11	0.075 *.0030*	0.090 *.0035*	0.110 *.0043*	0.130 *.0051*	0.160 *.0062*	0.190 *.0074*	0.220 *.0089*	
IT12	0.120 *.0047*	0.150 *.0059*	0.180 *.0071*	0.210 *.0083*	0.250 *.0098*	0.300 *.0118*	0.350 *.0138*	
IT13	0.180 *.0071*	0.220 *.0087*	0.270 *.0106*	0.330 *.0130*	0.390 *.0154*	0.460 *.0181*	0.540 *.0213*	

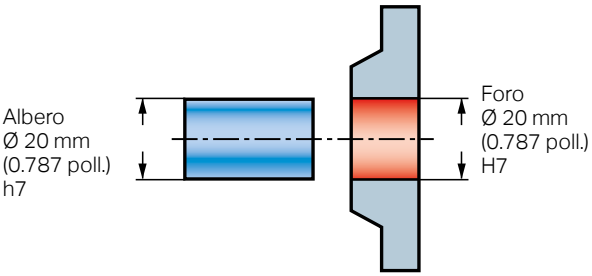
[1] Fori da filettare con maschi senza scanalature (filetti rullati)

- Più è basso il numero IT, più la tolleranza è stretta.
- La tolleranza per una classe IT è direttamente proporzionale all'aumento dei diametri.



Esempio:	Ø 15.00 mm (0.591 poll.) H10
Valore nominale:	15.00 mm (0.591 poll.)
Tolleranza:	0.07 mm (0.003 poll.) (IT 10 secondo ISO)
Posizione:	da 0 verso + (H secondo la norma ISO)

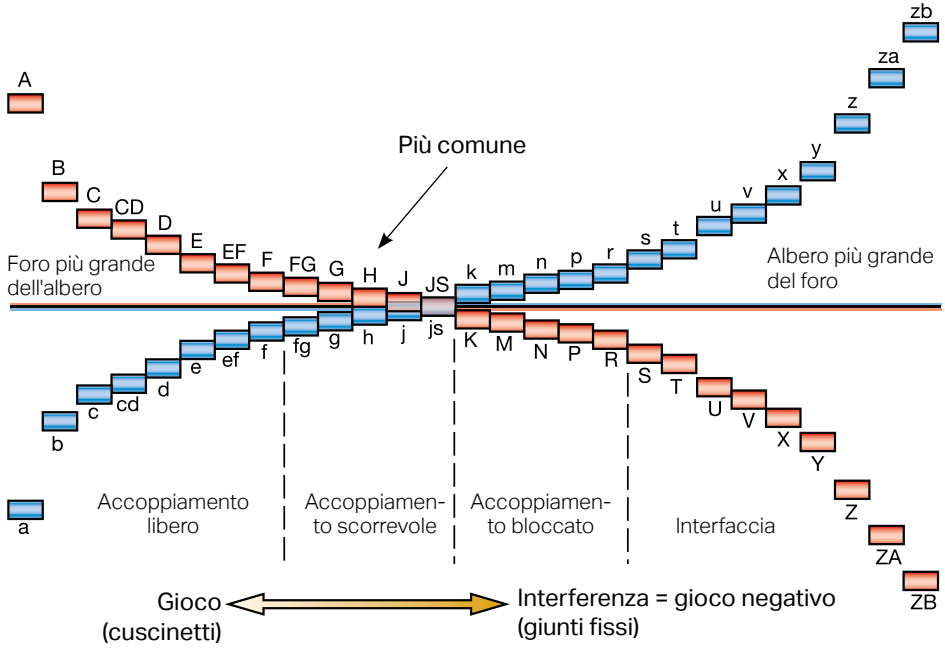
Tolleranze di foro secondo la norma ISO



La tolleranza di foro è spesso connessa alla tolleranza di un albero che deve essere inserito nel foro.

Tolleranza albero-foro secondo la norma ISO

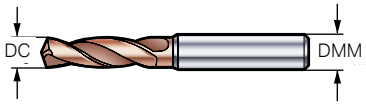
La posizione di tolleranza dell'albero è designata da lettere minuscole corrispondenti alla tolleranza di foro in lettere maiuscole. La figura che segue illustra il quadro completo.



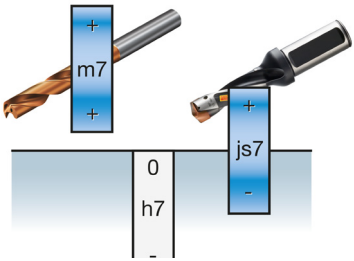
Tolleranza di foro ed utensile

Tolleranza di foro ottenibile con utensili diversi

Tolleranza sul diametro della punta DC



Tolleranza DC per punta in metallo duro integrale e punta a cuspide intercambiabile

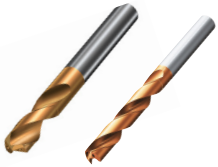


Tolleranza della punta

- La punta è rettificata in modo da ottenere una determinata tolleranza sul diametro, indicata con lettere minuscole secondo ISO.

La tolleranza di foro

- Per le moderne punte in metallo duro integrale o a cuspide intercambiabile, la tolleranza di foro è molto vicina alla tolleranza della punta.

Tolleranza	Punte in metallo duro integrale	Punte a cuspide intercambiabile	Punta a inserti multitaglienti
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			
IT10			
IT11			
IT12			
IT13			

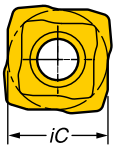
Punte a inserti multitaglienti

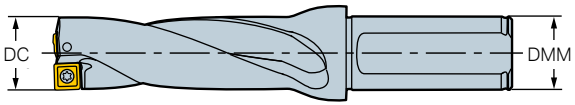
Tolleranza della punta

- La tolleranza sul diametro di una punta ad inserti multitaglienti è data dalla combinazione della tolleranza sulla sede dell'inserto nel corpo della punta e della tolleranza sull'inserto.

Tolleranza di foro

- Le punte ad inserti multitaglienti consentono di ottenere un bilanciamento ottimale delle forze di taglio ed un foro con tolleranza positiva (sovradimensionato) dal momento che la maggior parte dei fori ha tolleranza H.



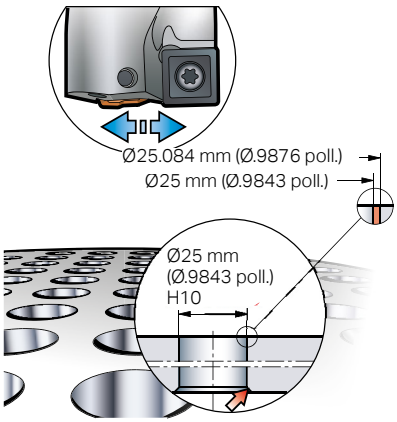


Profondità di foratura 2-3 x DC

Diametro della punta, mm (poll.)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Tolleranza foro, mm (poll.)	0/+0.25 (0/+.0098)	0/+0.28 (0/+.011)	0/+0.3 (0/+.0118)
Tolleranza DC, mm (poll.)	0/+0.2 (0/+.0079)	0/+0.25 (0/+.0098)	0/+0.28 (0/+.011)

Profondità di foratura 4-5 x DC

Diametro della punta, mm (poll.)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Tolleranza foro, mm (poll.)	0/+0.4 (0/+.0157)	0/+0.43 (0/+.0169)	0/+0.45 (0/+.0177)
Tolleranza DC, mm (poll.)	+0.04/+0.24 (+.0016/+.0094)	+0.04/+0.29 (+.0016/+.0114)	+0.04/+0.32 (+.0016/+.0126)



Come migliorare la tolleranza di foro

Un metodo per eliminare la tolleranza di fabbricazione del corpo della punta e degli inserti consiste nell'eseguire il preset della punta.

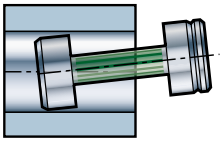
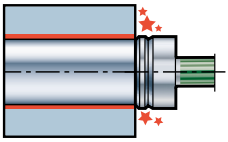
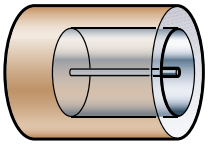
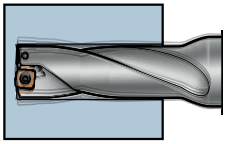
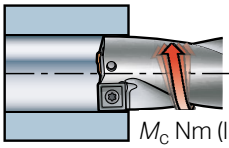
Ciò può essere effettuato su un tornio o con un attacco/manicotto registrabile; vedere a pagina E28.

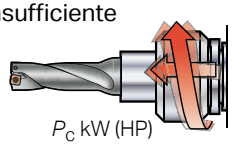
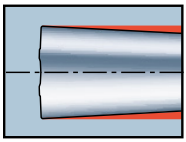
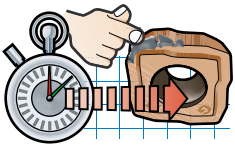
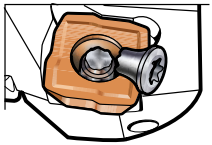
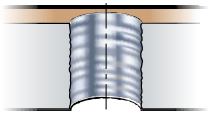
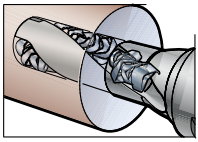
Quindi sarà possibile ottenere una tolleranza (IT) entro 0.10 mm (0.004 poll.).

Le dimensioni del foro possono essere influenzate dal cambio della geometria di uno degli inserti.

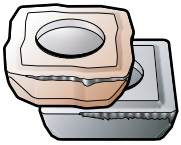
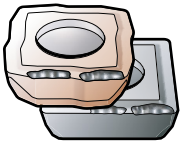
Risoluzione dei problemi

Punta a inserti multitaglienti

Problema	Rimedio	
Fori sovradimensionati 	Punta rotante 1. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 2. Provare una geometria più tenace sul lato periferico (mantenere l'inserto centrale).	Punta non rotante 1. Verificare l'allineamento sul tornio. 2. Ruotare la punta di 180°. 3. Provare una geometria più tenace sul lato periferico (mantenere l'inserto centrale).
Fori sottodimensionati 	Punta rotante 1. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 2. Provare una geometria più tenace sul lato centrale ed una geometria con azione di taglio più leggera sul lato periferico.	Punta non rotante 1. Fissa: controllare l'allineamento sul tornio. 2. Fissa: ruotare la punta di 180°. 3. Provare una geometria più tenace sul lato centrale (mantenere l'inserto periferico).
"Piolo" nel foro 	Punta rotante 1. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 2. Provare una geometria diversa sul lato periferico e regolare la velocità di avanzamento rispettando i dati di taglio consigliati. 3. Ridurre la sporgenza della punta. 4. Usare una minore velocità di avanzamento durante i primi 3 mm di profondità del foro.	Punta non rotante 1. Verificare l'allineamento sul tornio. 2. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 3. Ridurre la sporgenza della punta. 4. Provare una geometria diversa sul lato periferico e regolare la velocità di avanzamento rispettando i dati di taglio consigliati.
Vibrazioni 	1. Ridurre la sporgenza della punta, migliorare la stabilità del pezzo. 2. Ridurre la velocità di taglio. 3. Provare una geometria diversa sul lato periferico e regolare la velocità di avanzamento rispettando i dati di taglio consigliati.	
Momento torcente della macchina insufficiente  M_c Nm (lbf-piede)	1. Ridurre l'avanzamento. 2. Scegliere una geometria con azione di taglio leggera per ridurre la forza di taglio.	

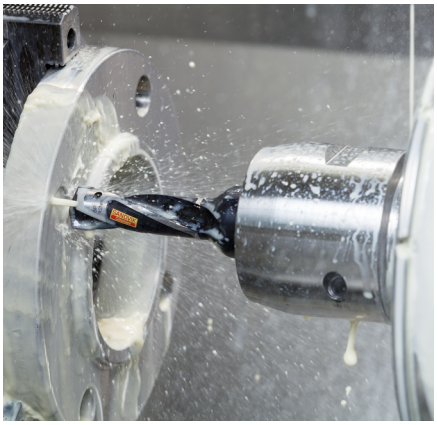
Problema	Rimedio
Potenza della macchina insufficiente  P_C kW (HP)	1. Ridurre la velocità di taglio. 2. Ridurre l'avanzamento. 3. Scegliere una geometria con azione di taglio leggera per ridurre la forza di taglio.
Foro asimmetrico 	Il foro si allarga sul fondo (a causa dell'intasamento da truciolo sull'inserto centrale) 1. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 2. Provare una geometria diversa sul lato periferico e regolare la velocità di avanzamento rispettando i dati di taglio consigliati. 3. Ridurre la sporgenza della punta.
Scarsa durata utensile 	1. Aumentare o ridurre la velocità di taglio in base al tipo di usura. 2. Scegliere una geometria con azione di taglio leggera per ridurre la forza di taglio. 3. Aumentare l'avanzamento
Rottura delle viti dell'inserto 	1. Utilizzare una chiave torsiometrica per serrare la vite, applicare un prodotto antigrippaggio. 2. Controllare e cambiare regolarmente la vite dell'inserto.
Finitura superficiale inaccettabile 	1. È importante avere un buon controllo truciolo. 2. Ridurre l'avanzamento (se è importante mantenere il valore v_f, aumentare anche la velocità). 3. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 4. Ridurre la sporgenza della punta, migliorare la stabilità del pezzo.
Intasamento da truciolo nelle scanalature della punta 	Causa: trucioli lunghi 1. Controllare la geometria ed i dati di taglio consigliati. 2. Aumentare il flusso di refrigerante, pulire il filtro, pulire i fori di uscita del refrigerante nella punta. 3. Ridurre l'avanzamento rispettando i dati di taglio consigliati. 4. Aumentare la velocità di taglio rispettando i dati di taglio consigliati.

Usura dell'utensile – Punta ad inserti multitaglienti

Problema	Causa	Rimedio
Usura sul fianco		
	a) Velocità di taglio troppo elevata. b) Qualità non abbastanza resistente all'usura.	a) Ridurre la velocità di taglio. b) Scegliere una qualità più resistente all'usura.
Craterizzazione		
	Inserto periferico • Usura per diffusione provocata dalla temperatura troppo elevata sul petto dell'inserto. Inserto centrale: • Usura per abrasione provocata da tagliente di riporto ed incollamento.	Inserto periferico • Selezionare una qualità più resistente all'usura. • Ridurre la velocità. Inserto centrale: • Ridurre l'avanzamento. Generale: • Scegliere una geometria più positiva ovvero -LM.
Deformazione plastica (inserto periferico)		
	a) Temperatura di taglio (velocità di taglio) troppo elevata, abbinata ad alta pressione (avanzamento, durezza del pezzo). b) Risultato dell'usura eccessiva sul fianco e/o della craterizzazione.	a–b) Scegliere una qualità più resistente all'usura, con una maggiore resistenza alla deformazione plastica. a–b) Ridurre la velocità di taglio. a) Ridurre l'avanzamento.
Scheggiatura		
	a) Tenacità della qualità insufficiente. b) Geometria dell'inserto troppo debole. c) Tagliente di riporto (T.d.R.). d) Superficie irregolare. e) Scarsa stabilità. f) Inclusioni di sabbia (ghisa).	a) Scegliere una qualità più tenace. b) Selezionare una geometria più robusta. c) Aumentare la velocità di taglio oppure scegliere una geometria più positiva. d) Ridurre l'avanzamento in entrata. e) Migliorare la stabilità. f) Selezionare una geometria più robusta. Ridurre l'avanzamento.

Problema	Causa	Rimedio
Tagliente di riporto (T.d.R)		
	a) Bassa velocità di taglio (temperatura troppo bassa sul tagliente). b) Geometria di taglio troppo negativa. c) Materiale con forte tendenza all'incollamento, come certi acciai inossidabili e l'alluminio puro. d) Percentuale di miscela d'olio nel fluido da taglio insufficiente.	a) Aumentare la velocità di taglio oppure passare ad una qualità rivestita. b) Scegliere una geometria più positiva ovvero -LM. c-d) Aumentare la miscela d'olio e il rapporto volume/pressione nel fluido da taglio.

Evacuazione truciolo - consigli generali

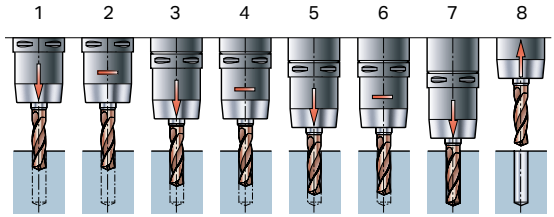


Punti da verificare e rimedi

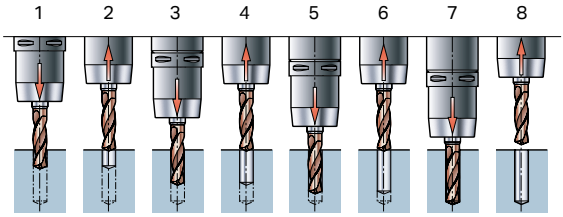
1. Accertarsi di utilizzare i dati di taglio e la geometria della punta giusti.
2. Verificare visivamente la forma del truciolo (confrontare con la figura a pagina E 26).
3. Verificare se è possibile aumentare il flusso di fluido da taglio e la pressione.
4. Ispezionare i taglienti. La scheggiatura del tagliente può portare alla formazione di trucioli lunghi perché il truciolo viene diviso. Anche un eccessivo tagliente di riporto può incidere negativamente sulla formazione dei trucioli.
5. Controllare se la lavorabilità è cambiata per l'introduzione di un nuovo materiale. Può essere necessario regolare i dati di taglio.
6. Regolare avanzamento e velocità. Vedere lo schema a pagina E 18.

Foratura con penetrazione discontinua – punte in metallo duro integrale/a cuspide intercambiabile

La foratura con penetrazione discontinua può essere utilizzata in mancanza di altre soluzioni.
Esistono due diversi modi per eseguire un ciclo di foratura con penetrazione discontinua:

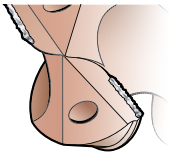
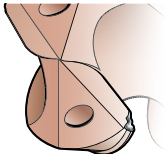
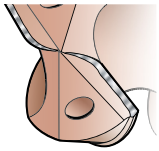
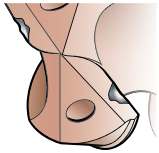
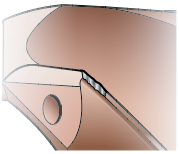


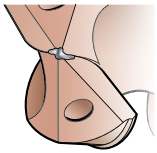
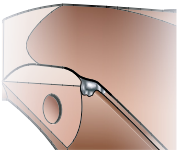
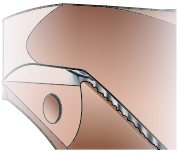
- Metodo 1 per una produttività ottimale
Non allontanare la punta di oltre 0.3 mm (0.012 poll.) circa dal fondo del foro. In alternativa, fermarsi a intervalli regolari, con la punta ancora in rotazione, prima di proseguire la foratura.

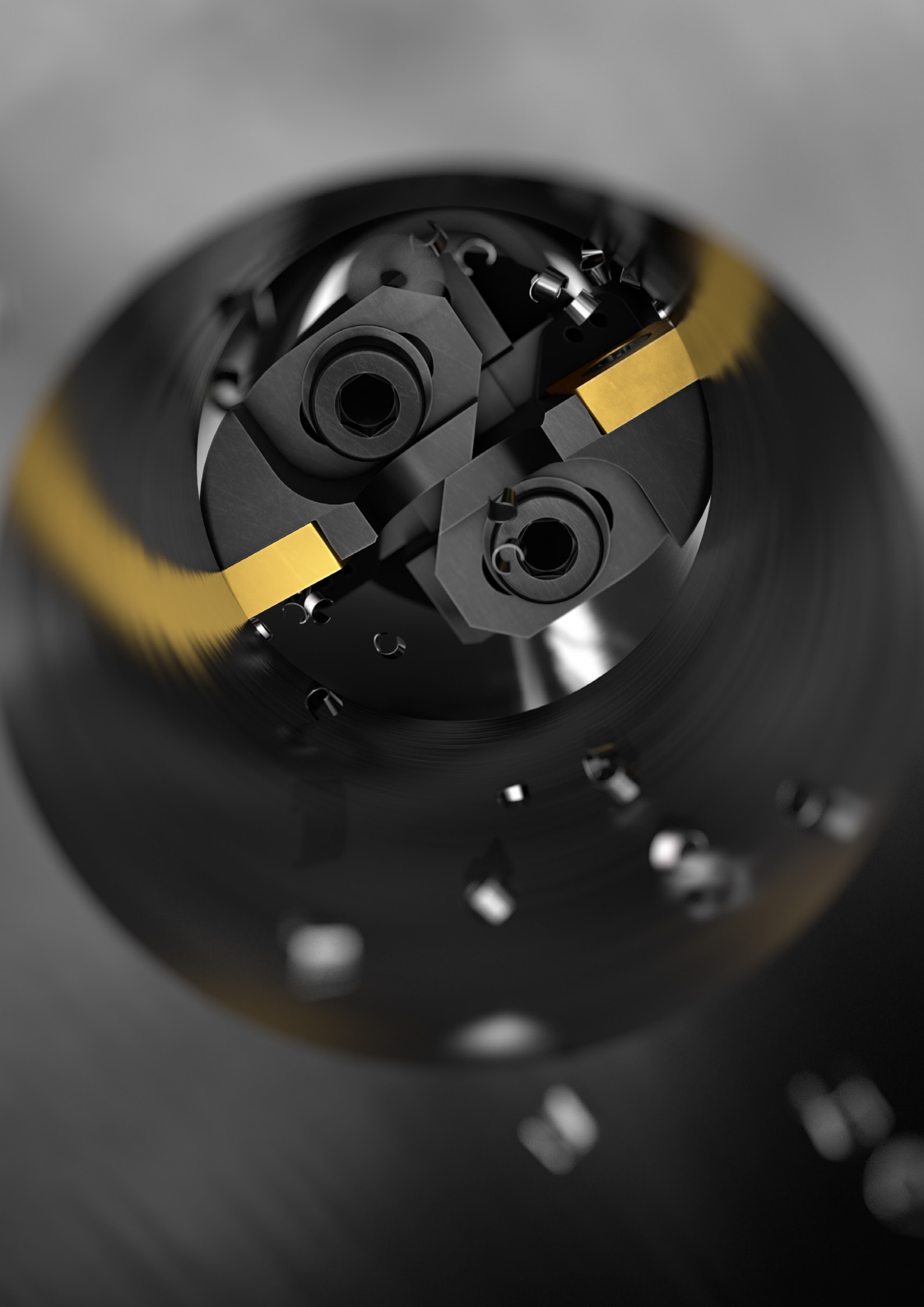


- Metodo 2 per un'evacuazione truciolo ottimale
In seguito a ciascun ciclo di foratura, far uscire la punta dal foro per assicurarsi che non vi siano trucioli aderenti alla punta.

Usura dell'utensile – punte in metallo duro integrale/ a cuspide intercambiabile

	Causa	Rimedio
Tagliente di riporto		
	1. Velocità di taglio troppo bassa e temperatura del tagliente troppo elevata 2. Fascetta negativa troppo grande 3. Assenza di rivestimento 4. Percentuale di olio nel fluido da taglio troppo bassa	1. Aumentare la velocità di taglio oppure utilizzare l'adduzione esterna di fluido da taglio 2. Tagliente più affilato 3. Rivestimento sul tagliente 4. Aumentare la percentuale di olio nel fluido da taglio
Scheggiatura sullo spigolo del tagliente		
	1. Fissaggio instabile 2. Valore di runout troppo grande 3. Taglio interrotto 4. Fluido da taglio insufficiente (cricche termiche) 5. Portautensili instabile.	1. Controllare il fissaggio 2. Controllare il runout radiale 3. Diminuire l'avanzamento 4. Controllare l'adduzione di fluido da taglio 5. Controllare il portautensili
Usura sul fianco dei taglienti		
	1. Velocità di taglio troppo elevata 2. Avanzamento troppo basso 3. Qualità troppo fragile 4. Mancanza di fluido da taglio	1. Diminuire la velocità di taglio 2. Aumentare l'avanzamento 3. Passare a una qualità più dura 4. Controllare che l'adduzione di fluido da taglio sia corretta
Scheggiatura sul tagliente		
	1. Condizioni instabili 2. Superamento dell'usura massima consentita 3. Qualità troppo dura	1. Controllare il setup 2. Sostituire più frequentemente la punta 3. Passare ad una qualità più tenera
Usura sulle fascette circolari		
	1. Valore di runout troppo grande 2. Fluido da taglio troppo debole 3. Velocità di taglio troppo elevata 4. Materiale abrasivo	1. Controllare il runout radiale 2. Utilizzare olio puro o un'emulsione più forte 3. Ridurre la velocità di taglio 4. Passare a una qualità più dura

	Causa	Rimedio
Usura sul tagliente trasversale		
	1. Velocità di taglio troppo bassa 2. Avanzamento troppo elevato 3. Tagliente trasversale troppo piccolo	1. Aumentare la velocità di taglio 2. Ridurre l'avanzamento 3. Controllare le dimensioni
Usura dovuta a deformazione plastica		
	1. Velocità di taglio e/o avanzamento troppo elevati 2. Adduzione di fluido da taglio insufficiente 3. Punta/qualità inadatta	1. Ridurre la velocità di taglio e/o l'avanzamento 2. Aumentare la pressione del fluido da taglio 3. Utilizzare una qualità più dura
Microfessurazioni termiche (intagli)		
	1. Fluido da taglio non uniforme	1. Controllare l'adduzione di fluido da taglio 2. Riempire il serbatoio di fluido da taglio



Barenatura

Le operazioni di barenatura con utensili rotanti vengono eseguite su fori prelavorati o realizzati mediante fusione, forgiatura, estrusione, taglio a fiamma, ecc.

• Teoria F 4

• Procedura di selezione F 8

• Presentazione del sistema F 13

• Scelta degli utensili F 16

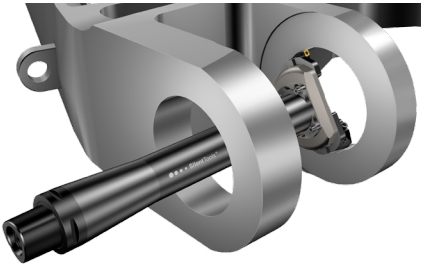
• Consigli applicativi F 22

• Risoluzione dei problemi F 27

Teoria della barenatura

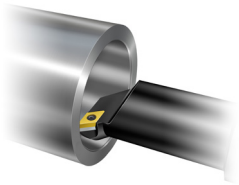
Il processo di barenatura

- Generalmente, le operazioni di barenatura vengono eseguite nei centri di lavoro e nelle alesatrici orizzontali.
- L'utensile rotante avanza in senso assiale attraverso il foro.
- La maggior parte dei fori è di tipo passante, spesso in componenti prismatici come scatole e rivestimenti.



Tre diversi metodi di barenatura di base

Barenatura con utensili stazionari

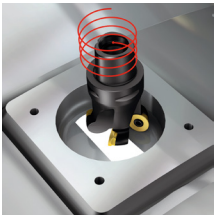


- Da utilizzare solo per componenti simmetrici lavorati su tornio.
- La profilatura può essere eseguita con barre di alesatura standard.
- Soluzioni di attrezzamento molto flessibili con testine da taglio intercambiabili.

Barenatura con utensili rotanti

- Per componenti asimmetrici lavorati in un centro di lavoro.
- Soluzioni di utensili flessibili con diametri regolabili.
- Elevata produttività nelle operazioni di sgrossatura.
- Tolleranza di foro e finitura superficiale di alta qualità.

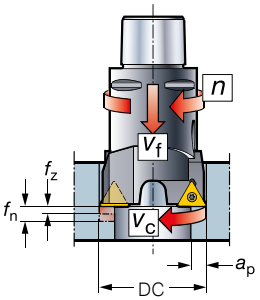
Fresatura, interpolazione elicoidale



- Soluzione molto flessibile in cui una fresa può essere utilizzata per diversi diametri.
- Risparmio di spazio nel magazzino utensili.
- Buona soluzione quando il controllo truciolo è un problema.
- Elevati requisiti di qualità della macchina (per finitura).

Terminologia

Definizione dei dati di taglio



- n = velocità del mandrino (giri/min)
- a_p = profondità di taglio radiale, mm (poll.)
- v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
- f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro)
- DC = diametro di barenatura, mm (poll.)
- v_f = velocità di avanzamento, mm/min (poll./min)
- f_z = avanzamento per dente, mm/giro (poll./giro)
- z_c = numero effettivo di denti che lavorano la superficie finale

Velocità di taglio

Il bareno ruota ad un determinato numero di giri (n) al minuto, generando un certo diametro (DC). Ciò produce una velocità di taglio specifica (v_c) misurata in m/min (piedi/min) in corrispondenza del tagliente.

Sistema metrico

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \quad \text{(m/min)}$$

Sistema in pollici

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \quad \text{(piedi/min)}$$

Avanzamento

Il movimento assiale dell'utensile è chiamato velocità di avanzamento (f_n) e viene misurata in mm/giro (poll./giro). La velocità di avanzamento si ottiene moltiplicando l'avanzamento per dente, mm/giro (poll./giro), per il numero di denti effettivi (z_c). La velocità di avanzamento è il valore chiave nel determinare la qualità della superficie lavorata e nell'assicurare che la formazione dei trucioli si mantenga all'interno della geometria dell'inserto.

$$v_f = f_n \times n \quad \text{mm/min (poll./min)}$$

$$f_n = z_c \times f_z \quad \text{mm/giro (poll./giro)}$$

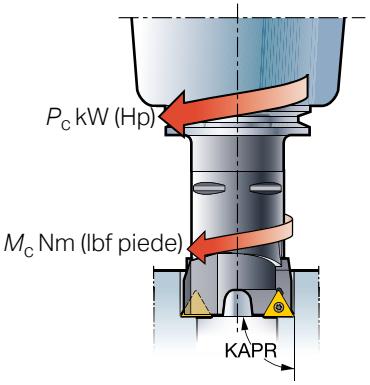
Velocità di avanzamento

La velocità di avanzamento (v_f) è la velocità del movimento assiale ed è strettamente correlata alla produttività.

Profondità di taglio

La profondità di taglio (a_p) è la differenza tra i raggi del foro prima e dopo il taglio.

Calcolo del momento torcente e dell'assorbimento di potenza



n = velocità del mandrino (giri/min)
v_c = velocità di taglio, m/min (piedi/min)
f_n = avanzamento per giro, mm/giro (poll./giro)
DC = diametro di barenatura, mm (poll.)
k_c = forza di taglio specifica, N/mm² (lb/poll.²)
P_c = assorbimento di potenza, kW (Hp)
M_c = momento torcente, Nm (lbf piede)
KAPR = angolo del tagliente utensile

Momento torcente

Il momento torcente (M_c) è la coppia, generata dal bareno durante l'azione di taglio, che la macchina deve fornire.

Potenza netta

La potenza netta (P_c) è la potenza che la macchina deve essere in grado di fornire ai taglienti per determinare l'azione di taglio. Quando si selezionano i dati di taglio, è necessario considerare l'efficienza meccanica ed elettrica della macchina.

Forza di taglio specifica

Forza/area di taglio per un determinato spessore di truciolo in direzione tangenziale.
Il valore k_c indica la lavorabilità di un certo materiale ed è espresso in N/mm² (lb/poll.²).

Sistema metrico

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad \text{(Nm)}$$

Sistema in pollici

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \quad \text{(lbf piede)}$$

Potenza netta, kW

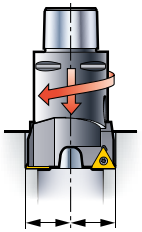
$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC}\right)$$

Potenza netta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC}\right)$$

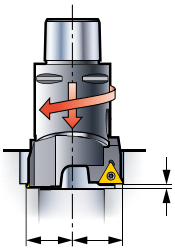
Metodi di esecuzione dei fori

Barenatura produttiva



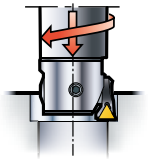
La barenatura produttiva implica l'uso di 2-3 taglienti e viene utilizzata per operazioni di sgrossatura con tolleranza di foro IT9 o superiori, quando il volume di truciolo asportato è la priorità assoluta. Nella barenatura a più taglienti, tutte le slitte sono regolate allo stesso diametro e alla stessa altezza. La velocità di avanzamento si ottiene moltiplicando l'avanzamento di ogni inserto per il numero di inserti ($f_n = f_z \times z$). Questo è il setup di base per la maggior parte delle applicazioni di barenatura.

Barenatura a gradini



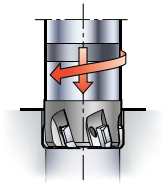
Nella barenatura a gradini, le slitte sono regolate a diametri ed altezze assiali differenti. La barenatura a gradini viene utilizzata quando sono necessarie grandi profondità di taglio radiale o per la barenatura di materiali teneri (materiali a truciolo lungo). Con questo metodo, la larghezza del truciolo è suddivisa su due trucioli più piccoli e facili da gestire. La velocità di avanzamento e la finitura superficiale generata sono le stesse che si otterrebbero con un solo inserto ($f_n = f_z$).

Barenatura ad un tagliente



La barenatura di sgrossatura ad un tagliente viene utilizzata quando il controllo truciolo è difficile (materiali a truciolo lungo) e/o quando la potenza della macchina è limitata. Viene utilizzata una sola slitta. Se la slitta non viene utilizzata, le sue superfici sono protette da apposite coperture. Per la barenatura di sgrossatura, viene utilizzato un utensile ad un tagliente regolabile per ottenere tolleranze di foro più strette, ($f_n = f_z$).

Alesatura



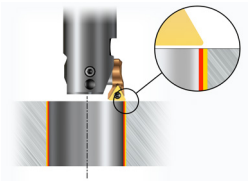
L'alesatura è un'operazione di finitura leggera eseguita con un alesatore multitagliente ad avanzamenti elevati.

Procedura di selezione degli utensili

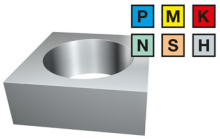
Processo di pianificazione della produzione

1 Componente

Dimensione e qualità del foro

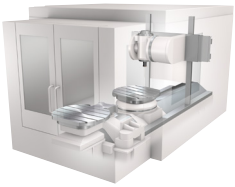


Materiale, forma e dimensione del pezzo



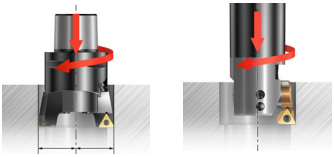
2 Macchina

Parametri della macchina



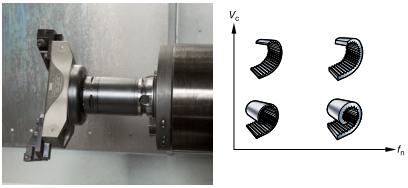
3 Scelta degli utensili

Tipo di utensile



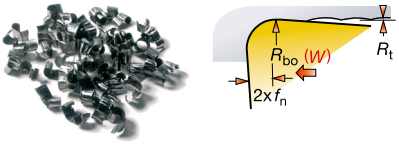
4 Consigli applicativi

Dati di taglio, refrigerante, ecc.



5 Risoluzione dei problemi

Cause e rimedi



1. Componente e materiale da lavorare

Parametri da considerare

Componente

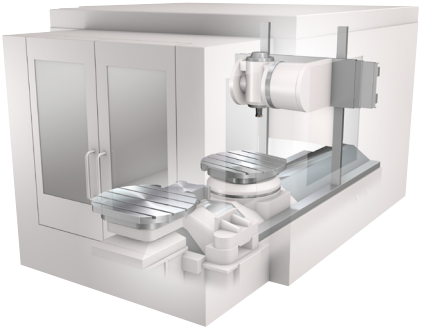
- Identificare il tipo di operazione e prendere nota delle caratteristiche del foro da lavorare, dei limiti, del materiale e della macchina.
- Bloccaggio, forze di bloccaggio e forze di taglio. Il componente è sensibile alle vibrazioni?
- Scegliere l'utensile in grado di gestire la gamma di diametri di alesatura e la profondità dell'operazione, tenendo conto anche dei requisiti di finitura superficiale e tolleranza.

Materiale

- Lavorabilità
- Controllo truciolo
- Durezza
- Elementi leganti.

2. Parametri della macchina

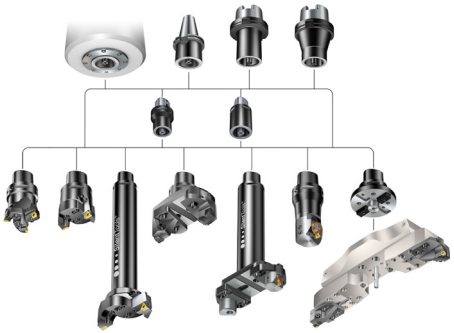
Caratteristiche della macchina

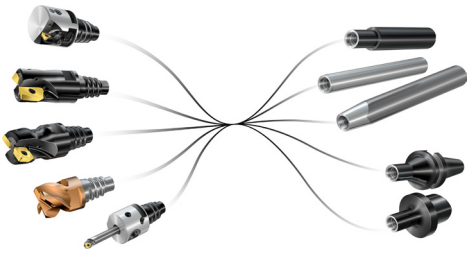


- Interfaccia del mandrino
- Stabilità della macchina
- Velocità di rotazione mandrino
- Adduzione di refrigerante
- Pressione del refrigerante
- Bloccaggio del pezzo
- Mandrino orizzontale o verticale
- Potenza e momento torcente
- Magazzino utensili.

3. Scelta degli utensili

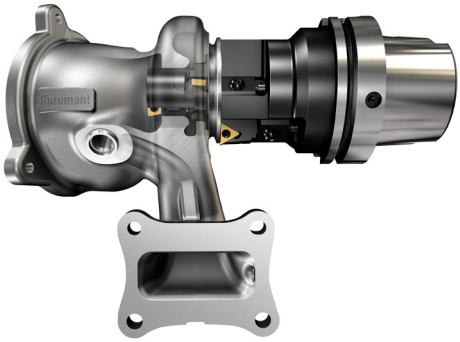
La rigidità alla flessione e la trasmissione di momento torcente sono i due fattori principali da considerare nella scelta dei sistemi di portautensili per operazioni di barenatura. Scegliere l'utensile in base alle esigenze specifiche:





- Utensili per materiali, applicazioni e condizioni di vario tipo.
- Meccanismi di regolazione precisi e refrigerante ad alta precisione per le operazioni di finitura.
- Ottimizzare la produttività con utensili multitaglienti.
- Utensili di piccolo e grande diametro.
- Per la lavorazione senza vibrazioni a lunghe sporgenze, utilizzare utensili antivibranti.
- Ridurre il peso dell'assieme utensile per facilitare la manipolazione e ridurre il momento.

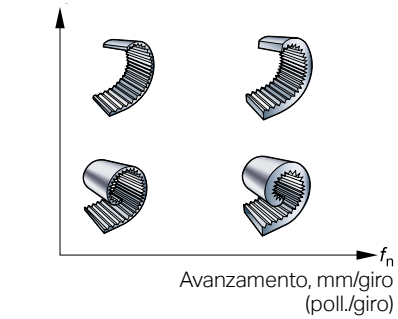
Soluzioni speciali

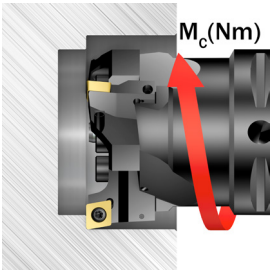


- Spesso una combinazione di diverse operazioni in un solo utensile.
- Operazioni eseguibili in una sola passata.

4. Consigli applicativi

Considerazioni importanti sull'applicazione





Portautensili

- Utilizzare sempre l'accoppiamento più robusto puntando ad avere la minore sporgenza possibile dell'utensile.
- Per migliorare stabilità e qualità del foro, utilizzare gli utensili antivibranti e gli steli conici Coromant Capto®.

Utensili

- Considerare angolo di registrazione (attacco), qualità e geometria dell'inserto.

Evacuazione truciolo e fluido da taglio

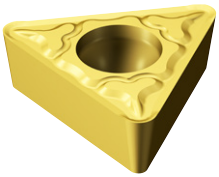
- Nella barenatura, formazione ed evacuazione truciolo sono fattori importanti che influiscono sulla qualità e sulla tolleranza del foro.

Dati di taglio

- La correttezza dei valori relativi a velocità di taglio e velocità di avanzamento è fondamentale per ottimizzare produttività, durata utensile e qualità del foro.
- Considerare il momento torcente e la potenza della macchina.

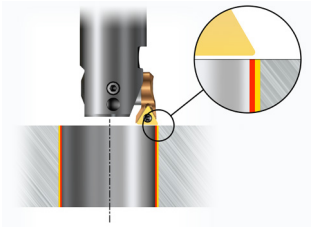
5. Risoluzione dei problemi

Considerazioni importanti sull'applicazione



Usura dell'inserto e durata utensile

- Nelle operazioni di barenatura, è particolarmente importante che geometria, qualità e dati di taglio siano corretti.

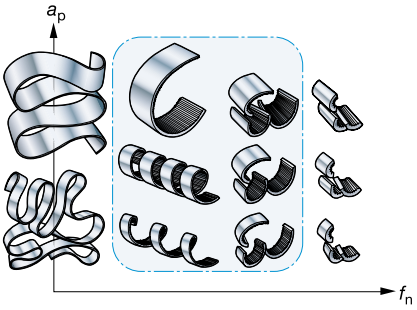


Evacuazione truciolo

- Controllare la truciolabilità e l'adduzione di fluido da taglio.

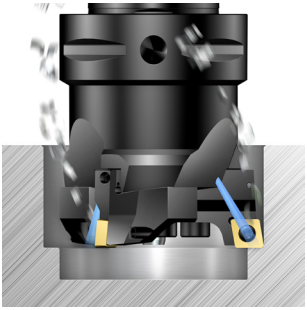
Qualità e tolleranze di foro

- Controllare il bloccaggio dell'utensile/pezzo da lavorare, la velocità di avanzamento, le condizioni della macchina e l'evacuazione truciolo.



Dati di taglio

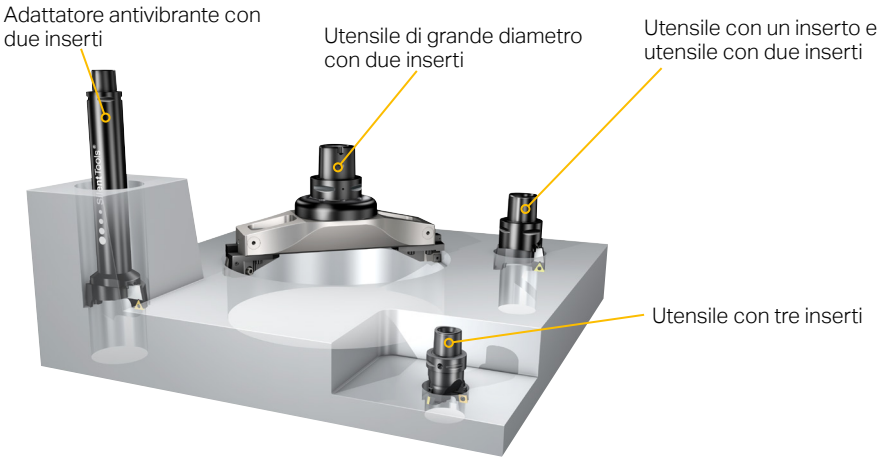
- La corretta impostazione di velocità di taglio, velocità di avanzamento e profondità di taglio è fondamentale per ottimizzare produttività e durata utensile, evitando vibrazioni.



Presentazione del sistema

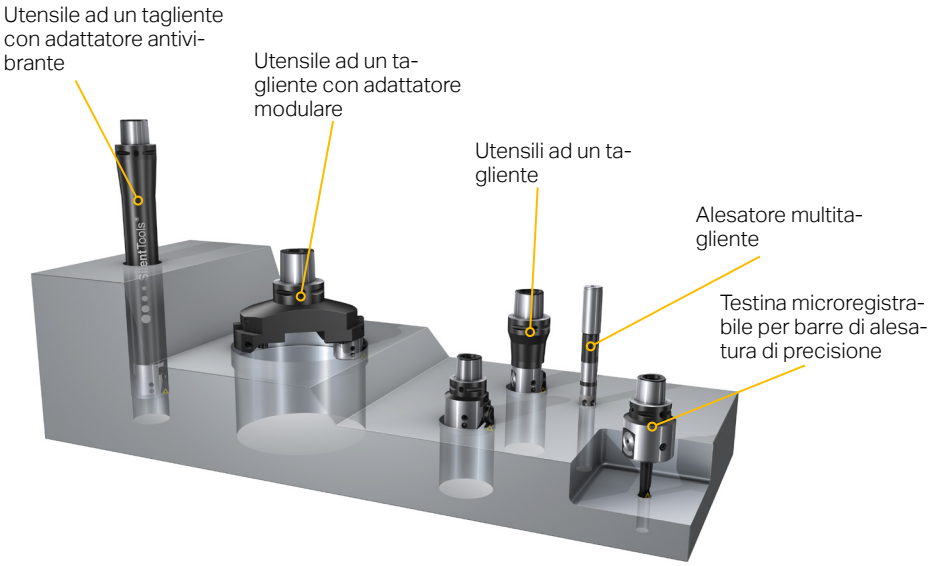
Bareni di sgrossatura

La barenatura di sgrossatura serve ad allargare un foro preesistente in vista delle operazioni di finitura successive.

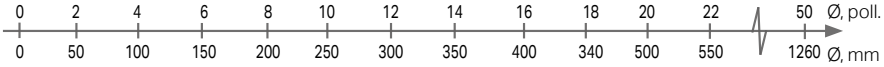


Bareni di precisione

La barenatura di precisione serve a rifinire il foro entro i limiti di tolleranza e finitura superficiale.



Barenatura di sgrossatura



Utensili per barenatura di sgrossatura con due inserti Ø23-170 mm (0.908-6.893")

Utensili per barenatura di sgrossatura con tre inserti Ø36-306 mm (1.4-12")

Utensili antivibranti per barenatura di sgrossatura con due inserti Ø25-150 mm (1-6")

Utensili per barenatura di sgrossatura di grandi diametri con due inserti Ø150-1260 mm (6-50")

Utensili per barenatura di sgrossatura di grandi diametri con due inserti (leggeri). Ø148-300 mm (5.82-11.81")

Utensili per barenatura di sgrossatura di grandi diametri con due inserti (antivibranti). Ø148-300 mm (5.82-11.81")

Barenatura di precisione – piccoli diametri

Testine microregistrabili con barra con attacco di metallo duro integrale Ø1-8.2 mm (0.04-0.320")

Testine microregistrabili con barra di alesatura multitagliente Ø6-20 mm (0.24-0.79")

Testine microregistrabili con barra multitagliente o barra di scanalatura Ø8-32 mm (0.31-1.26")

Alesatore multitagliente Ø3.97-31.75 mm (.156 - 1.25")

Barenatura di precisione – diametri medi

Barenatura di precisione con testine intercambiabili Ø19-36 mm (0.75-1.42")

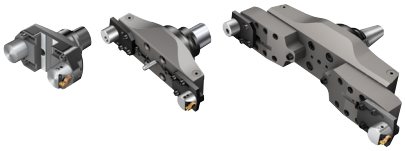
Barenatura di precisione con stelo cilindrico Ø19-36 mm (0.75-1.42")

Barenatura di precisione con Coromant Capto (modulare) Ø19-167 mm (0.75-6.58")

Barenatura di precisione con Coromant Capto (antivibrante) Ø23-167 mm (0.91-6.58")

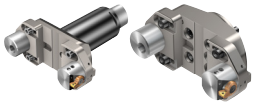
Barenatura di precisione con Coromant Capto (leggero) Ø69-167 mm (2.716-6.575")

Barenatura di precisione – grandi diametri



Barenatura di precisione, Ø150-1275 mm (5.9-50")

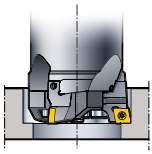
Barenatura di precisione (antivibrante), Ø150-315 mm (5.9-12.4")



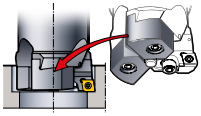
Barenatura di precisione con Coromant Capto o manicotto (leggero) Ø150-315 mm (5.9-12.4")

Scelta degli utensili

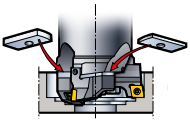
Sgrossatura



Barenatura produttiva



Barenatura ad un tagliente



Barenatura a gradini

Barenatura produttiva

- Elevato volume di truciolo asportato.
- Barenatura multitagliente, inserti sullo stesso livello.

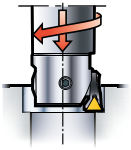
Barenatura ad un tagliente

- Maggiore controllo truciolo.
- Minori requisiti di potenza della macchina.

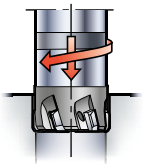
Barenatura a gradini

- Barenatura di sgrossatura ad elevata asportazione del sovrametallo.
- Maggiore controllo truciolo.

Finitura



Barenatura ad un tagliente



Alesatura

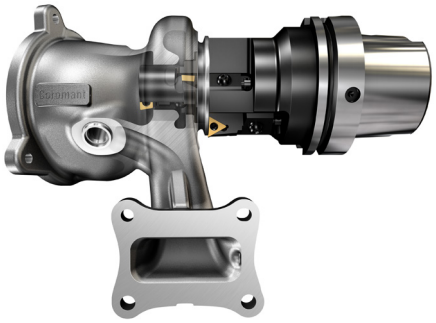
Barenatura ad un tagliente

- Barenatura di alta precisione.
- Tolleranza IT6.
- Regolabilità di 0,002 mm (0.00008").

Alesatura

- Ottima finitura superficiale ad avanzamenti elevati.
- Produzione in serie.

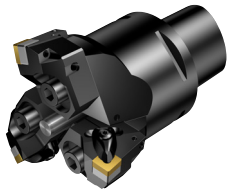
Soluzioni speciali



- Spesso una combinazione di diverse operazioni in un solo utensile.
- Operazioni eseguibili in una sola passata.

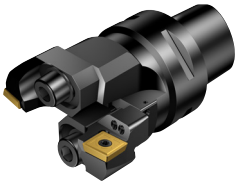
Bareni di sgrossatura

Bareno di sgrossatura con tre inserti



Per ottimizzare la produttività su macchine di potenza medio-alta, la scelta prioritaria è un bareno di sgrossatura con tre taglienti che può essere configurato anche per la barenatura ad un tagliente e a gradini.

Bareno di sgrossatura con due inserti



Per macchine di potenza medio-bassa, operazioni instabili o grandi diametri, la scelta prioritaria è un bareno di sgrossatura con due taglienti.

Utensile leggero per barenatura di sgrossatura

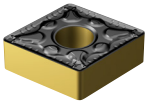
Riduce il peso dell'assieme utensile per ridurre il momento, facilitare il cambio utensile e la manipolazione degli utensili. Barenatura di grandi diametri con maggiore stabilità e senza aumentare il peso dell'utensile.

Bareno di sgrossatura antivibrante per sporgenze elevate

Per sporgenze superiori a 4 volte il diametro dell'accoppiamento, scegliere bareni di sgrossatura antivibranti.

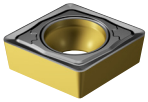
Slitte per bareni di sgrossatura

Slitte con inserti negativi



- In condizioni di stabilità, scegliere inserti con posizionamento di base negativo per ragioni di economia.
- Nelle applicazioni pesanti che richiedono inserti robusti e maggiore sicurezza del processo, utilizzare inserti negativi.

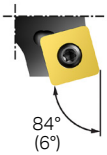
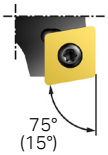
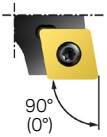
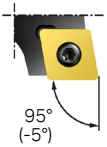
Slitte con inserti positivi



- Nella barenatura di sgrossatura, l'utilizzo di inserti con posizionamento di base positivo è un vantaggio, grazie alle minori forze di taglio che generano rispetto agli inserti negativi.
- Anche la riduzione dell'angolo di punta e del raggio di punta contribuisce a mantenere basse le forze di taglio.

Angolo di registrazione (attacco) e forma dell'inserto

L'angolo di registrazione (attacco) dei bareni incide sulla direzione e sulla grandezza delle forze assiali e radiali. Un angolo di registrazione più grande (angolo di attacco più piccolo) genera una maggiore forza assiale, mentre un angolo di registrazione più piccolo (angolo di attacco più grande) aumenta la forza di taglio radiale.

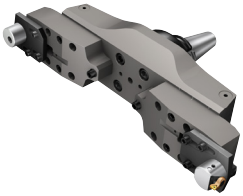
Inserti positivi			Inserti negativi
		Per tagli interrotti, inclusioni di sabbia, barenatura fori di pezzi sovrapposti, ecc. Solo fori passanti.	
		Scelta prioritaria per operazioni generali, barenatura a gradini e lavorazione di spallamenti.	
		Per avanzamenti elevati o migliore finitura superficiale con inserti raschianti in condizioni stabili.	

Bareni di precisione

Utensile per barenatura di precisione ad un tagliente

Un utensile di precisione ad un tagliente è la scelta prioritaria per la barenatura di precisione.

Utensile leggero per barenatura di precisione



Riduce il peso dell'assieme utensile per ridurre il momento, facilitare il cambio utensile e la manipolazione degli utensili. Barenatura di grandi diametri con maggiore stabilità e senza aumentare il peso dell'utensile.

Testina microregistrabile con barre di alesatura di precisione

Per i piccoli diametri, è necessaria una testina microregistrabile con barre di alesatura di precisione.

Silent Tools per lunghe sporgenze

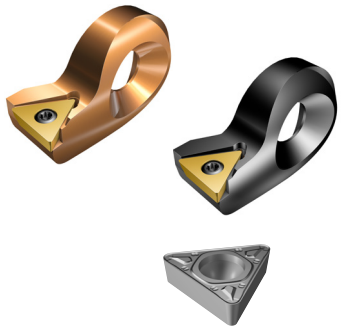
I bareni antivibranti Silent Tools sono la scelta prioritaria per sporgenze superiori a 4 volte il diametro dell'accoppiamento.

Alesatore multitagliente

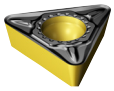
Gli alesatori multitaglienti sono adatti ad avanzamenti elevati nella produzione in serie.

Cartucce per bareni di precisione

Consigli generali



Inserti positivi con angolo di spoglia inferiore di 7°



Inserti positivi con angolo di spoglia inferiore di 11°

Angolo di registrazione (attacco)

Incide sulla direzione e sulla grandezza delle forze di taglio assiali e radiali. L'angolo di registrazione più grande (angolo di attacco più piccolo) aumenta le forze assiali che, per le applicazioni di barenatura, è un vantaggio. Al contrario, un angolo di registrazione più piccolo (angolo di attacco più grande) aumenta le forze radiali generando vibrazioni.

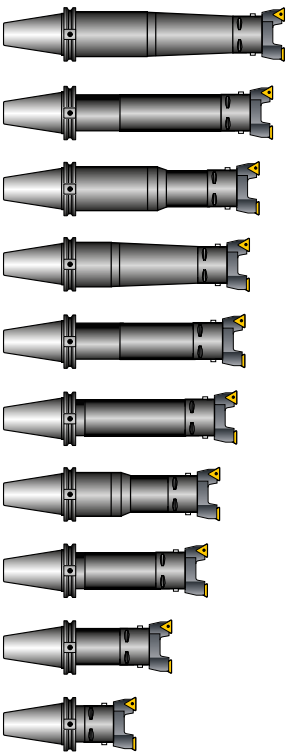
Forma di inserto

Dovrebbe essere selezionato in base all'impegno del tagliente. Un angolo di punta grande assicura la robustezza e l'affidabilità dell'inserto ma richiede più potenza alla macchina e ha una maggiore tendenza a vibrare a causa del grande impegno del tagliente. Minimizzando l'angolo di punta dell'inserto è possibile migliorare la stabilità dell'utensile e i possibili movimenti radiali, riducendo la variazione e la forza di taglio. Gli inserti con posizionamento di base positivo e angoli di spoglia inferiore di 7° sono la scelta prioritaria.

Raggio di punta dell'inserto

È un fattore chiave delle operazioni di barenatura. La selezione del raggio di punta dipende da profondità di taglio e dalla velocità di avanzamento ed incide su finitura superficiale, controllo truciolo e robustezza dell'inserto. Un raggio di punta grande favorisce la flessione dell'utensile più di un raggio di punta piccolo e aumenta le vibrazioni. L'utilizzo di una geometria di taglio leggero, un rivestimento sottile e un piccolo raggio di punta con minori profondità di taglio contribuisce a mantenere basse le forze di taglio.

Sporgenza dell'utensile



- Scegliere l'adattatore più corto possibile.
- Scegliere un adattatore con il più grande diametro (misura) possibile.
- Per sporgenze elevate (superiori a 4 volte il diametro dell'accoppiamento), utilizzare adattatori antivibranti.
- Se possibile, utilizzare un adattatore conico per aumentare la rigidità statica e ridurre la flessione.
- Per sporgenze elevate, assicurare un bloccaggio rigido, se possibile con la flangia a contatto con il mandrino.

Consigli applicativi

Tolleranza di foro

Le tolleranze sono influenzate da:

- il bloccaggio del portautensili
- il fissaggio del componente
- l'usura degli inserti, ecc.

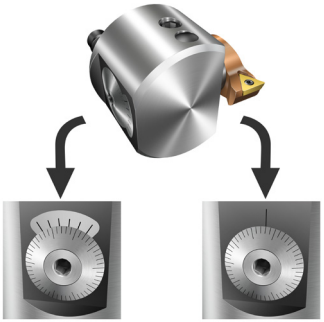
Dopo la misurazione del diametro del foro, eseguire sempre una regolazione finale mentre l'utensile è ancora nel mandrino della macchina. Ciò serve a compensare eventuali disallineamenti tra il mandrino della macchina utensile e la regolazione dell'utensile, le flessioni radiali e l'usura dell'inserto.

Utensili per barenatura e alesatura

	Utensile per barenatura di sgrossatura multitagliente	Utensile per barenatura di precisione ad un tagliente	Alesatore multitagliente per finitura ad avanzamenti elevati
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			

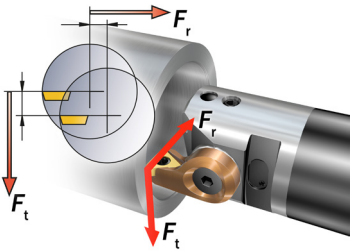
Bareni di precisione

Meccanismo di registrazione ad alta precisione



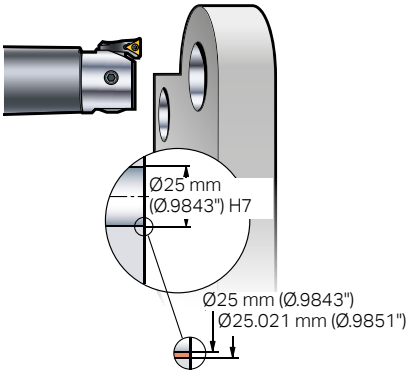
Gli utensili per barenatura di precisione ad un tagliente possono essere regolati in modo da presettare il tagliente con una precisione nell'ordine di micron.

Flessione dell'utensile



- Durante la lavorazione, gli utensili per barenatura di precisione ad un tagliente sono soggetti a una certa flessione radiale dovuta alle forze di taglio.
- Sulla flessione radiale dell'utensile di barenatura influiscono profondità di taglio e lunghezza della sporgenza.
- La flessione potrebbe comportare il sottodimensionamento del foro o generare vibrazioni.
- Generalmente, è necessaria una passata di misurazione, seguita dalla registrazione finale dell'utensile.

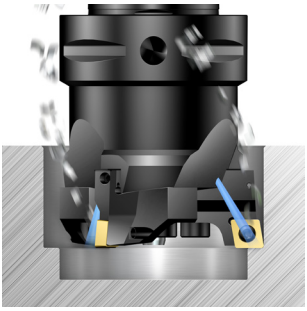
Tolleranza di foro



Utensili per barenatura – Informazioni generali

Adduzione di fluido da taglio

Il fluido da taglio serve principalmente per l'evacuazione truciolo, il raffreddamento e la lubrificazione tra utensile e pezzo da lavorare.

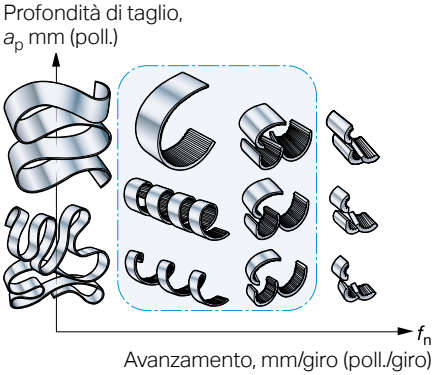


- Applicare fluido da taglio per ottimizzare l'evacuazione truciolo, il raffreddamento e la lubrificazione.
- Influisce su qualità del foro e durata utensile.
- Per dirigere il fluido verso la zona di taglio è consigliabile l'adduzione interna.

Controllo ed evacuazione truciolo

La formazione e l'evacuazione truciolo sono elementi critici nelle operazioni di barenatura, soprattutto nei fori ciechi.

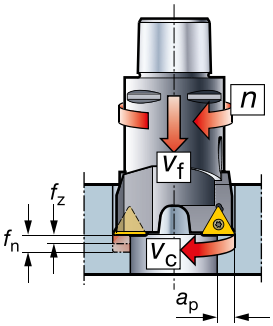
Il truciolo ideale dovrebbe essere a forma di virgola o spirale.



I fattori che influiscono sul controllo truciolo sono i seguenti:

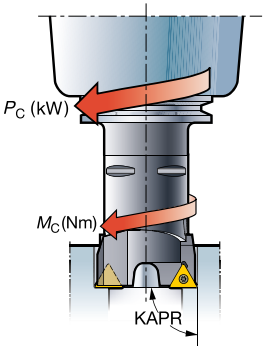
- macrogeometria e microgeometria dell'inserto
- raggio di punta
- angolo di registrazione (attacco)
- profondità di taglio
- avanzamento
- velocità di taglio
- materiale.

Dati di taglio consigliati



La regolazione della velocità di taglio (v_c) e dell'avanzamento (f_n) dipende dall'applicazione. Valori superiori di velocità di taglio e/o avanzamento aumentano il rischio di prestazioni inadeguate in termini di sicurezza del processo e affidabilità, comportando un'insufficiente evacuazione truciolo, intasamento da truciolo e rottura dell'inserto. Soprattutto nella lavorazione di fori profondi. Una bassa velocità di taglio può favorire la formazione di tagliente di riporto (T.d.R) e tradursi in finitura superficiale insoddisfacente, maggiori forze di taglio e riduzione della durata utensile. Per i dati di taglio, in genere, è possibile far riferimento alla geometria e alla qualità degli inserti scelti, con le seguenti eccezioni:

- Barenatura di sgrossatura:
  Valore iniziale max v_c = 200 m/min (656 piedi/min).
- Barenatura di precisione con relativi adattatori:
  Valore iniziale max v_c = 240 m/min (787 piedi/min).
- Barenatura di precisione con relative barre di alesatura:
  Valore iniziale max v_c = 90 – 120 m/min (295 – 394 piedi/min).
- Barenatura di precisione:
  APMX max = 0.5 mm (.020 poll.).



La velocità di taglio è limitata soprattutto da quanto segue:
- tendenza alle vibrazioni
- evacuazione truciolo
- sporgenze elevate.

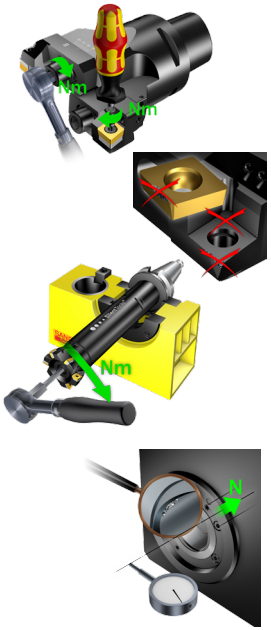
Avanzamento e profondità di taglio

Un eccessivo impegno del tagliente e valori elevati di profondità di taglio (a_p) e/o avanzamento (f_n) possono generare vibrazioni e determinare un maggiore assorbimento di potenza. Se la profondità di taglio è troppo piccola, l'inserto tende a scivolare sulla superficie prelavorata, limitandosi soltanto a strofinarla e graffiarla, con risultati negativi in termini di usura dell'utensile e finitura superficiale.

Assorbimento di potenza e momento torcente

Per la barenatura, verificare che la macchina sia in grado di fornire valori sufficienti di potenza e momento torcente.

Manutenzione degli utensili e utilizzo della chiave torsiometrica



- Per le viti di assemblaggio utensile/inserto, utilizzare sempre una chiave torsiometrica e serrare al momento torcente consigliato.
- Controllare regolarmente che inserti e sedi inserto non siano sporchi o danneggiati Pulire tutti gli elementi dell'assieme prima dell'assemblaggio
- Sostituire le parti usurate o vecchie.
- Lubrificare con olio tutti gli elementi dell'assieme e il meccanismo di registrazione ad alta precisione almeno una volta all'anno.
- Usare un'attrezzatura di montaggio per l'assieme e un dispositivo di presettaggio e misurazione (tool presetter).
- Durante l'assemblaggio di utensili antivibranti, non bloccare mai il corpo dell'adattatore. Gli adattatori si deformano facilmente a causa della parete sottile.
- Verificare il runout, l'usura e la forza di bloccaggio del mandrino della macchina.

Consigli applicativi per gli utensili di alesatura

- L'alesatore non dovrebbe essere utilizzato per correggere eventuali errori di posizione o rettilineità nel foro pre-eseguito.
- La rettilineità del foro pre-eseguito dovrebbe essere inferiore a 0.05 mm (.0020 poll.).
- Un runout ridotto è molto importante per le operazioni di alesatura.
- Il massimo runout consigliato è di 5 micron.
- Verificare che l'alesatore sia concentrico al foro pre-eseguito.
- Scegliere il portautensili e lo stelo più corti possibile.
- Per aumentare la durata utensile, è consigliabile utilizzare come fluido da taglio un'emulsione anziché olio.
- Utilizzare i dati di taglio raccomandati.

Risoluzione dei problemi

Fattori che influiscono sulla tendenza alle vibrazioni

Lo schema illustra, da sinistra a destra, gli elementi che provocano l'aumento delle vibrazioni.

Angolo di registrazione

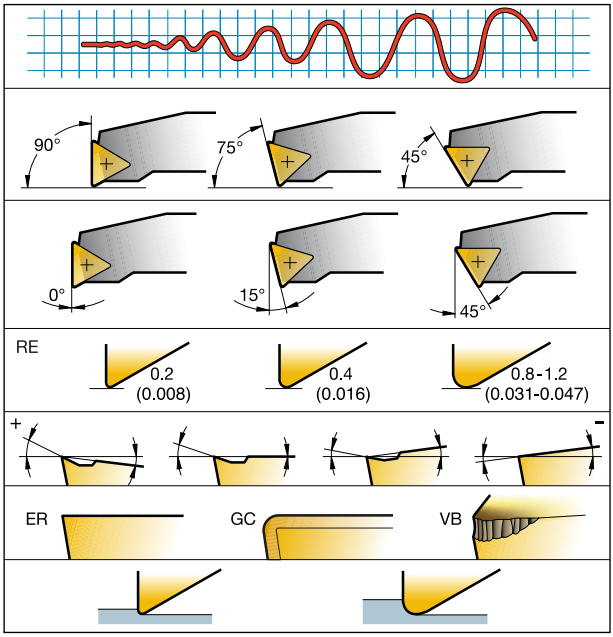
Angolo di attacco

Raggio di punta

Micro e macrogeometria

Design del tagliente

Profondità di taglio (DOC)



- Ridurre la velocità di taglio.
- Procedere alla barenatura a gradini.
- Scegliere un utensile per la barenatura di sgrossatura con 2 taglienti.
- Scegliere qualità e geometria con azione di taglio leggera.
- Utilizzare un raggio di punta più piccolo.
- Controllare il bloccaggio del pezzo.
- Controllare il mandrino della macchina, l'usura, il bloccaggio, ecc.
- Aumentare la profondità di taglio (finitura).
- Ridurre la profondità di taglio (sgrossatura).
- Utilizzare utensili antivibranti per sporgenze elevate.
- Controllare che tutte le unità dell'assieme utensile siano correttamente assemblate, al momento torcente corretto.
- Ridurre o aumentare l'avanzamento.
- Utilizzare l'utensile con il più grande diametro possibile.
- Ridurre al massimo la sporgenza dell'utensile.

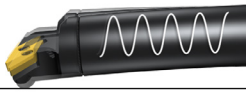
Usura dell'inserto

I modelli di usura degli inserti nelle operazioni di barenatura e i relativi rimedi sono, generalmente, molto simili a quelli delle operazioni di tornitura.

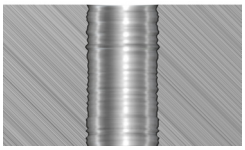
Controllo truciolo

	Causa	Rimedio
	Troppo corto, rigido.	• Aumentare la velocità di taglio. • Ridurre l'avanzamento. • Cambiare la geometria con un rompitrucioli più aperto.
	Troppo lungo.	• Aumentare l'avanzamento. • Ridurre la velocità di taglio. • Cambiare la geometria con un rompitrucioli più chiuso.

Vibrazione dell'utensile

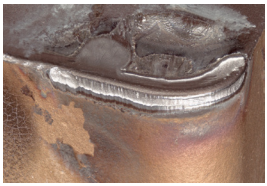
	Avanzamento troppo alto. Velocità troppo grande. Profondità di taglio eccessiva.	• Ridurre l'avanzamento. • Ridurre la velocità. • Procedere alla barenatura a gradini.
	Forze di taglio eccessive.	• Ridurre la profondità di taglio. • Utilizzare inserti positivi. • Ridurre il raggio di punta.

Segni prodotti dall'avanzamento

	Avanzamento troppo alto.	• Scegliere un inserto raschiante knife-edge. • Aumentare il raggio di punta. • Ridurre l'avanzamento.

	Causa	Rimedio

Usura dell'inserto



Dati di taglio non corretti.

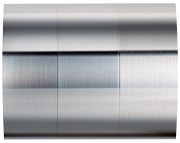
- Cambiare il tagliente e individuare la ragione del modello di usura – dati di taglio, geometria e qualità dell'inserto.

Superficie con graffiature prodotte dai trucioli

Controllo truciolo inadeguato.

- Modificare i dati di taglio.
- Cambiare la geometria dell'inserto.

Finitura superficiale



Finitura superficiale inaccettabile.

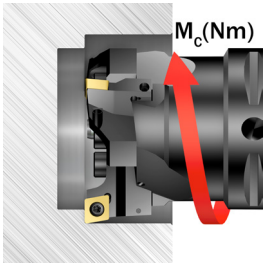
- Aumentare la velocità.
- Utilizzare refrigerante.
- Utilizzare una qualità Cermet.

Limitazioni legate alla potenza della macchina

Macchina con potenza limitata.

- Diminuire i dati di taglio.
- Procedere alla barenatura a gradini.
- Diminuire il numero degli inserti impegnati nel tagli.
- Ridurre la profondità di taglio.

Assorbimento di potenza e momento torcente



Per la barenatura di sgrossatura, verificare che la macchina sia in grado di fornire valori sufficienti di potenza e momento torcente.

I parametri più importanti sono:

- Avanzamento.
- Numero di inserti.
- Diametro.
- Profondità di taglio.

05
01
BIG-PLUS SYSTEM
930-B40-S
8 Nm

Portautensili

Il bloccaggio di un utensile da taglio può incidere notevolmente sulla produttività e le prestazioni dell'utensile da taglio. Perciò è importante scegliere i portautensili corretti. Questo capitolo facilita il processo decisionale e suggerisce come utilizzare e manutenere i portautensili.

• Storia e scenari G 4

• Perché attrezzamento modulare G 8

• Centri di tornitura G 16

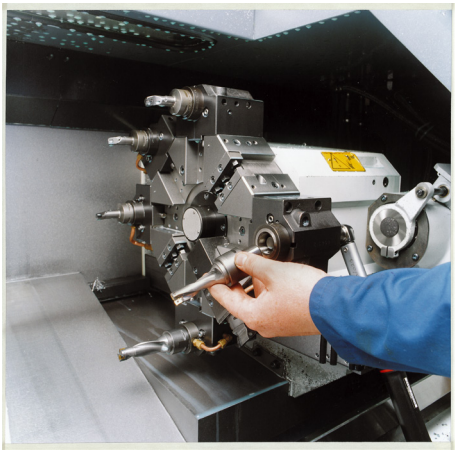
• Centri di lavoro G 25

• Macchine multi-task G 30

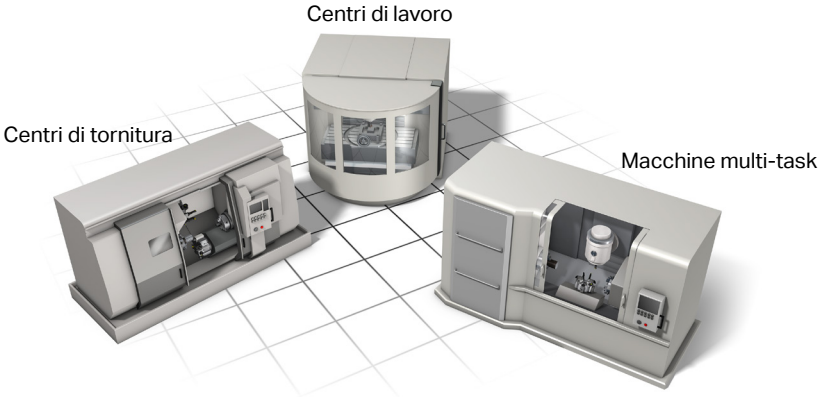
• Mandrini G 35

Sistemi di portautensili

- L'interfaccia tra portautensili e macchina ha un ruolo molto importante nel processo di taglio.
- La stabilità, il tempo di cambio utensile, la precisione, la flessibilità, la modularità, le modalità di movimentazione e stoccaggio sono fattori di vitale importanza per una lavorazione e risultati positivi.
- Rispetto agli utensili a stelo tradizionali, i sistemi di cambio rapido possono aumentare del 25% il tempo di taglio effettivo nei centri di tornitura.



I sistemi di portautensili di oggi



- Gli utensili si sono evoluti di pari passo con l'introduzione di nuovi standard di costruzione delle macchine.
- Gli utensili in generale hanno seguito l'evoluzione del design dell'interfaccia mandrino proposta dagli MTM, senza tentativi di standardizzazione.
- Pertanto, oggi esistono oltre 35 tipi di interfacce mandrino, con altrettante opzioni di attrezzamento ad esse collegate, per cui è molto difficile passare da un sistema all'altro ed anche l'assortimento è minimo.

Storia delle tipologie di coni sulle macchine

- La prima versione di questo tipo di cono ad elevata rastrematura è stata introdotta negli anni '20 del secolo scorso e standardizzata (DIN) nel 1974.
- Il cono, essendo lungo, garantiva un contatto sicuro e stabilità, pertanto era la base per la progettazione della maggior parte dei mandrini delle macchine utensili.
- È diffuso ancora oggi, in varie dimensioni e differenti standard, con conicità 7/24 ma non è adatto a tutte le applicazioni, sia rotanti che statiche.

Interfacce macchina rotanti

- Attualmente, è in commercio un numero sempre maggiore di interfacce macchina rotanti.
- Questi sistemi non sono tuttavia concepiti sia per il bloccaggio in un mandrino che per uso modulare.
- Nessuno di questi sistemi è adatto ad applicazioni sia rotanti che statiche.

Coromant Capto®

Tre sistemi in uno

- Coromant Capto® è stato introdotto nel 1990.
- Coromant Capto® è stato adottato come standard ISO durante il 2008.
- Coromant Capto® è un vero sistema di attrezzamento universale per:
  - Centri di tornitura
  - Centri di lavoro
  - Macchine multi-task

Storia del sistema Coromant Capto®

• Centro di lavoro / utensili rotanti

Attacchi integrali

Varilock

Coromant Capto®/ Attacchi base

1980 1990

Oggi

Modularità

• Centro di tornitura / utensili di tornitura

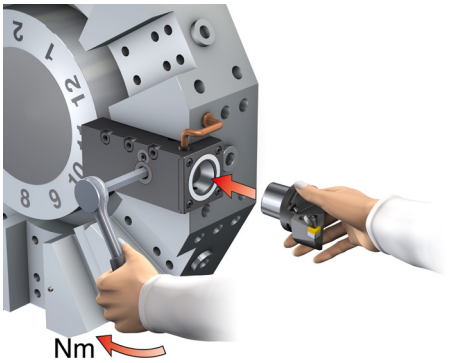
Attacchi a stelo

Block Tool System

Coromant Capto®/ Dispositivi di bloccaggio

Storia del sistema Coromant Capto®

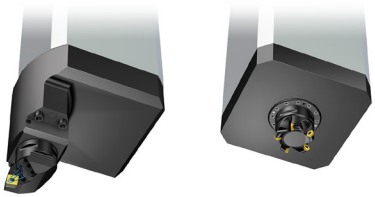
Cambio rapido



- Centri di tornitura
- Torni verticali

Maggiore utilizzo delle macchine

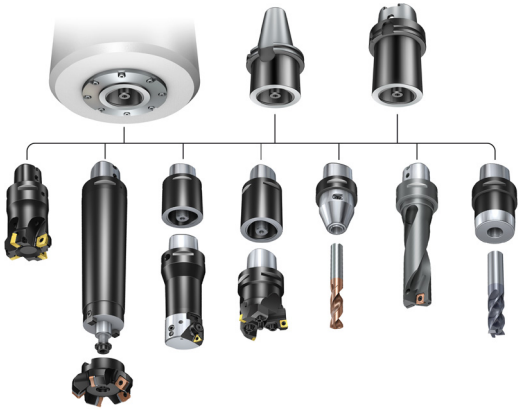
Mandrino integrato



- Macchine multi-task
- Torni verticali
- Centri di lavoro con tornitura

Maggiore stabilità e versatilità

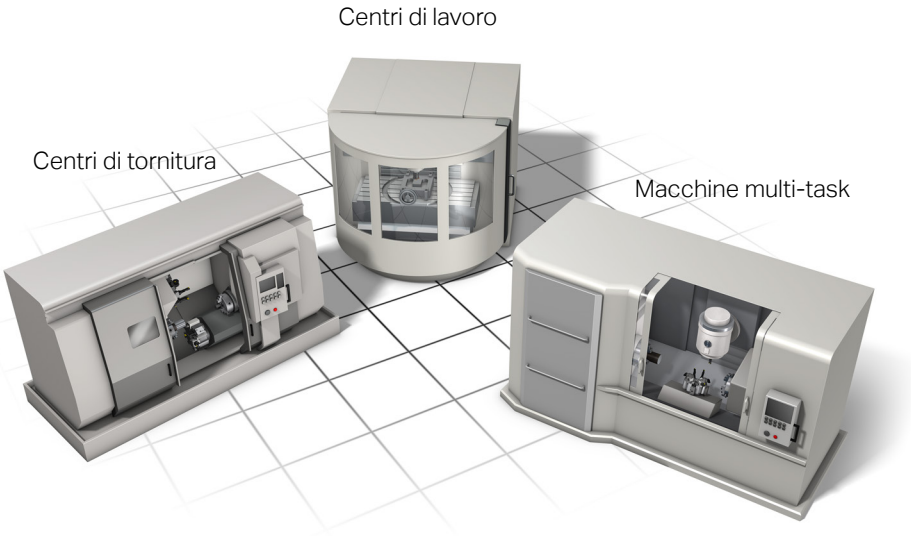
Sistemi modulari



- Centri di lavoro
- Macchine multi-task
- Torni verticali

Maggiore flessibilità

Uno sviluppo strabiliante delle macchine

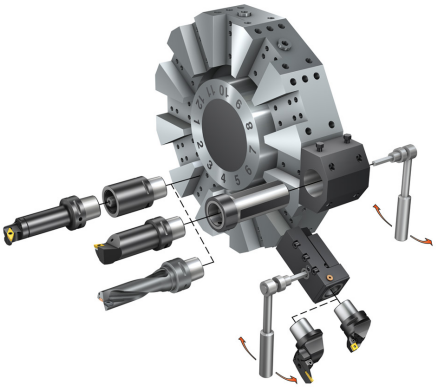


Tendenze

Macchine e metodi di lavorazione

- Macchine multi-task che richiedono un sistema di bloccaggio sia per il mandrino sia per le torrette.
- Diverse torrette su macchine multi-task e centri di tornitura.
- Altri utensili multifunzione per macchine multi-task.
- Portautensili rotanti nei centri di tornitura.
- Interfacce potenti nel sistema di controllo della macchina per un livello di automazione più elevato.
- Modelli 3-D di utensili e portautensili per controllare il processo sulla macchina in modo virtuale.
- Integrazione di varie tecnologie di lavorazione in un minor numero di tipologie di macchine.
- Refrigerante ad alta pressione.

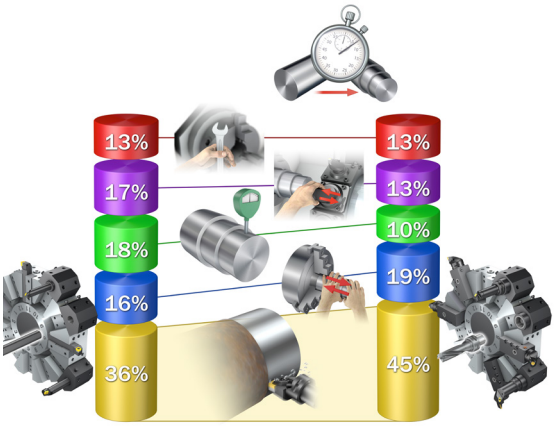
Quando utilizzare gli utensili a cambio rapido



- La macchina richiede frequenti modifiche di setup.
- Sono necessarie passate di misurazione per ottenere dimensioni corrette.
- La lavorazione è eseguita con dati di taglio elevati e determina una durata utensile relativamente breve.
- Lo stesso operatore deve seguire più di una macchina.

Ridurre i tempi passivi delle macchine

Solo il 36% del tempo della macchina è sfruttato per la lavorazione dei metalli



Utensili a stelo tradizionali

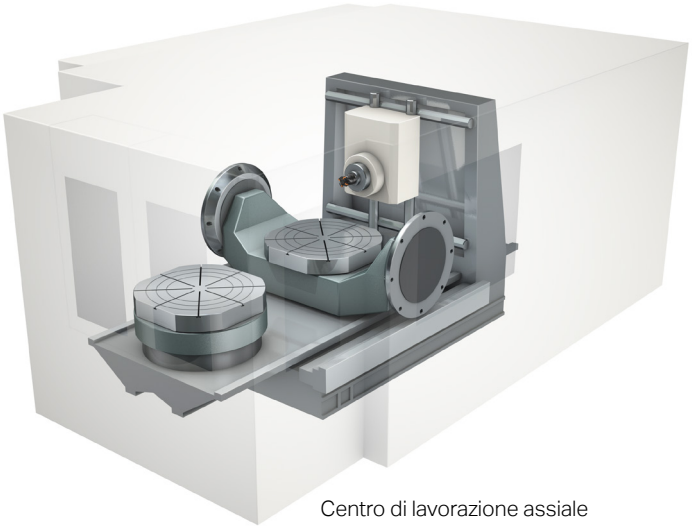
Sistema a cambio rapido Coromant Capto®

- Assistenza e manutenzione
- Cambio inserto e cambio utensile
- Misurazione dell'utensile e del pezzo
- Cambio pezzo
- Tempo di taglio effettivo

I sistemi di utensili a cambio rapido consentono di ottenere un incremento della produttività del 25%

Sistema Coromant Capto®

Quali sono i tipi e le dimensioni di macchina per cui occorre un sistema modulare?



Centro di lavorazione assiale

Centro di lavoro con:

- Coromant Capto® dimensione C6 e superiore
- Coni 7/24 dimensione 40 e superiore
- HSK63 e superiore.
- Macchina multi-task con requisito di lunghe sporgenze
- Centro di tornitura verticale
- Centro di tornitura con SL*.

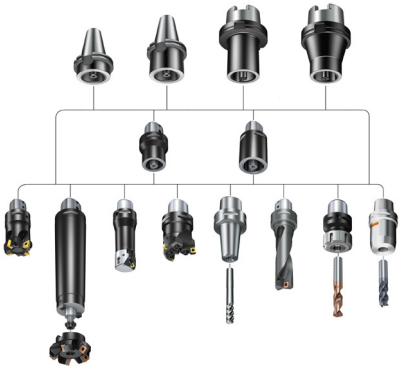
*SL è un sistema modulare universale di adattatori con testine di taglio intercambiabili.

Ridurre le scorte di portautensili

Abbinando attacchi base, adattatori e (se necessario) estensioni o riduzioni, è possibile ottenere svariate combinazioni per macchine differenti.

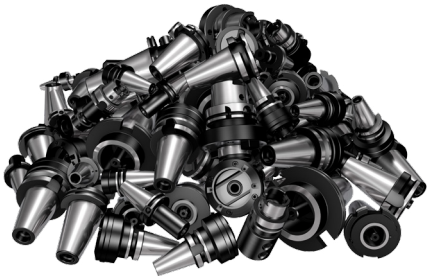
Modulari

ISO 40 ISO 50 HSK 100 HSK 63



Numero di elementi con gli utensili modulari:
4 + 2 + 8 = 14 elementi

Integrali



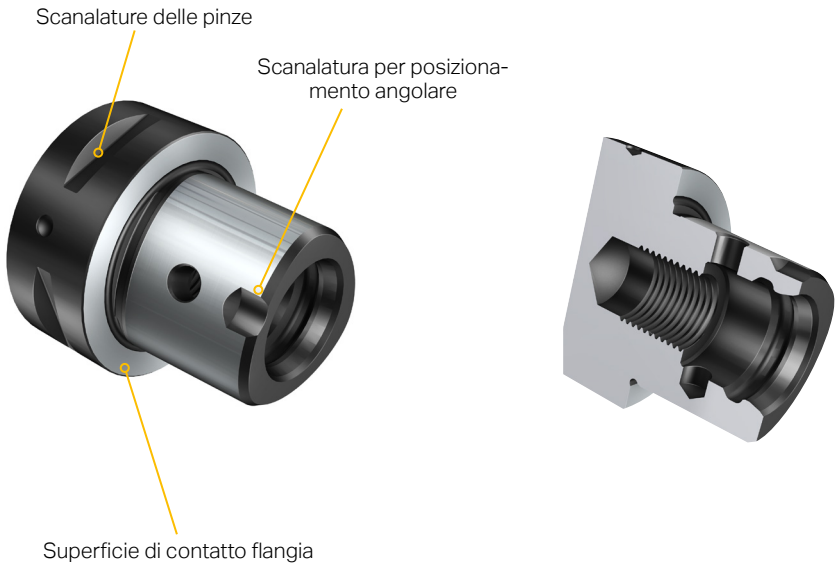
64 articoli in totale

Con gli utensili modulari, è possibile ottenere svariate soluzioni di attrezzamento, con pochissimi elementi base.

L'accoppiamento Coromant Capto®

L'esclusivo accoppiamento Coromant Capto® presenta alcune caratteristiche speciali:

- La buona superficie di contatto flangia rispetto al poligono conico rettificato garantisce la massima stabilità grazie al contatto su due superfici e alla regolazione con serraggio.
- Sono previste quattro scanalature delle pinze per il cambio utensile automatico.
- È presente una sola scanalatura per il posizionamento angolare dell'utensile da taglio.



L'unico accoppiamento universale che può essere utilizzato in tutte le applicazioni senza compromessi.

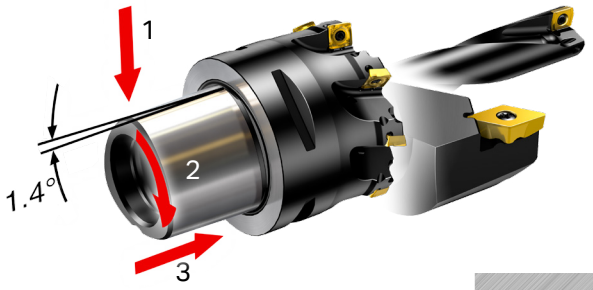
Caratteristiche e vantaggi dell'accoppiamento

La caratteristica principale dell'accoppiamento è il bloccaggio positivo in tre direzioni

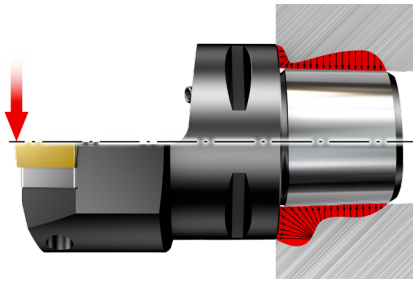
1. Il centraggio radiale avviene grazie alla parte conica del poligono.
2. L'angolo di conicità ridotto consente di trasmettere tutta la forza nel contatto flangia. La robustezza dell'accoppiamento poligonale consente di bloccare con una forza superiore rispetto ad altri sistemi. Ciò è molto importante in termini di rigidità alla flessione.
3. La forma poligonale è autocentrante e provvede all'orientamento senza bisogno di una scanalatura di guida; di conseguenza, senza gioco nell'accoppiamento. La forma poligonale è unica anche in termini di capacità di trasmissione di valori elevati di momento torcente, grazie a tre aree di contatto.

Le tre caratteristiche sopra citate (contatto radiale ed assiale e capacità di autocentraggio) garantiscono una ripetibilità eccezionale, entro 2 micron (.00008 poll.).

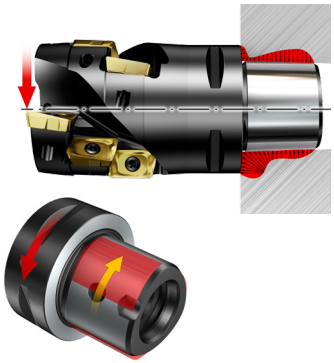
Le scanalature delle pinze sono concepite per dare massima rigidità alla flessione e una maggiore forza di bloccaggio, grazie al fatto che il poligono Capto ha una maggiore area superficiale.



Bloccaggio in tre direzioni



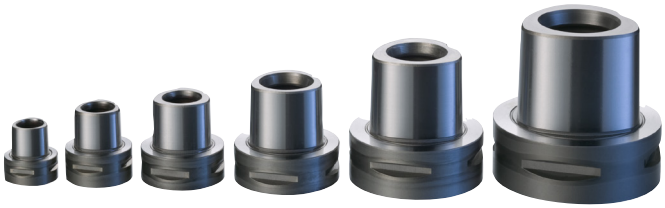
Trasmissione del momento torcente



La forma poligonale trasmette il momento torcente senza utilizzare elementi separati come spine o chiavette.

- Assenza di spine, chiavette, ecc.
- Assenza di giochi nell'accoppiamento
- Carichi simmetrici
- Contatto su due superfici/elevata forza di bloccaggio.

Sei misure dell'accoppiamento diverse



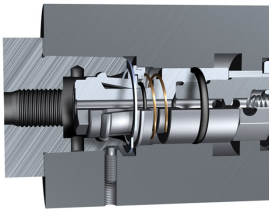
C3 = D 32 mm (1.260 poll.)
C4 = D 40 mm (1.575 poll.)
C5 = D 50 mm (1.969 poll.)

C6 = D 63 mm (2.480 poll.)
C8 = D 80 mm (3.150 poll.)
C10 = D 100 mm (3.937 poll.)

Diversi metodi di bloccaggio

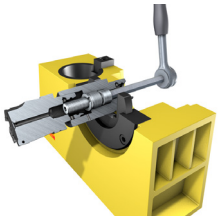
Un solo accoppiamento con due metodi di bloccaggio.

Bloccaggio a segmenti



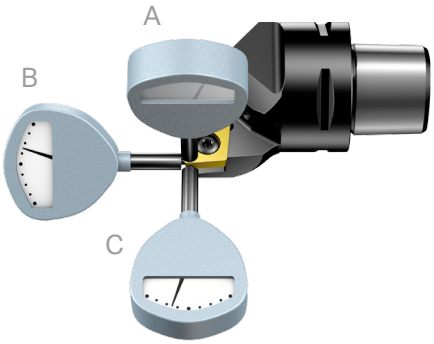
Metodo di bloccaggio per cambio rapido e cambio utensile automatico.

Bloccaggio con vite centrale



Per soluzioni di bloccaggio modulari, ad esempio se si utilizzano estensioni e attacchi base.

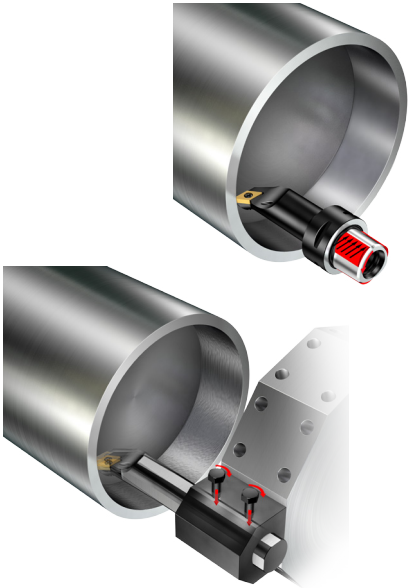
Ripetibilità eccellente e posizionamento in altezza garantito



- La ripetibilità è di ±2 micron [µm] (±.00008 poll.) su posizionamento in altezza, lunghezza e misura radiale (A),(B),(C).
- Con la premisurazione (primo componente a posto) sono necessarie poche o nessuna passata di misurazione.

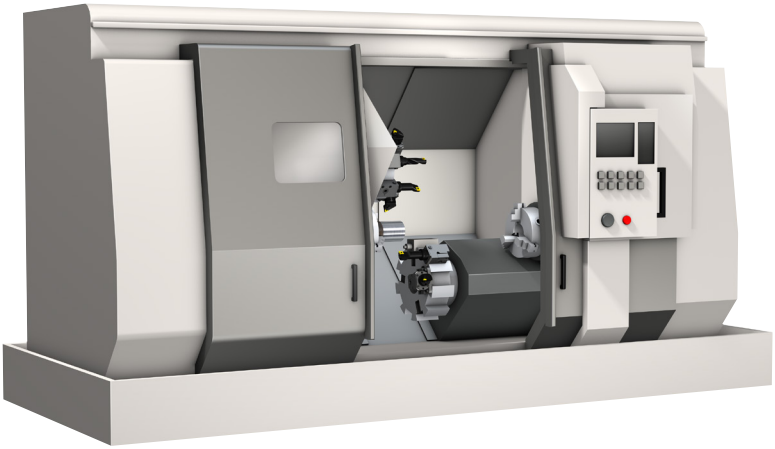
Minori vibrazioni grazie all'accoppiamento stabile

Nelle lavorazioni interne, l'accoppiamento Coromant Capto® rappresenta una soluzione eccellente per il bloccaggio della barra di alesatura, in quanto permette una presa salda e sicura attorno al poligono completo.



La barra di alesatura è molto spesso bloccata con 2-3 viti. Questo causa problemi di vibrazioni, finitura superficiale insoddisfacente, rapida usura degli inserti e interruzione della produzione, con tempi di fermo per la regolazione dei dati di taglio e la misurazione del componente.

Utensili a cambio rapido per centri di tornitura



Che cosa si intende per centro di tornitura?

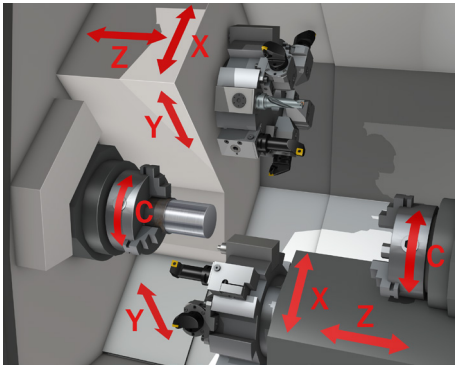
- Il funzionamento dei torni e dei centri di tornitura è basato sulla lavorazione di un componente in rotazione con un utensile fisso.
- L'utensile si muove parallelamente e perpendicolarmente all'asse del pezzo per realizzare la forma finita desiderata.
- Lavorando sul pezzo, l'utensile può avere una forma tale da permettere di ottenere un componente con simmetria rotazionale.

I centri di tornitura permettono di scegliere tra varie configurazioni

- Configurazione orizzontale e verticale
- Contromandrino per lavorazioni su due lati
- Portautensili rotanti
- Asse Y per barenatura e fresatura eccentriche.

Configurazione di un centro di tornitura

Rotazione del mandrino e definizioni di asse



- Con vari programmi per macchine utensili multiasse, è possibile eseguire varie operazioni di tornitura, da sgrossatura e scanalatura a filettatura e finitura.

Utensili a cambio rapido per centri di tornitura

I sistemi a cambio rapido offrono i seguenti vantaggi:

- cambio utensile più veloce ed efficiente
- possibilità di cambiare inserti all'esterno della macchina
- possibilità di presetting.

Sono il sistema più economico per:

- produzione in piccoli lotti, tempi di setup più rapidi
- operazioni caratterizzate da frequenti cambi inserto.

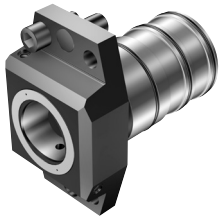
Meno di 180° per bloccaggio e sbloccaggio

Dispositivi di bloccaggio tipici per centri di tornitura

Interfaccia VDI ortogonale
Attivazione tramite camma

Stelo quadrato
Attivazione tramite camma

Unità automatica
Ad azionamento idraulico

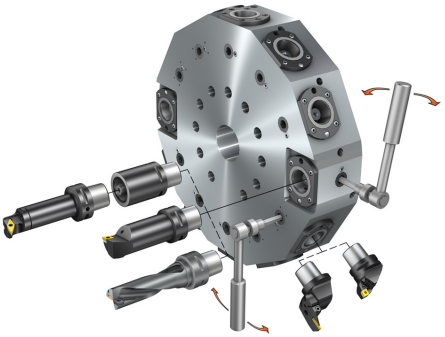


Interfaccia VDI diritta
Attivazione tramite camma

Stelo rotondo
Bloccaggio a segmenti

Applicazioni speciali
Attivazione tramite camma

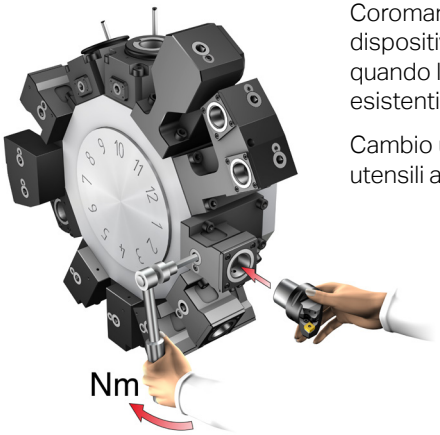
Vari metodi per installare il sistema di cambio rapido
Integrato direttamente nella torretta



L'integrazione diretta nelle torrette è la soluzione ottimale per ottenere prestazioni massime dall'accoppiamento Coromant Capto®.

Vari metodi per installare il sistema di cambio rapido

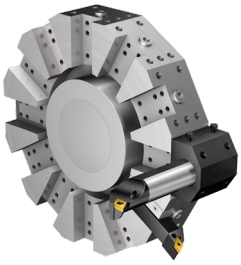
Conversione con dispositivi di bloccaggio standard



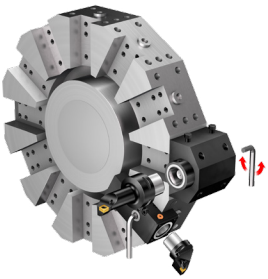
Coromant Capto® come interfaccia macchina con dispositivi di bloccaggio è una buona alternativa quando l'integrazione diretta non è possibile (macchine esistenti, ecc.).

Cambio utensili cinque volte più rapido che con gli utensili a stelo tradizionali.

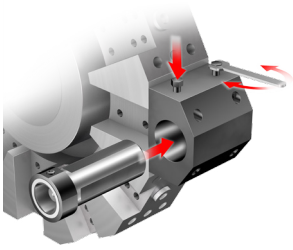
I torni verticali possono essere facilmente convertiti per gli utensili a cambio rapido Coromant Capto® usando dispositivi di bloccaggio standard. Non sono necessarie modifiche alla torretta e non servono adattatori speciali.

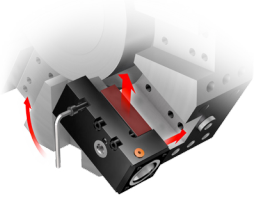


Utensili per interni



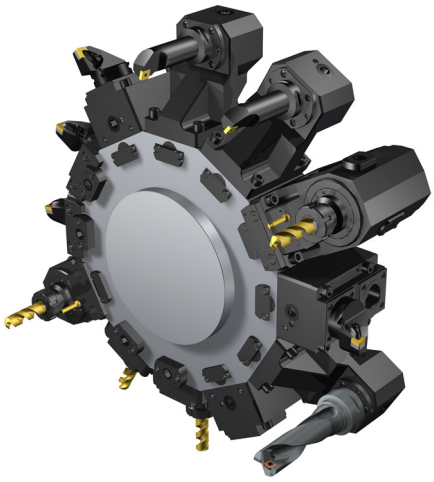
Utensili per esterni



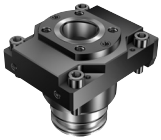


Dispositivi di bloccaggio adattati alle macchine

CDI (Coromant Disc Interface)



- Interfaccia flessibile e simmetrica, possibilità di montaggio a 180°.
- Stessa interfaccia per portautensili statici e rotanti. I portautensili statici e rotanti possono essere usati in tutte le posizioni.
- Prestazioni di taglio più elevate.
- Maggiore durata utensile.
- Qualità migliore del pezzo.
- Maggiore lunghezza utensile utile per operazioni di foratura radiali.
- Maggiore produzione.
- Razionalizzazione dell'attrezzamento.
- Riduzione dei costi per l'attrezzamento.



Dispositivo di bloccaggio statico, diritto

Unità di foratura/fresatura rotante, diritta

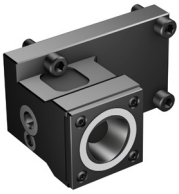
Dispositivo di bloccaggio statico, angolo retto

Unità di foratura/fresatura rotante, angolo retto

CBI (Coromant Bolt-on Interface)

- Interfaccia flessibile e simmetrica, possibilità di montaggio a 180°.
- Stessa interfaccia per portautensili statici e rotanti.
- I portautensili statici e rotanti possono essere usati in tutte le posizioni.
- Prestazioni di taglio più elevate.
- Maggiore durata utensile.
- Qualità migliore del pezzo.
- Maggiore lunghezza utensile utile per operazioni di foratura radiali.
- Maggiore produzione.
- Razionalizzazione dell'attrezzamento.
- Riduzione dei costi per l'attrezzamento.

Portautensili rotante



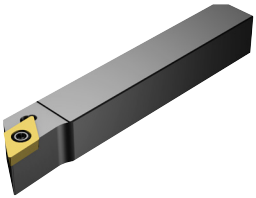
Dispositivo di bloccaggio per tornitura esterna

Dispositivo di bloccaggio per tornitura interna

Dispositivo di bloccaggio doppio per tornitura esterna per cambio utensili con asse Y

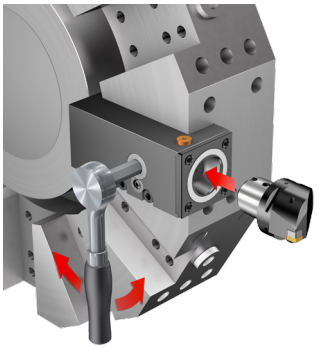
Sistema di cambio rapido

Possibilità di eseguire il cambio inserto con utensili gemelli

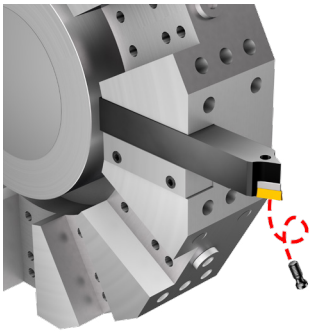


- Minori tempi di fermo
- Nessuna o poche passate di misurazione. Maggiore redditività
- Nessun rischio di perdere le viti degli inserti nel trasportatore dei trucioli
- Soluzione ergonomica
- Facilità di pulizia della sede dell'inserto fuori macchina.

0.5 min



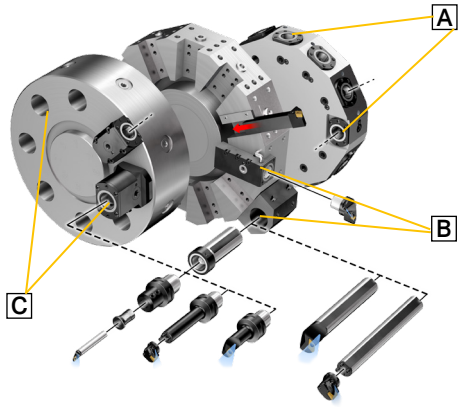
1.5 min



Eseguire il cambio inserto con un utensile gemello in un sistema di cambio rapido richiede meno tempo che sostituire l'inserto sulla macchina.

Vari modi per installare il sistema di cambio rapido

Alternative di attrezzamento per torrette tradizionali



A Dispositivi di bloccaggio ad azionamento idraulico

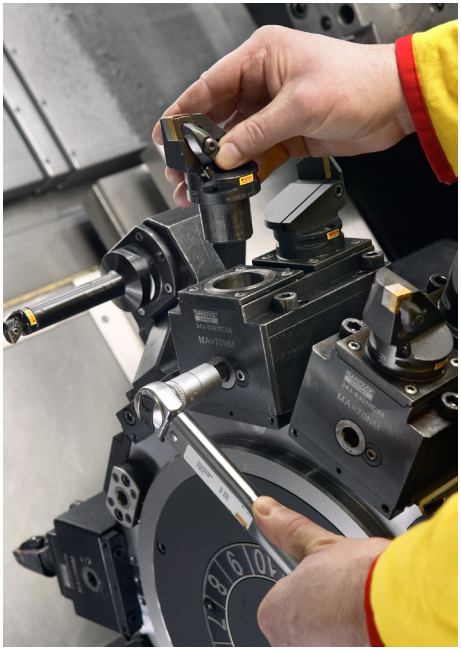
- Cambio utensile con pulsante manuale
- Possibilità di cambio utensile completamente automatico.

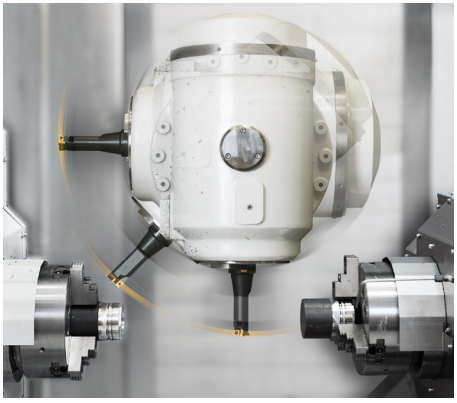
B Dispositivi di bloccaggio a stelo

- Utensili a stelo quadrato e cilindrico e unità di taglio per operazioni interne ed esterne.

C Dispositivi di bloccaggio per torrette VDI

- Dispositivi di bloccaggio ortogonali e diritti per operazioni interne ed esterne.



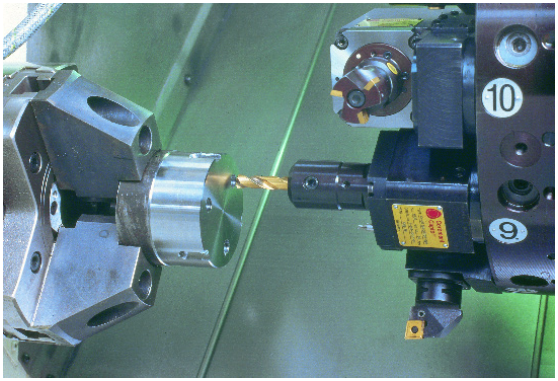


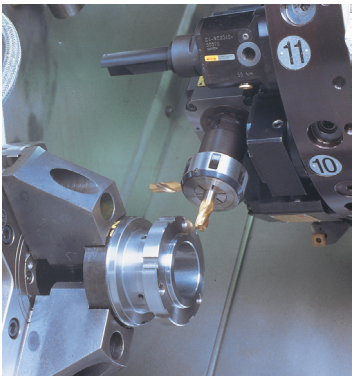
Esempi di installazione.

Portautensili rotanti Coromant Capto®

I portautensili rotanti Coromant Capto garantiscono un miglioramento sensibile dell'economia di lavorazione permettendo di eseguire le operazioni di fresatura, tornitura e foratura con un solo setup.

- I portautensili rotanti possono essere forniti per specifici requisiti macchina.
- Dimensioni mandrino
  - Tipo e modello della macchina
  - Diametro massimo di oscillazione della torretta
  - Lunghezza massima dell'utensile.





Esempi di installazione.

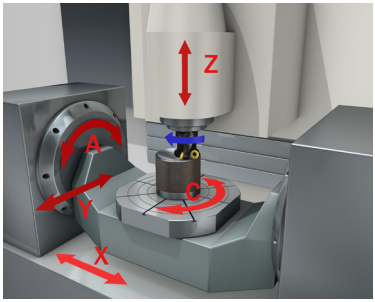
Attrezzamento modulare per centri di lavoro

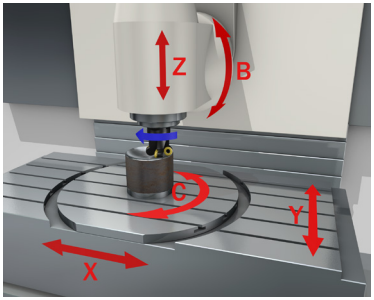
Che cosa si intende per centro di lavoro?

- I centri di lavoro sono macchine multifunzione che generalmente permettono di svolgere le operazioni di foratura, barenatura e fresatura con una sola macchina.
- I centri di lavoro possono avere una configurazione orizzontale o verticale.
- I centri di lavoro a cinque assi hanno due assi in più oltre ai tre normali (X/Y/Z).

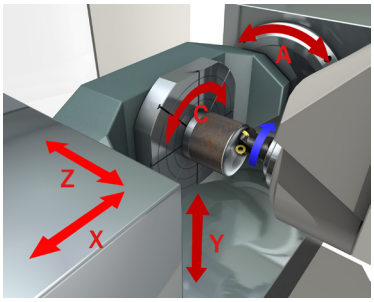
Rotazione del mandrino e definizioni di asse

Configurazione di un centro di lavoro verticale





Configurazione di un centro di lavoro orizzontale



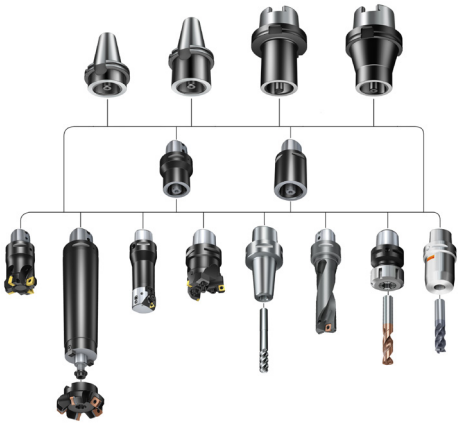
I centri di lavoro possono essere orizzontali e verticali

- Il tipo di base ha 3 assi. Il mandrino è montato lungo l'asse Z.
- I centri di lavoro a 4 e 5 assi hanno più assi (A/B/C) oltre ai tre normali (X/Y/Z).
- In diversi centri di lavoro a 5 assi dotati di carrello, il quinto asse si muove attorno all'asse X (asse A) mentre in quelli con testina sull'asse B, il quinto asse si muove attorno all'asse Y (asse B).
- Spesso, l'asse B controlla l'inclinazione dell'utensile da taglio mentre gli assi A e C consentono la rotazione del pezzo.

Attrezzamento modulare per centri di lavoro

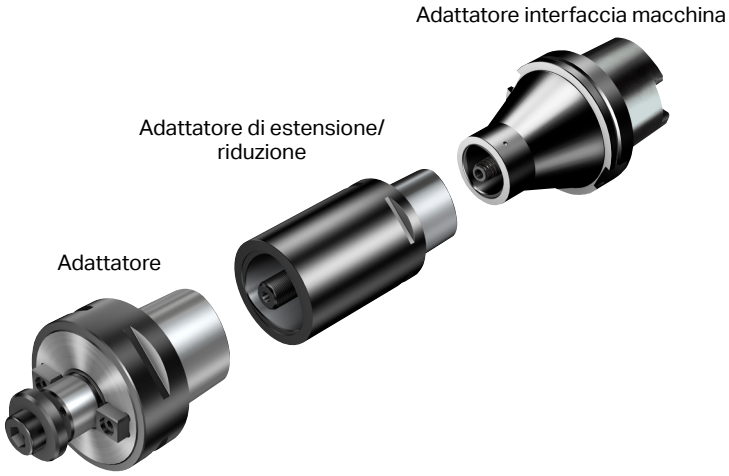
In un centro di lavoro, un sistema modulare può offrire diversi vantaggi:

- Attrezzamento flessibile – gli stessi utensili possono essere usati in diverse macchine e interfacce macchina.
- Attrezzamento flessibile – è possibile costruire i propri assiemi e ridurre significativamente il bisogno di utensili speciali.
- Meno scorte in magazzino.



Costruire i propri assiemi

Utilizzare gli adattatori Coromant Capto® per tutte le interfacce mandrino



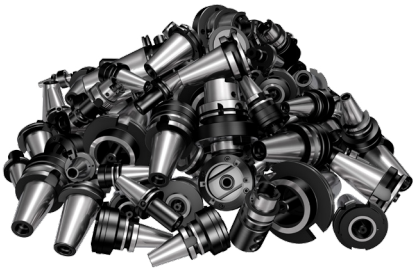
Ridurre le scorte di portautensili nei centri di lavoro

Con gli utensili modulari è possibile ottenere svariate soluzioni di attrezzamento, con pochissimi elementi base!

Modulari

Numero di elementi con gli utensili modulari:
4 + 2 + 30 + 10 = 46 elementi.

Integrali

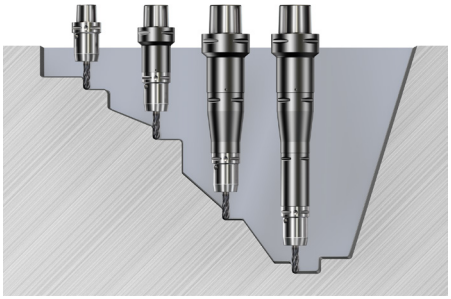


Numero di elementi con gli utensili integrali:
4 x 3 x (30 + 10) = 480 elementi.

Combinazione giusta per la massima rigidità

Adattatori di estensione e adattatori di riduzione

Nei centri di lavoro, sono spesso necessari utensili prolungati per raggiungere la superficie da lavorare. Con il sistema modulare Coromant Capto®, è possibile costruire un assieme in modo da raggiungere la giusta lunghezza.



- È importante utilizzare la lunghezza minima, soprattutto quando si lavora con sporgenze elevate.
- Con gli utensili modulari è sempre possibile utilizzare i dati di taglio ottimali per ottenere la massima produttività.
- Gli utensili modulari si assemblano in pochissimo tempo.
- Possibilità di ottenere tolleranze strette.

Per tutte le principali interfacce macchina

CAT-V 40
CAT-V 50
CAT-V 60
ISO 40
ISO 50
ISO 60
MAS-BT 30
MAS-BT 40
MAS-BT 50
MAS-BT 60

CAT-V BIG PLUS® 40
CAT-V BIG PLUS® 50

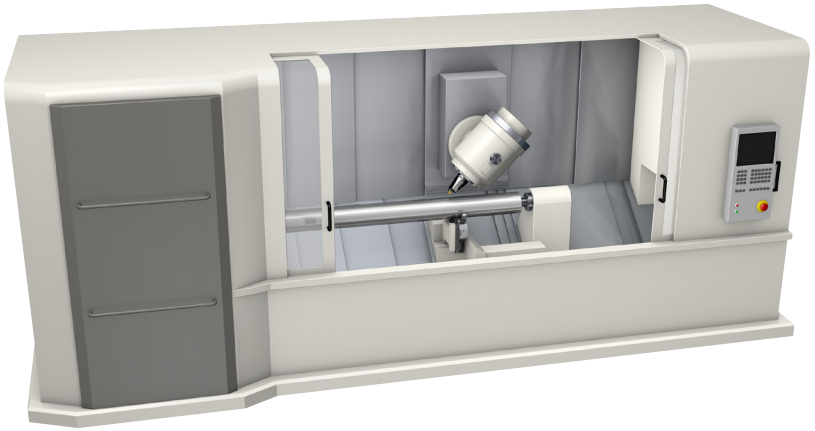
ISO BIG PLUS® 40
ISO BIG PLUS® 50

MAS-BT BIG PLUS® 30
MAS-BT BIG PLUS® 40
MAS-BT BIG PLUS® 50

HSK A/C 40
HSK A/C 50
HSK A/C 63
HSK A/C 80
HSK A/C 100
HSK A/C 125
HSK A/C 160
HSK A/C/T 40
HSK A/C/T 63
HSK A/C/T 100
HSK F 80 (con perni)

Coromant Capto® C3
Coromant Capto® C4
Coromant Capto® C5
Coromant Capto® C6
Coromant Capto® C8
Coromant Capto® C10

Attrezzamento modulare per macchine multi-task

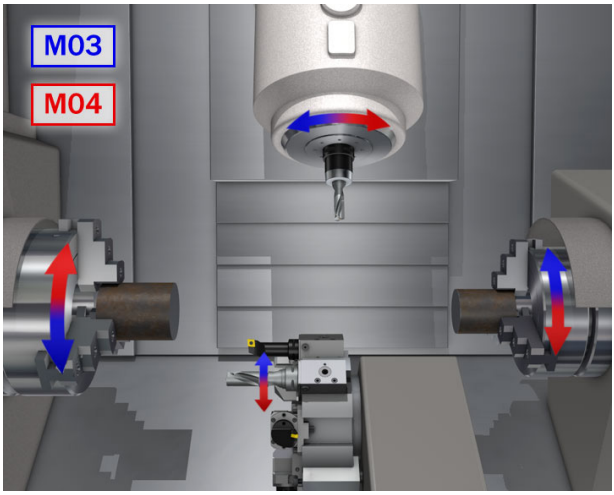


Che cosa si intende per macchina multi-task?

- Le macchine multi-task sono disponibili in diverse configurazioni:
  - design orizzontale o verticale.
  - con due mandrini (principale e contromandrino) ed un mandrino lungo l'asse B, è possibile eseguire operazioni di fresatura e tornitura sia sulla faccia anteriore che su quella posteriore del pezzo.
  - ciascun mandrino svolge anche la funzione di bloccaggio del pezzo, consentendo di eseguire la lavorazione multiasse sia sulla faccia anteriore sia posteriore del pezzo.
- Su una macchina multi-task, è possibile lavorare il pezzo completo con un unico setup (ad es. tornitura, fresatura, contornatura e fresatura di superfici angolate e rettifica).
- Le macchine multi-task sono una combinazione tra un centro di tornitura e un centro di lavoro.

Definizione della direzione del mandrino

Linguaggio di programmazione per definire la direzione del mandrino

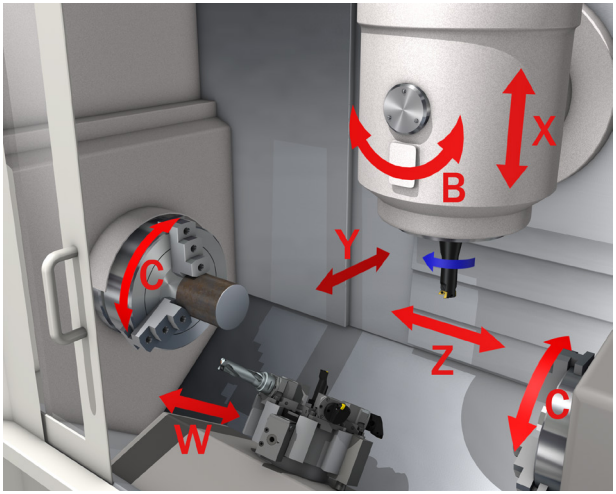


M03 = rotazione del mandrino in senso orario

M04 = rotazione del mandrino in senso antiorario

Configurazione di una macchina multi-task

Rotazione del mandrino e definizioni di asse

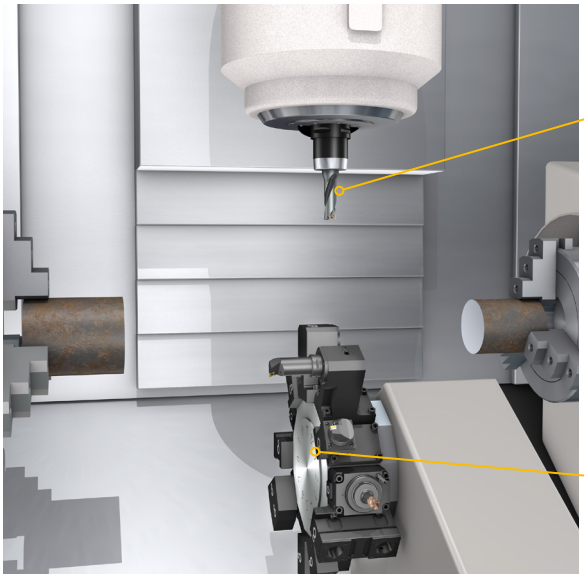


Come utilizzare gli utensili modulari in una macchina multi-task

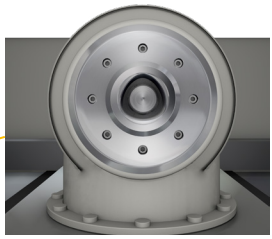
Il mandrino per fresatura in una macchina utensile multi-task dovrebbe essere in grado di montare utensili sia rotanti che non rotanti. Coromant Capto® è l'unico sistema di attrezzamento in grado di rispondere a questa domanda senza compromessi.

Le macchine utensili multi-task sono spesso impiegate nelle applicazioni cosiddette Done-In-One, ossia applicazioni che richiedono l'esecuzione di operazioni che vanno dalla sgrossatura alla finitura con un unico setup della macchina.

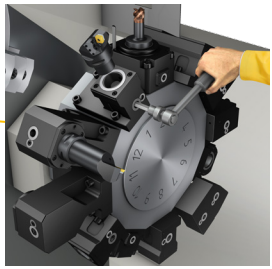
Pertanto, le macchine utensili multi-task devono essere dotate di un sistema di utensili con rigidità e ripetitività ineccepibili sia in direzione radiale sia assiale, come Coromant Capto®.



Macchina utensile multi-task con mandrino utensile integrato Coromant Capto® e torretta di tornitura inferiore con dispositivi di bloccaggio Coromant Capto®.



Il sistema di utensili Coromant Capto® è integrato direttamente nel mandrino.



Torretta con sistema di utensili Coromant Capto®

Nuovi utensili multifunzione per macchine multi-task

Per sfruttare la versatilità delle macchine utensili multi-task e ottimizzarne l'efficienza, può essere necessario utilizzarle con utensili specifici. Questi utensili, disponibili solo con Coromant Capto® e appositamente concepiti per macchine utensili multi-task, offrono i seguenti vantaggi:

- accessibilità, stabilità ed elevata produttività
- minor tempo per il cambio utensile
- risparmio di una sede utensile nel magazzino utensili
- riduzione dei costi - un solo utensile ne sostituisce molti.

Utensili multifunzione
– un utensile di fresatura e quattro utensili di tornitura in uno

Twin-tool
– due utensili di tornitura in uno

Mini-torrette
– quattro utensili di tornitura in uno

Per realizzare la propria mini-torretta personalizzata

Per l'uso di quattro testine di taglio su un unico portautensili

È possibile scegliere tra un'ampia gamma di testine di taglio intercambiabili per operazioni di tornitura, filettatura, troncatura e scanalatura, per comporre un utensile ottimizzato per il componente.

- Riduzione dei tempi di cambio utensile
- Risparmio di posizioni utensile nel magazzino utensili
- Per uso sia esterno che interno.

Utilizzo di adattatori in una macchina multi-task

Adattatori per utensili a stelo

Adattatori di tornitura per
- steli
- barre
- lame
- mini-torrette

...per poter utilizzare gli utensili a stelo anche su macchine multi-task con un sistema di utensili modulare integrato nel mandrino.

Adattatore per utensile con lama per troncatura

Adattatore per barra di alesatura

Mandrini

Vantaggi legati all'uso di mandrini idraulici

Mandrino idraulico per lavorazione pesante

Mandrino idraulico sottile

Mandrino idraulico a stilo

Manicotti aperti

Manicotti sigillati

Bloccaggio diretto

Bloccaggio termico

Bloccaggio diretto

Mandrino a pinza ER

Manicotti aperti

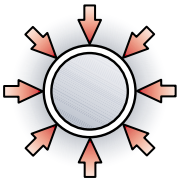
Manicotti sigillati

Mandrini disponibili

	Mandrino idraulico	Mandrino a bloccaggio termico	Mandrino meccanico	Mandrino a pinza ER	Adattatori Weldon a bloccaggio laterale, ISO 9766
Protezione contro lo sfilamento dell'utensile, trasmissione del momento torcente	🟩	🟩	🟨	🟥	🟩
Manipolazione semplice	🟩	🟥	🟨	🟨	🟩
Precisione elevata in termini di runout	🟩	🟩	🟨	🟥	🟥
Flessibilità	🟩	🟥	🟩	🟩	🟥
Accessibilità	🟩	🟩	🟥	🟨	🟥

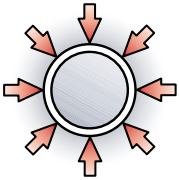
🟩 Ottima 🟨 Buona 🟥 Accettabile

Mandrini idraulici



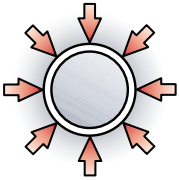
- Il miglior sistema disponibile sul mercato contro lo sfilamento dell'utensile - forza di bloccaggio costante nel tempo.
- Runout di precisione < 4 µm (.00016".) a 2.5 × DC - ripetizione ad alta precisione.
- Manipolazione facile - chiave torsiometrica per un bloccaggio sicuro.

Mandrino a bloccaggio termico



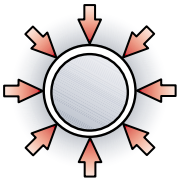
- Elevata precisione, senza sfilamento dell'utensile.
- Possibilità di diametro testa ridotto – buona accessibilità.
- Design simmetrico.

Mandrini meccanici



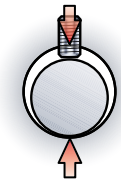
- Possibilità di utilizzare manicotti cilindrici – buona flessibilità.
- Accessibilità non così buona a causa del suo design (spesso per lavorazione pesante).

Mandrino a pinza ER



- Molto flessibile in termini di diametri di bloccaggio grazie alle pinze.
- Non dipendente dalla tolleranza dello stelo h6.
- Bassi valori di trasmissione del momento torcente e runout.

Adattatori Weldon a bloccaggio laterale, ISO 9766

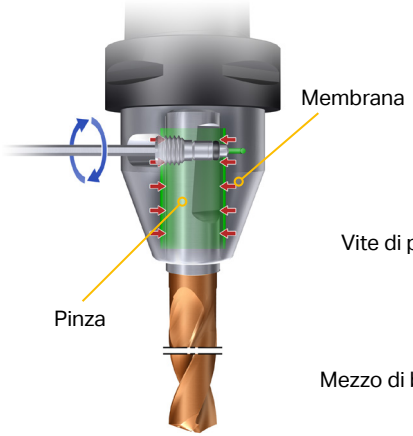


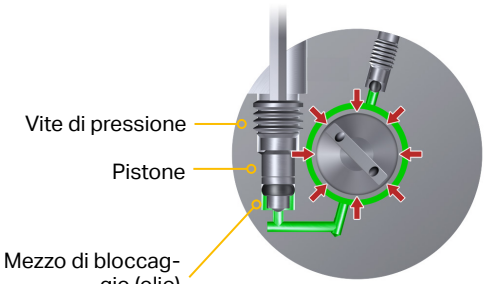
- Elevata trasmissione di momento torcente.
- Bassa precisione – bassa durata utensile e scarsa finitura superficiale.

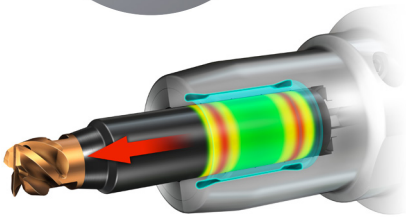
Mandrini idraulici

Il segreto dietro l'alta precisione e la protezione dallo sfilamento dell'utensile

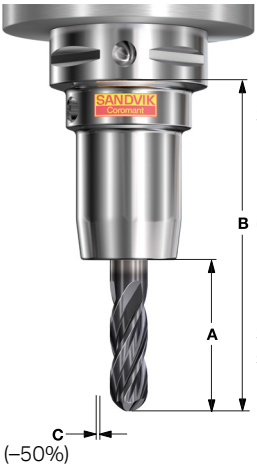
- Una nuova generazione di mandrini idraulici fornisce i massimi livelli di precisione e capacità di trasmissione del momento torcente.
- Il segreto della grande precisione e della protezione contro lo sfilamento dell'utensile di CoroChuck 930 è il design ottimizzato della membrana. Consente un bloccaggio sicuro con due supporti su ogni lato (fulcri).







Provare a ridurre al minimo la lunghezza di riferimento



- È importante mantenere al minimo la lunghezza di riferimento per aumentare la stabilità e ridurre la flessione.
- Una riduzione della lunghezza di appena il 20% può determinare una notevole diminuzione della flessione (-50%).

Influenza del valore di runout sulla durata utensile

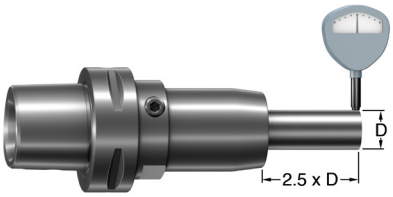
- Il runout dovrebbe essere < 0.006 mm (< 0.001 poll.).
- Per ogni 0.01 mm (0.0004 poll.) di runout - fino al 50% di riduzione della durata utensile.
- Più critico man mano che il diametro dell'utensile diminuisce.

Requisiti relativi ai portautensili

Applicazione - sgrossatura e semifinitura

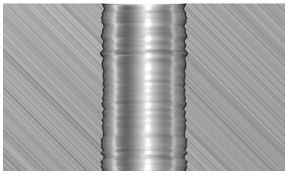
- Criterio principale = forza di bloccaggio
- Capacità elevata in termini di momento torcente
- Per prestazioni ottimali, utilizzare steli cilindrici
- Versatilità delle pinze.

Applicazione - finitura



- Criterio principale = runout
- Influenza su durata utensile e componente
  - finitura e precisione.

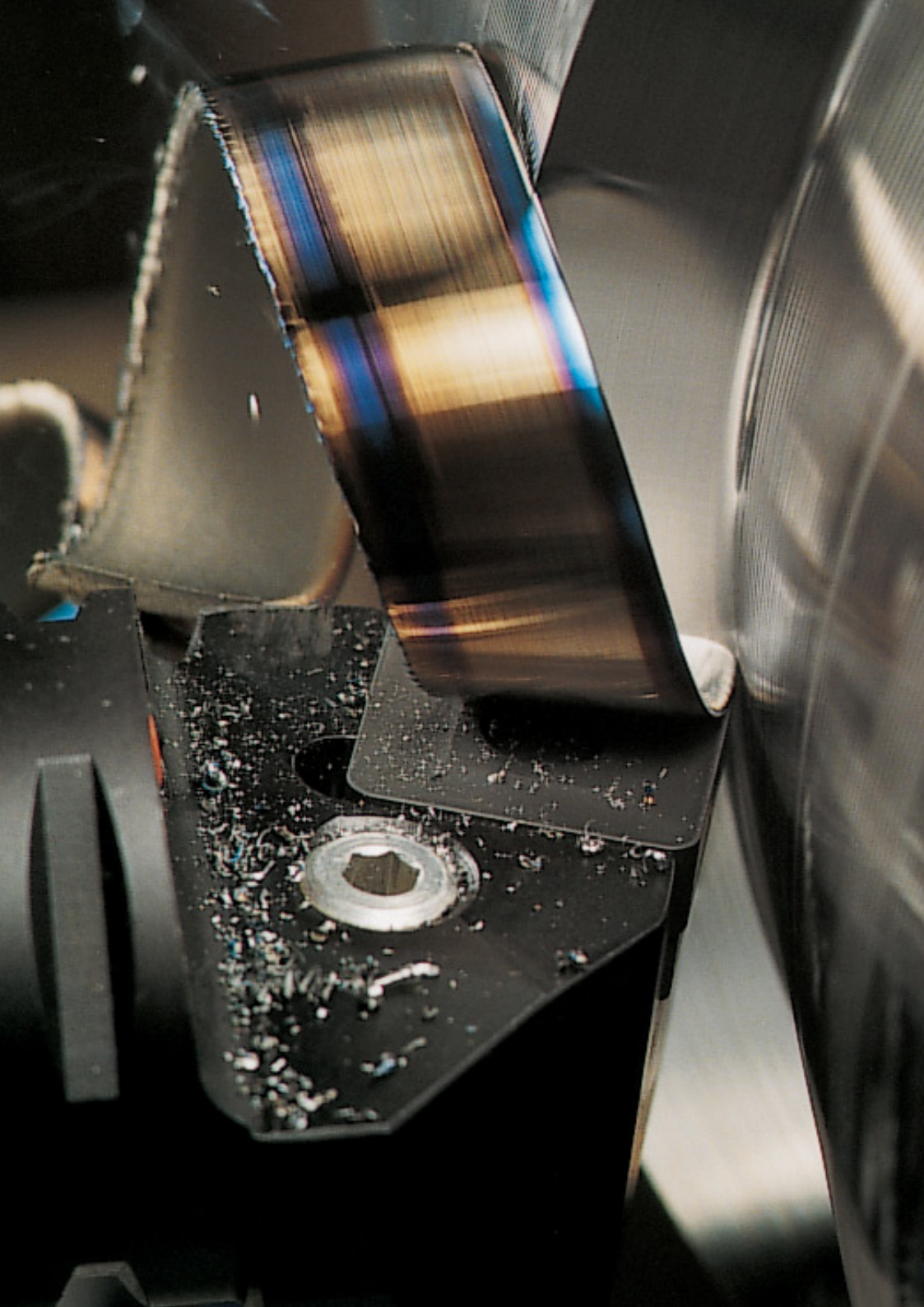
Sbilanciamento nei portautensili



Lo sbilanciamento dei portautensili provoca:

- finitura superficiale insoddisfacente
- tolleranze inadeguate sul pezzo
- riduzione della durata utensile
- usura prematura del mandrino della macchina.

BIG-PLUS SYSTEM
930-B40
8 Nm



Lavorabilità

Per un processo di lavorazione produttivo e senza problemi, è importante scegliere il materiale (qualità) dell'utensile da taglio e la geometria dell'inserto più adatti al materiale da lavorare.

• Materiali da lavorare H 4

• Produzione di metallo duro H 18

• Il tagliente H 29

• Materiali da taglio H 40

• Manutenzione e usura degli utensili H 52

Altre informazioni

• Economia di lavorazione H 63

• ISO 13399 - lo standard del settore H 78

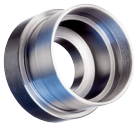
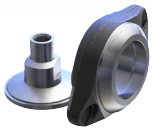
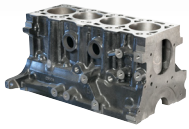
• Formule e definizioni H 81

• E-learning H 92

Materiali da lavorare

Sei gruppi principali

I gruppi di materiali ISO sono divisi in sei diversi tipi. Ogni tipo ha proprietà esclusive in termini di lavorabilità e setup e diversi sono i requisiti che devono avere gli utensili.

ISO P Acciaio	ISO M Acciaio inossidabile	ISO K Ghisa
		
ISO N Non ferrosi	**ISO S Superleghe resistenti al calore**	**ISO H Acciaio temprato**

P La più ampia varietà di componenti rientra probabilmente nel campo P e interessa diversi settori industriali.

N Industria aeronautica e costruttori di cerchi in alluminio per l'industria automobilistica trattano soprattutto materiali rientranti nel campo N.

M I materiali appartenenti al campo M trovano applicazione soprattutto nell'industria di processo, in quella Oil and Gas, nella lavorazione di tubi e flange e nel settore farmaceutico.

S Quelli appartenenti al campo S sono materiali difficili, utilizzati soprattutto nel settore aerospaziale e nell'industria delle turbine a gas e della generazione di energia.

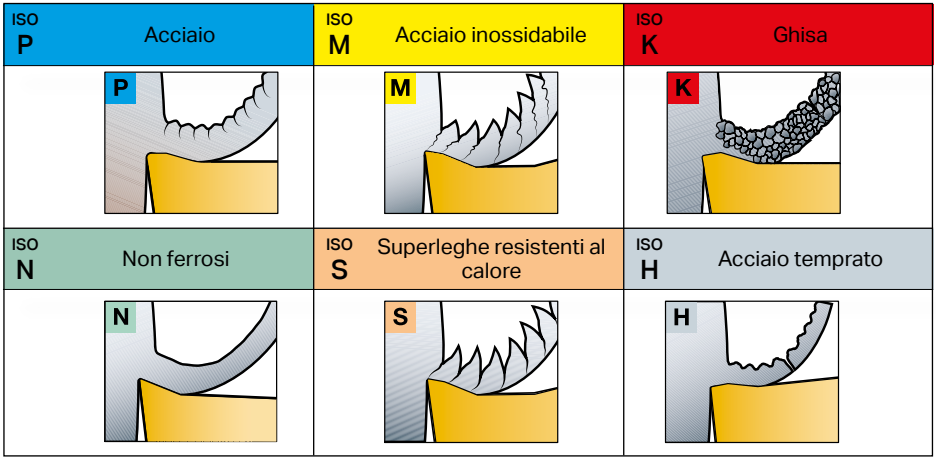
K I materiali del campo K sono utilizzati soprattutto dai componenti per l'industria automobilistica, i costruttori di macchine e gli impianti siderurgici.

H L'acciaio temprato appartenente al campo H è presente in diverse attività industriali quali il settore automotive e il relativo indotto, i costruttori di macchine e di stampi e matrici.

Caratteristiche di formazione e rimozione dei trucioli

Fattori da identificare per determinare la lavorabilità di un materiale:
- Classificazione metallurgica/meccanica del materiale del pezzo.
- Microgeometria e macrogeometria del tagliente da utilizzare.
- Materiale (qualità) da taglio, ad es. metallo duro rivestito, ceramica, CBN, PCD, ecc.

La scelta avrà una grande influenza sulla lavorabilità del materiale da trattare.



P I materiali ISO P sono generalmente a truciolo lungo, con un flusso di trucioli continuo e relativamente uniforme. Le variazioni dipendono in gran parte dal tenore di carbonio.
– Basso tenore di carbonio = materiale con tendenza all'incollamento.
– Alto tenore di carbonio = materiale fragile.
La forza di taglio e la potenza necessarie variano molto poco.

M I materiali ISO M formano un truciolo lamellare e irregolare e le forze di taglio sono superiori rispetto a quelle dell'acciaio normale. Esistono diversi tipi di acciaio inossidabile.
Il controllo truciolo varia in base alle proprietà della lega e al trattamento termico, con il risultato che la rottura dei trucioli può essere facile o quasi impossibile.

K Sui materiali ISO K, il truciolo si presenta in forme che vanno da trucioli simili a polvere a trucioli lunghi. La potenza necessaria per lavorare questo gruppo di materiali è generalmente bassa.
Va comunque sottolineato che c'è una grande differenza tra la ghisa grigia (spesso con trucioli simili a polvere) e il ferro duttile, la cui truciolabilità è molto simile a quella dell'acciaio.

N La potenza necessaria per mm^3 ($poll.^3$), è ridotta ma, a causa dell'elevato volume di truciolo asportato, è comunque consigliabile calcolare la potenza massima richiesta.

S Il campo è ampio ma, in generale, le forze di taglio sono elevate.

H Spesso un truciolo continuo e incandescente. L'alta temperatura contribuisce a ridurre il valore di k_{c1} ed è un aiuto importante per l'applicazione.

Il complesso mondo del taglio dei metalli

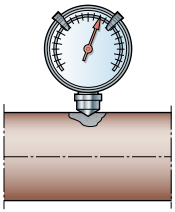
Sono diversi i parametri che incidono sul processo di taglio

Materiale da lavorare

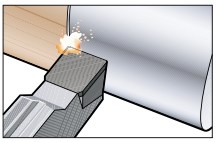
- **P** Acciaio
- **M** Acciaio inossidabile
- **K** Ghisa
- **N** Non ferrosi
- **S** Leghe resistenti al calore
- **H** Acciaio temprato

I gruppi di materiali ISO sono di 6 tipi diversi e ognuno ha proprietà esclusive in quanto a lavorabilità.

Durezza

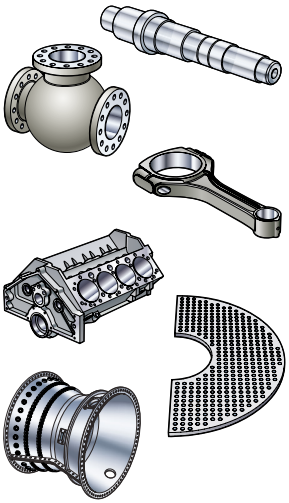


Durezza Brinell



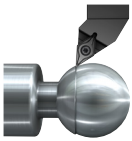
Generalmente, esiste una relazione tra durezza del materiale e durata utensile, dati di lavorazione e tipo di geometria e qualità. Quanto maggiore è la durezza, tanto minore è la durata utensile, con usura più rapida sul tagliente.

Componente

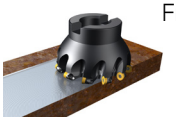


In base al tipo di materiale, al setup e al modo di lavorazione, sono necessarie scelte di attrezzamento differenti per le applicazioni di tornitura, fresatura, foratura, ecc.

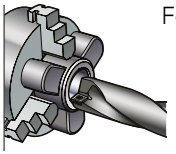
Applicazione



Tornitura



Fresatura



Foratura

H
R
Sgrossatura/ pesante

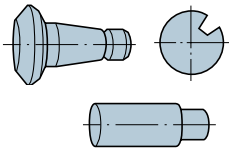
M
M
Lav. media

L
F
Finitura/ leggera

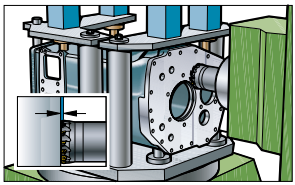
Esistono tre applicazioni principali, ognuna delle quali richiede utensili, inserti e qualità differenti. La scelta dipende anche dal carico sul tagliente, dalla finitura alla sgrossatura.

Condizioni

Condizioni di taglio

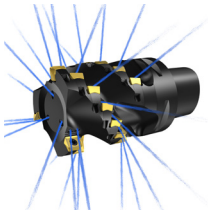


Condizioni di bloccaggio

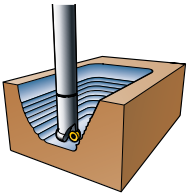


Tutti i componenti sono diversi per aspetto, forma e dimensioni. Alcuni richiedono diversi setup ed è necessario prestare particolare attenzione alle condizioni di bloccaggio del pezzo e dell'utensile.

Ambiente di taglio



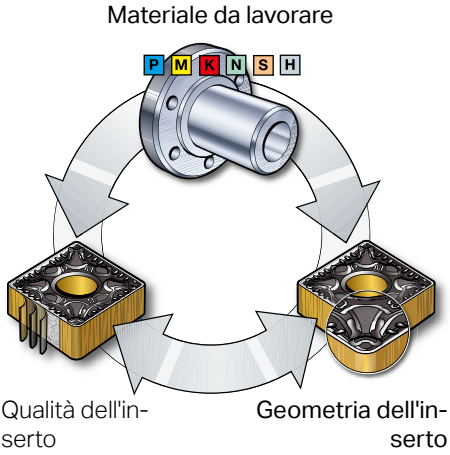
Refrigerante



Lavorazione senza refrigerante

Il metallo duro è ideale per la lavorazione a temperature elevate ma costanti. La lavorazione senza refrigerante dovrebbe quindi essere la scelta prioritaria, a seconda dei requisiti del componente e delle condizioni di lavorazione. Alcune qualità, tuttavia, sono adatte alla lavorazione con o senza refrigerante e vengono scelte in base al materiale del componente e ai requisiti di qualità.

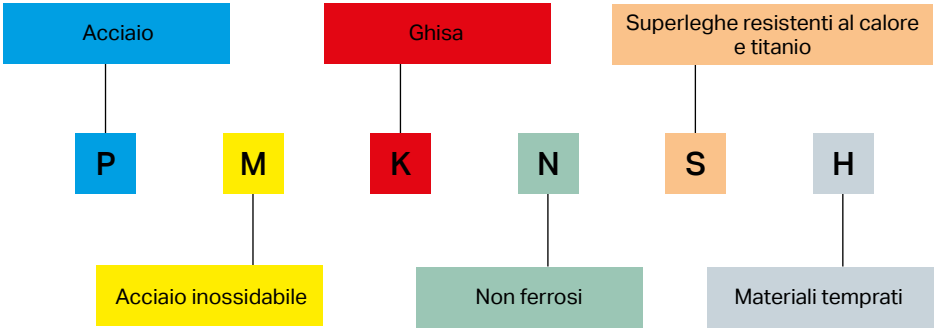
Interazione tra materiale da lavorare, geometria e qualità



- L'ottimizzazione dell'interazione tra geometria e qualità in base al tipo di materiale da lavorare è la chiave del successo di qualunque processo di lavorazione.
- Questi tre fattori di base devono essere attentamente considerati e adattati a ogni lavorazione.
- Conoscere, sapere come gestire questi fattori e regolarli è fondamentale.

Materiali da lavorare, gruppi principali

I materiali sono classificati con codici MC



Nell'ambito di ogni gruppo di materiali ci sono dei sottogruppi che dipendono dalla durezza del materiale, dal valore di k_{c1} e dalle proprietà metallurgiche e meccaniche.

* MC = una nuova classificazione dei materiali che sostituisce i codici CMC (Coromant Material Classification).

Struttura del codice MC

La struttura è pensata in modo che il codice MC possa rappresentare tutta una serie di proprietà e caratteristiche del materiale usando una combinazione di lettere e numeri.

Esempio 1:

Il codice P1.2.Z.AN deve essere letto come segue:

P = codice ISO per l'acciaio

1 = gruppo del materiale: acciaio non legato

2 = sottogruppo del materiale: tenore di carbonio ? 0.25% ≤0.55% C

Z = processo di produzione: forgiato/laminato/trafilato a freddo

AN = trattamento termico: ricotto, fornito con valori di durezza

Esempio 2:

Il codice N1.3.C.UT deve essere letto come segue:

N = codice ISO per metalli non ferrosi

1 = gruppo del materiale: leghe di alluminio

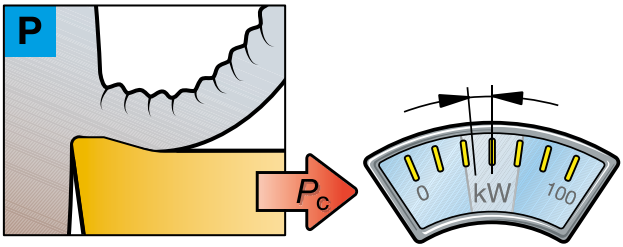
3 = sottogruppo del materiale: non ferroso con tenore di Si 1-13%

C = processo di produzione: fusione

UT = non trattato

Identificando non solo la composizione del materiale ma anche il processo di produzione e il trattamento termico, che incide sulle proprietà meccaniche, è possibile disporre di una descrizione più dettagliata che può essere usata per generare raccomandazioni migliori sui dati di taglio.

Acciaio ISO P – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo lungo.
- Controllo truciolo relativamente facile.
- L'acciaio a basso tenore di carbonio tende all'incollamento e richiede taglienti affilati.
- Forza di taglio specifica k_c: 1500–3100 N/mm² (217,500–449,500 lb/poll.²).
- La forza di taglio e la potenza necessaria per lavorare i materiali ISO P si mantengono entro un campo di valori limitato.

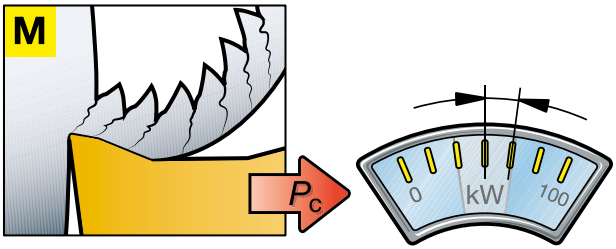
Che cos'è l'acciaio?

- L'acciaio comprende il gruppo di materiali più ampio nel settore del taglio dei metalli.
- Gli acciai possono essere non induriti o bonificati, con una durezza che può arrivare a 400 HB.
- L'acciaio è una lega che ha come componente principale il ferro (Fe). Viene prodotto con un processo di fusione.
- Gli acciai non legati hanno un tenore di carbonio inferiore allo 0,8% e sono costituiti esclusivamente da ferro, senza altri elementi leganti.
- Gli acciai legati hanno un tenore di carbonio inferiore all'1,7 % ed elementi leganti come Ni, Cr, Mo, V, W.

ISO	MC	Materiale
P	P1	Acciaio non legato
	P2	Acciaio debolmente legato (elementi leganti ≤5%)
	P3	Acciaio fortemente legato (elementi leganti >5%)
	P4	Acciai sinterizzati

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

Acciaio inossidabile ISO M – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo lungo.
- Il controllo truciolo varia da discreto nei materiali ferritici a difficile in quelli austenitici e duplex.
- Forza di taglio specifica: 1800–2850 N/mm² (261,000–413,250 lb/poll.²).
- La lavorazione genera elevate forze di taglio, tagliente di riporto, calore e superfici incrudite.

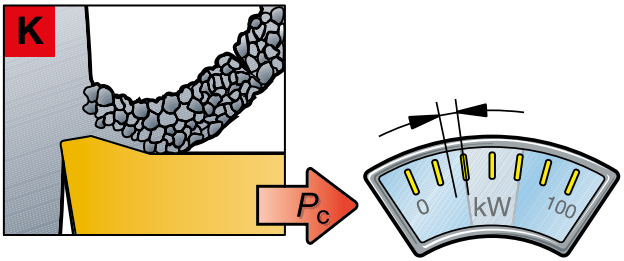
Che cos'è l'acciaio inossidabile?

- Gli acciai inossidabili sono materiali legati che contengono almeno l'11–12% di cromo.
- Il tenore di carbonio è spesso basso (fino a un minimo dello 0.01%).
- Le leghe sono soprattutto Ni (nichel), Mo (molibdeno) e Ti (titanio).
- Lo strato di Cr_2O_3 che si forma sulla superficie dell'acciaio lo rende immune alla corrosione.

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

ISO	MC	Materiale
M	P5	Acciaio inossidabile ferritico-martensitico
	M1	Acciai inossidabili austenitici
	M2	Superaustenitico, Ni≥20%
	M3	Duplex (austenitico/ferritico)

Ghisa ISO K – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo corto.
- Buon controllo truciolo in tutte le condizioni.
- Forza di taglio specifica: 790–1350 N/mm² (114,550–195,750 lb/poll.²).
- La lavorazione ad alta velocità provoca usura da abrasione.
- Forze di taglio moderate.

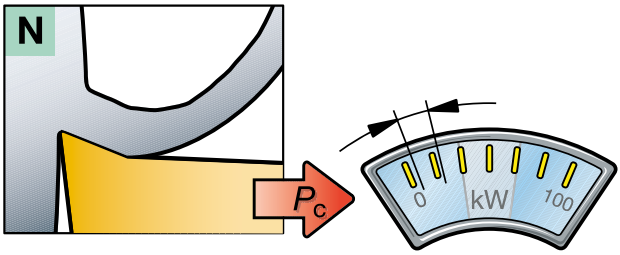
Che cos'è la ghisa?

- Esistono 3 tipi principali di ghisa: grigia (GCI), nodulare (NCI) e a grafite compatta (CGI).
- La ghisa è un composto di Fe-C con tenore relativamente alto di Si (1–3%).
- Il tenore di carbonio 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.

ISO	MC	Materiale
K	K1	Ghisa malleabile
	K2	Ghisa grigia
	K3	Ferro SG nodulare
	K4	Ghisa a grafite compatta
	K5	Ghisa duttile austemperata

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

Materiali non ferrosi ISO N – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo lungo.
- Se legato, il controllo truciolo è relativamente facile.
- Il materiale non ferroso (Al) tende all'incollamento e richiede taglienti affilati.
- Forza di taglio specifica: 350–700 N/mm² (50,750–101,500 lb/poll.²).
- La forza di taglio e la potenza necessaria per lavorare i materiali ISO N si mantengono entro un campo di valori limitato.

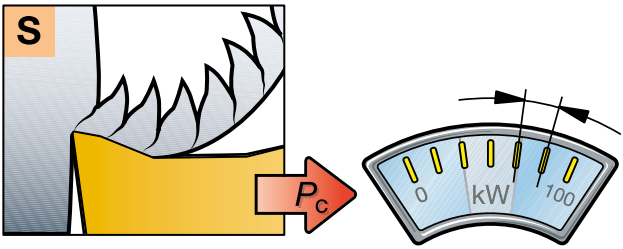
Che cosa sono i materiali non ferrosi?

- Questo gruppo contiene metalli teneri, non ferrosi, di durezza inferiore a 130 HB.
- Le leghe non ferrose (Al) contenenti fino al 22% di silicio (Si) ne sono il costituente principale.
- Rame, bronzo, ottone.
- Plastica.
- Compositi (Kevlar).

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

ISO	MC	Materiale
N	N1	Leghe non ferrose
	N2	Leghe di magnesio
	N3	Leghe di rame
	N4	Leghe di zinco

Superleghe resistenti al calore e titanio ISO S – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo lungo.
- Controllo truciolo difficile (trucioli segmentati).
- Le ceramiche richiedono un angolo di spoglia superiore negativo, il metallo duro ne richiede uno positivo.
- Forza di taglio specifica:
  Per HRSA:
  2400–3100 N/mm² (348,000–449,500 lb/poll.²).

  Per titanio:
  1300–1400 N/mm² (188,500–203,000 lb/poll.²).
- Forze di taglio e potenza piuttosto elevate.

Che cosa sono le superleghe resistenti al calore?

- Le superleghe resistenti al calore (HRSA) includono un gran numero di materiali fortemente legati a base di ferro, nichel, cobalto e titanio.

Gruppi: leghe di Fe, leghe di Ni, leghe di Co

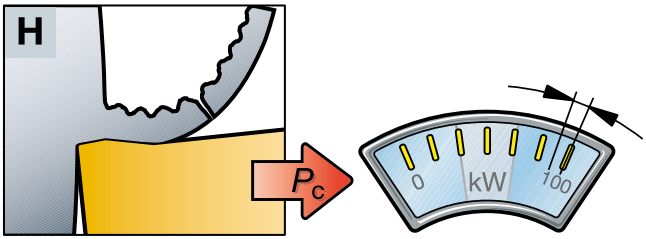
Condizioni: ricotte, sottoposte a trattamento termico, invecchiate, laminate, forgiate, fuse.

Caratteristiche:
- un maggiore tenore di lega (Co più che Ni) aumenta la resistenza al calore, alla trazione e alla corrosione.

ISO	MC	Materiale
S	S1	Leghe di ferro
	S2	Leghe di nichel
	S3	Leghe di cobalto
	S4	Leghe di titanio
	S5	Leghe di tungsteno
	S6	Leghe di molibdeno

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

Acciaio temprato ISO H – caratteristiche principali



Caratteristiche di lavorazione:

- Materiale a truciolo lungo.
- Discreto controllo truciolo.
- Angolo di spoglia superiore negativo.
- Forza di taglio specifica: 2550–4870 N/mm² (369,750–706,150 lb/poll.²).
- Forze di taglio e potenza piuttosto elevate.

Che cos'è l'acciaio temprato?

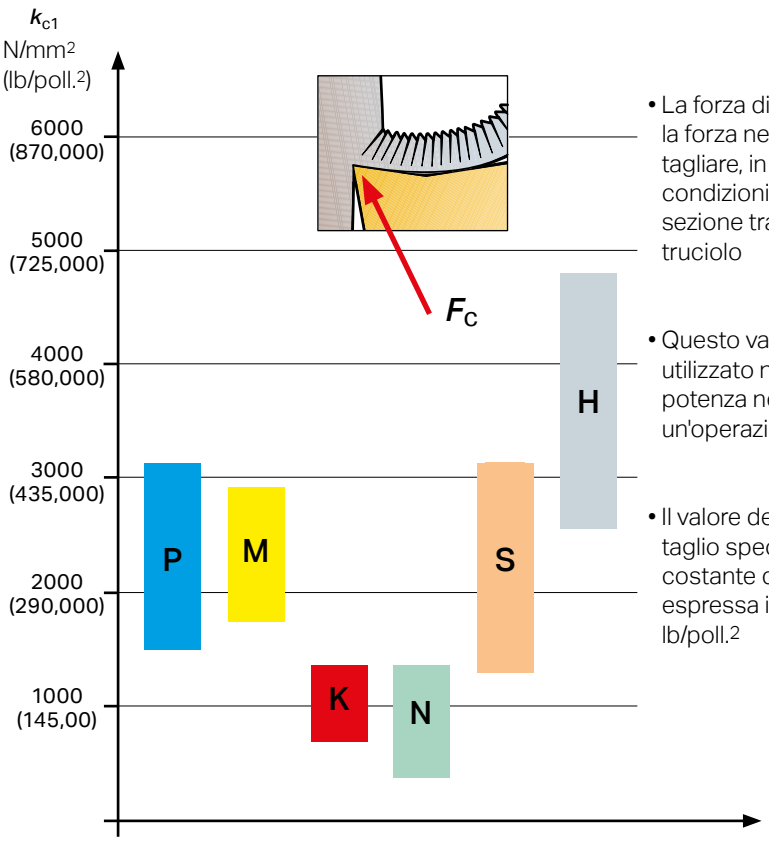
- L'acciaio temprato è il gruppo più piccolo dal punto di vista della lavorazione.
- Questo gruppo contiene acciai bonificati di durezza >45–65 HRC.
- Generalmente, tuttavia, i componenti temprati possono rientrare nel campo 55–68 HRC.

Per i dettagli sui codici MC, vedere i cataloghi dei prodotti.

ISO	MC	Materiale
H	H1	Acciai (45-65 HRC)
	H2	Ghisa in conchiglia
	H3	Stellite
	H4	Ferro-TiC

Forza di taglio specifica k_{c1}

k_{c1} – valore tabulato di k_c per trucioli da 1 mm (.0394") di spessore



- La forza di taglio (F_c) è la forza necessaria per tagliare, in determinate condizioni, una specifica sezione trasversale di truciolo
- Questo valore (F_c) viene utilizzato nel calcolo della potenza necessaria per un'operazione
- Il valore della forza di taglio specifica (k_{c1}) è una costante del materiale, espressa in N/mm² o lb/poll.²

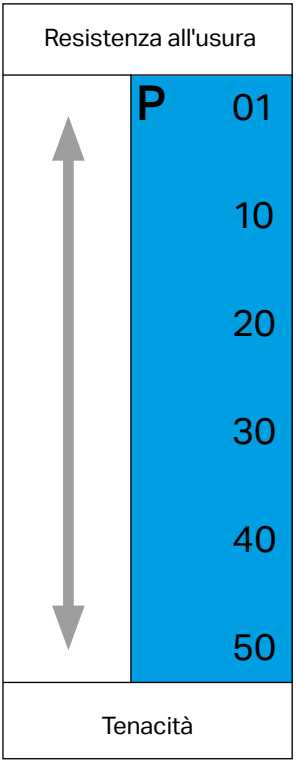
Per i calcoli specifici, vedere la sezione dedicata alle formule.

Valori k_{c1} in N/mm² (lb/poll.²)

P	1500 – 3100 (217,500 – 449,500)	N	350 – 1350 (50,750 – 195,750)
M	1800 – 2850 (261,000 – 413,250)	S	1300 – 3100 (188,500 – 449,500)
K	790 – 1350 (114,550 – 195,750)	H	2550 – 4870 (369,750 – 706,150)

Nomenclatura ISO nel campo ISO P

Operazioni e condizioni di lavorazione



Questo diagramma fa riferimento al campo ISO P ma questi requisiti si applicano anche a tutti gli altri tipi di materiali ISO ovvero M, K, N, S, H.

P01: tornitura di finitura interna ed esterna; elevata velocità di taglio; trucioli di dimensioni ridotte; buona finitura superficiale; tolleranze strette; assenza di vibrazioni.

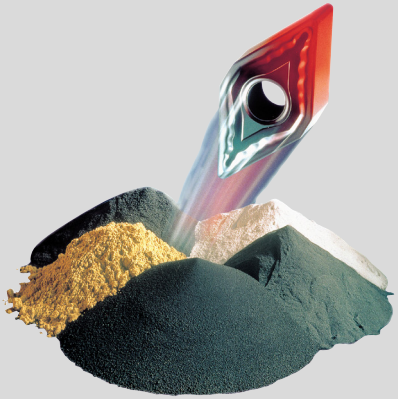
P10: tornitura; copiatura; filettatura; fresatura; elevata velocità di taglio; trucioli di dimensioni medio-piccole.

P20: tornitura; copiatura; velocità di taglio media; sfacciatura con trucioli di dimensioni ridotte; condizioni medio/difficili.

P30: tornitura; fresatura, sfacciatura; velocità di taglio medio/bassa; trucioli di dimensioni medio/grandi; anche operazioni in condizioni difficili.

P40: tornitura; sfacciatura; fresatura; taglio; scanalatura; velocità di taglio bassa; trucioli di grandi dimensioni; possibilità di sezioni di truciolo grandi; condizioni molto difficili.

P50: quando è necessaria una tenacità molto elevata dell'utensile nelle operazioni di tornitura, sfacciatura, scanalatura e taglio; bassa velocità di taglio, trucioli di grandi dimensioni, possibilità di sezioni di truciolo grandi, condizioni estremamente difficili.



Produzione di metallo duro

La fabbricazione di inserti in metallo duro è un processo accuratamente pianificato in cui geometria e qualità vengono bilanciate in modo da ottenere un prodotto perfettamente consono all'applicazione.

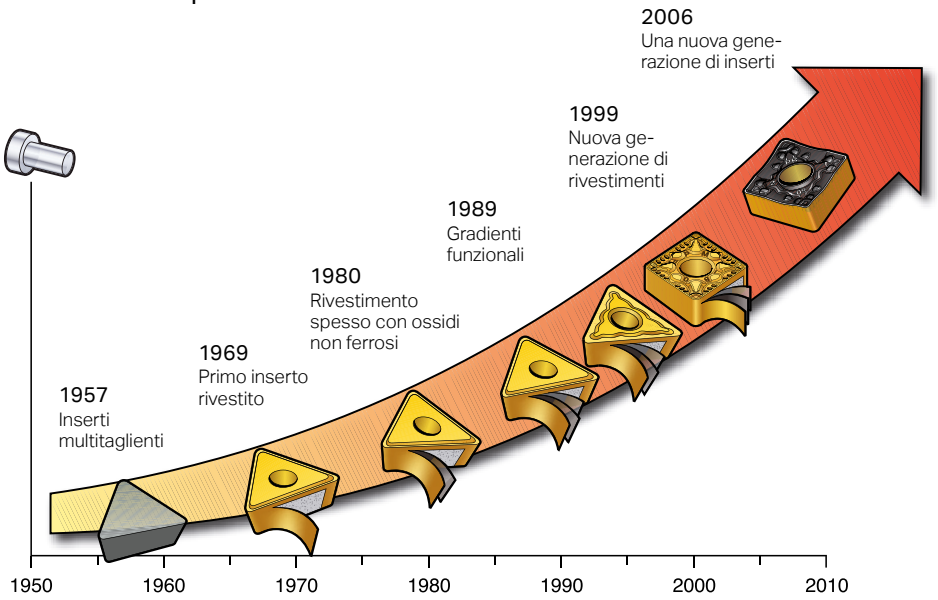
Lo sviluppo dei materiali da taglio

Grazie allo sviluppo di substrati in metallo duro, rivestimenti e geometrie sempre migliori, l'utilizzatore finale è riuscito a ottenere livelli di produttività e risparmi sui costi sempre maggiori.

In termini di produttività, grandi passi avanti sono stati compiuti negli anni '60 e '70 del secolo scorso, con lo sviluppo dei primi rivestimenti.

Da allora, l'evoluzione è proseguita senza sosta - con avanzate strutture di substrato, nuove geometrie e configurazioni del tagliente, innovative tecniche di rivestimento e post-trattamento dei taglienti rivestiti.

Incidenza sulla produttività dell'utilizzatore finale



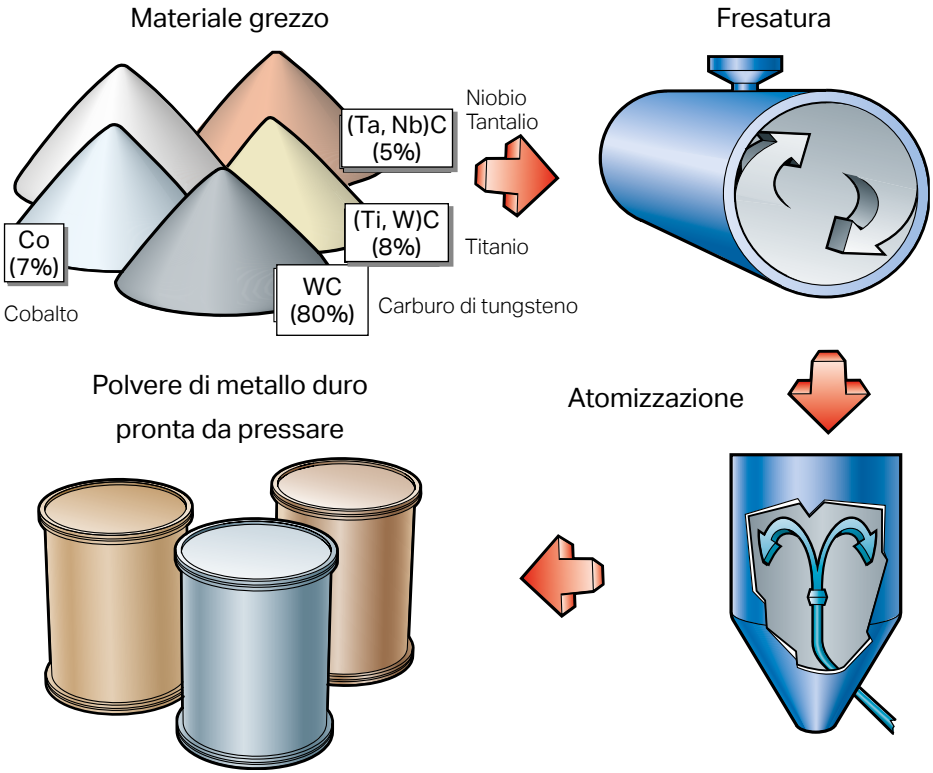
Produzione delle polveri

Sono due gli elementi principali di un inserto in metallo duro:

- Carburo di tungsteno (WC)
- Cobalto (Co)

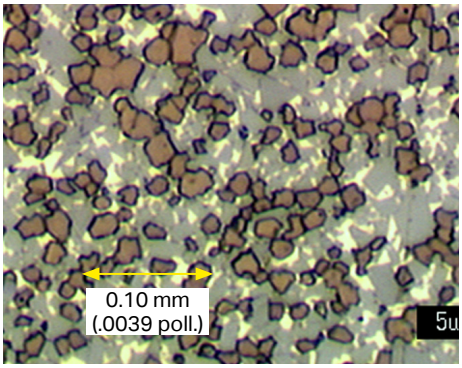
Altri elementi comunemente utilizzati sono i carburi di titanio, tantalio e niobio. Ed è proprio la combinazione tra i diversi tipi di polvere e le diverse percentuali di questi elementi ciò che identifica le varie qualità.

La polvere viene frantumata, atomizzata, filtrata e versata in contenitori.



Polvere di tungsteno

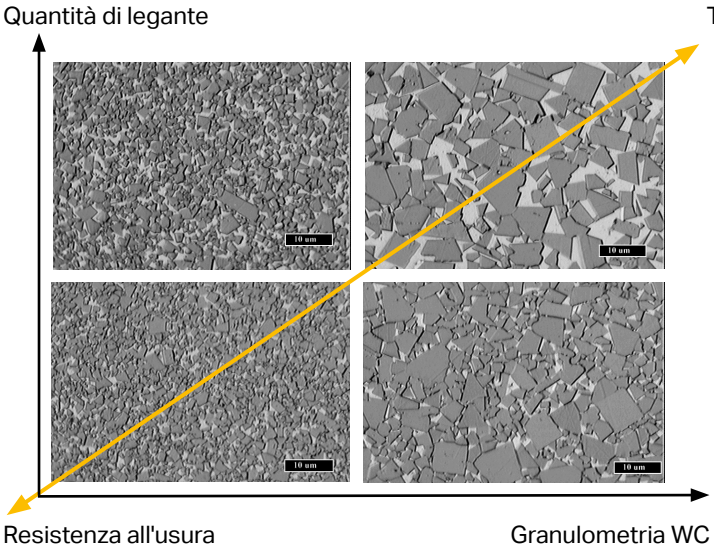
Dimensioni della grana di carburo di tungsteno



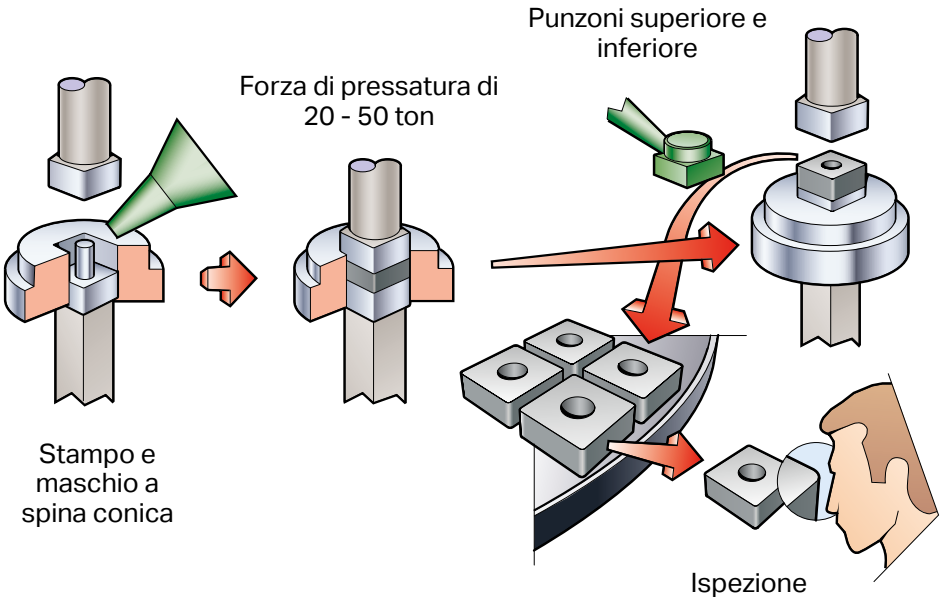
La materia prima principale per la produzione di metallo duro è il concentrato di tungsteno. La polvere di tungsteno viene prodotta dall'ossido di tungsteno derivato chimicamente dalla materia prima. Variando le condizioni di riduzione, è possibile ottenere diverse granulometrie di polvere di tungsteno. Dopo l'atomizzazione, i granuli di metallo duro sono piccoli e la loro granulometria varia in base alla qualità.

Caratteristiche di base del metallo duro

A parte la granulometria del carburo di tungsteno (WC), anche la quantità della fase legante è un fattore importante nel determinare le caratteristiche del metallo duro. Aumentando il tenore di cobalto e la granulometria del WC, è possibile aumentare la tenacità ma, data la minore durezza, la resistenza all'usura del substrato diminuisce.



Pressatura delle polveri



L'operazione di pressatura prevede diversi pezzi di attrezzamento:

- Punzoni superiore e inferiore
- Maschio a spina conica
- Cavità.

La procedura di pressatura:

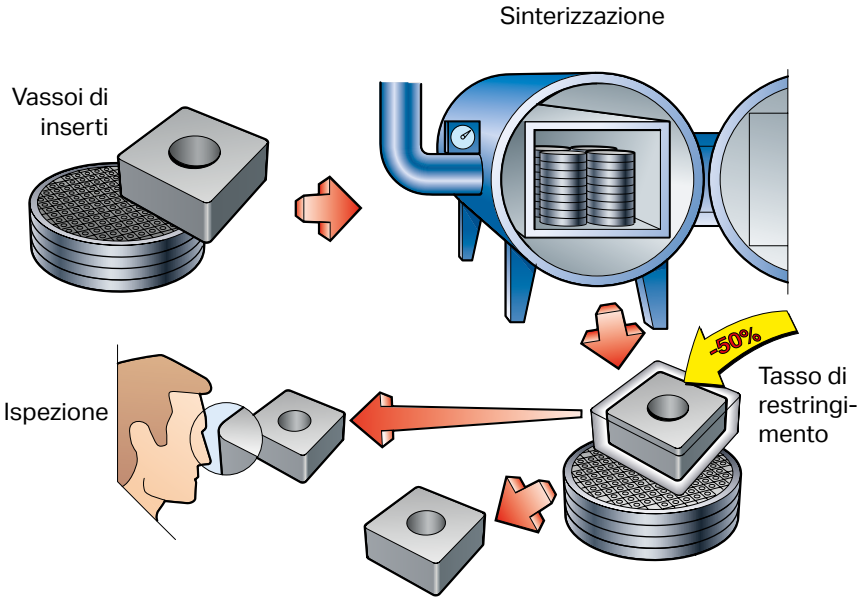
- La polvere viene versata nella cavità
- I punzoni superiore e inferiore entrano in azione insieme (20-50 ton)
- L'inserto viene preso e sistemato da un robot su un vassoio di grafite
- Viene eseguito un SPC casuale per controllare il peso.

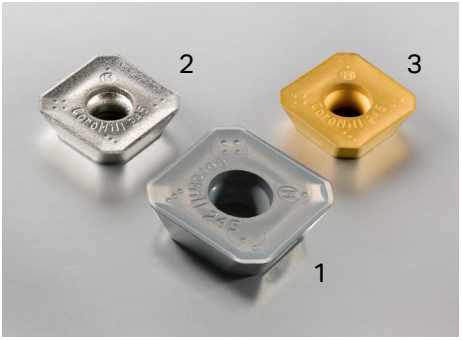
In questa fase, l'inserto è poroso al 50%.

Sinterizzazione degli inserti pressati

Il processo di sinterizzazione è il seguente:

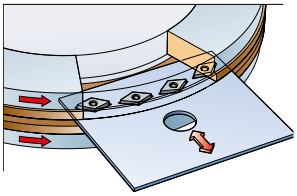
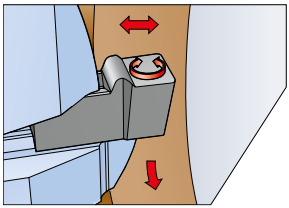
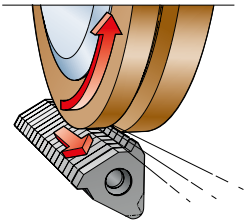
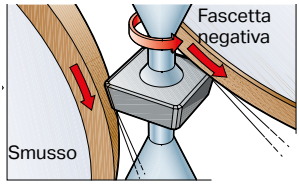
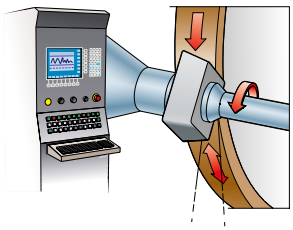
- Caricamento dei vassoi di inserti in un forno di sinterizzazione.
- La temperatura viene portata a ~1400 C° (~2550 °F).
- Questo processo fonde il cobalto che agisce da legante.
- Durante la sinterizzazione, l'inserto si restringe del 18% in tutte le direzioni, ovvero del 50% in volume.





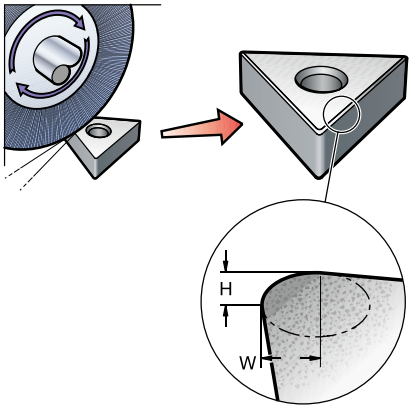
1. Inserto non sinterizzato
2. Inserto sinterizzato
3. Inserto rivestito

I diversi tipi di operazioni di rettifica

Parte superiore e inferiore	Profilatura libera	Profilatura
		
Smusso – fascetta negativa	**Periferia**	
		

Come viene rinforzato il tagliente

Il trattamento ER conferisce al tagliente la microgeometria finale.

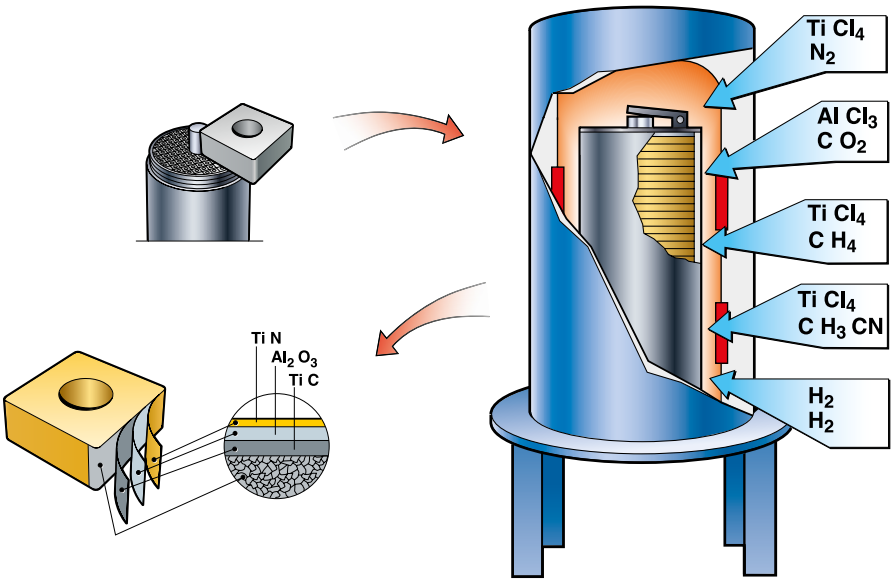


- Il trattamento ER (Edge Roundness) viene eseguito prima del rivestimento.
- La relazione W/H dipende dall'applicazione.

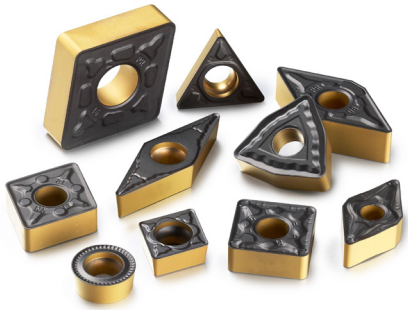
Generalmente, il valore di ER corrisponde allo spessore di un capello, diametro: ~80 µm (~.0031 poll.).

CVD - Deposizione Chimica mediante Vapore

Dopo aver inserito le pile di inserti in una fornace, nella camera viene introdotta una combinazione di gas; successivamente, i tubi vengono spurgati per introdurre un'altra serie di gas. Questo processo si ripete fino al completamento degli strati di rivestimento e avviene a una temperatura di circa 900 °C (1650 °F) per 30 ore. Lo spessore è di circa 2-20 micron (.00008-.0008 poll.).



I vantaggi dei rivestimenti CVD

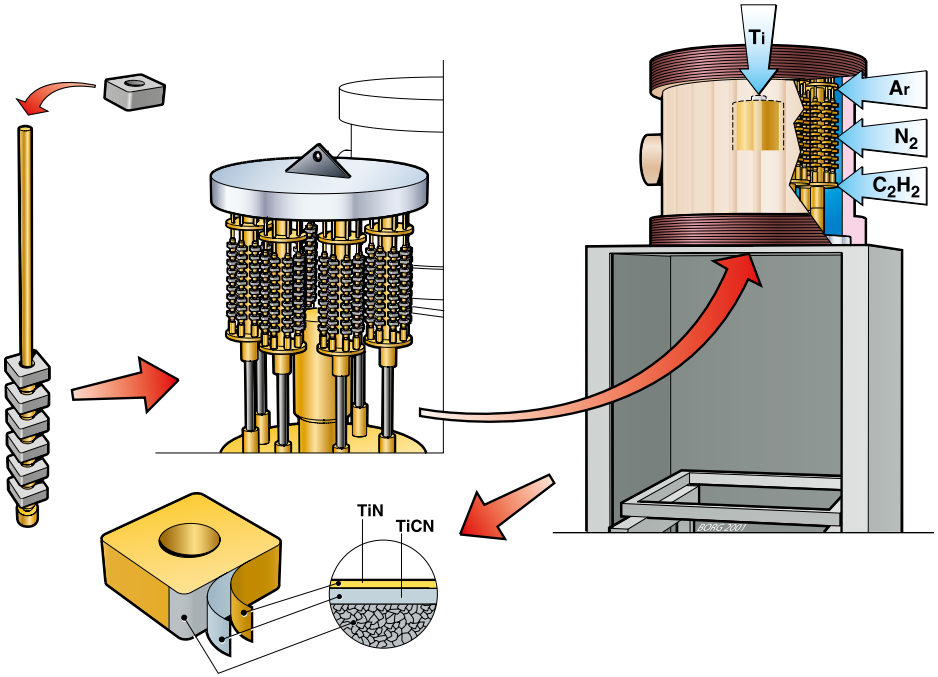


- Capacità di produrre rivestimenti spessi.
- Capacità di rendere uniforme lo spessore del rivestimento.
- Ottima adesione al substrato di metallo duro.
- Elevatissima resistenza all'usura.
- Possibilità di realizzare rivestimenti di ossido.

PVD - Deposizione Fisica mediante Vapore

Gli inserti vengono caricati nella camera di rivestimento in appositi vassoi. Sulle pareti della camera di reazione vengono sistemati dei target di metallo. Di solito, si tratta di titanio (Ti). I target vengono scaldati fino a raggiungere la temperatura di ionizzazione del metallo.

Utilizzando un gas come vettore, gli ioni possono quindi essere trasportati dai target agli inserti e, dato che gli inserti sono più freddi, gli ioni si condensano sulla loro superficie fino a formare un rivestimento.



A seconda del campo di applicazione dell'inserto, lo spessore del rivestimento è compreso tra 2 e 6 micron (0.00008-0.0002 poll.).

Attualmente, gli strati PVD più comuni sono TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, (Ti,Al,Cr)N a cui si sono aggiunti gli ossidi non ferrosi.

Vantaggi del rivestimento PVD

- Il PVD conferisce buona tenacità al filo tagliente.
- I rivestimenti PVD sono in grado di mantenere il tagliente affilato.
- Il PVD può essere utilizzato su placchette brasate.
- Il PVD è utilizzabile su utensili di metallo duro integrale.

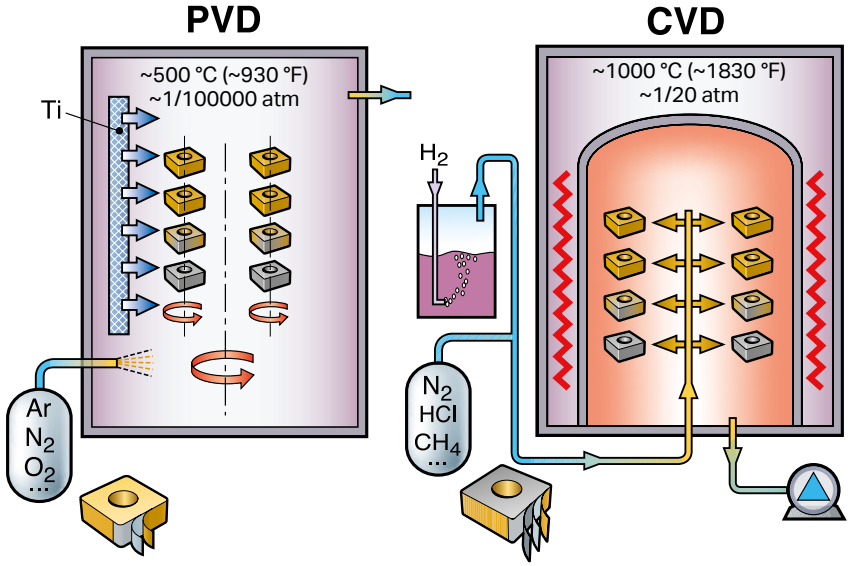
Confronto tra i rivestimenti PVD e CVD

PVD (Deposizione Fisica mediante Vapore)

Nel processo di rivestimento PVD, il rivestimento si forma per condensazione dei vapori di metallo sulla superficie degli inserti. Il principio alla base è lo stesso per cui su una strada fredda si forma uno strato di ghiaccio in seguito alla condensazione di aria umida.
Il processo PVD avviene a temperature molto inferiori a quelle del trattamento CVD. Le normali temperature di processo si aggirano attorno ai 500 °C (930 °F). A seconda del campo di applicazione dell'inserto, lo spessore del rivestimento è compreso tra 2 e 6 micron (0.00008-0.0002 poll.).

CVD (Deposizione Chimica mediante Vapore)

Nel processo CVD, il rivestimento si forma per reazione chimica di una serie di gas. I parametri di temperatura, tempo, flusso dei gas, atmosfera gassosa, ecc. vengono attentamente monitorati per controllare la deposizione degli strati di rivestimento. A seconda del tipo di rivestimento, la temperatura nel reattore varia da 800 a 1100 °C (1470 ... 2000 °F). Più spesso è il rivestimento, più lungo è il tempo di processo. Attualmente, il rivestimento CVD più sottile è inferiore ai 4 micron (.00016 poll.) mentre quello più spesso è superiore ai 20 micron (.0008 poll.).

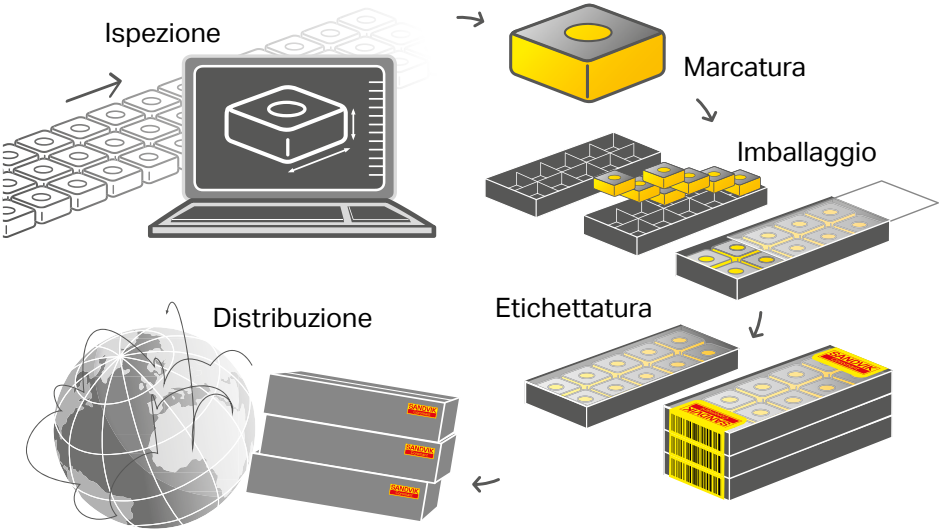


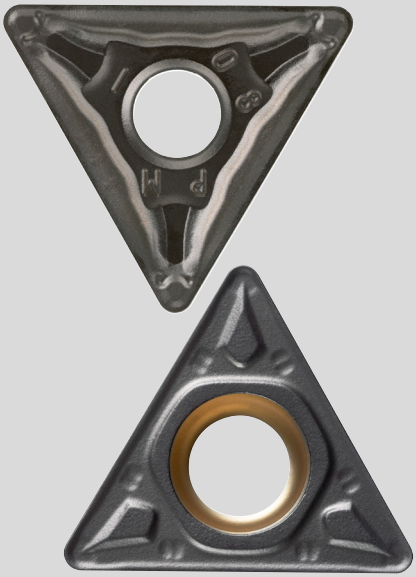
- Rivestimento più sottile
- Taglienti più affilati
- Maggiore tenacità

- Rivestimento più spesso
- Maggiore resistenza all'usura
- Resistenza termica

Ispezione, marcatura e imballaggio

Prima di essere confezionato, ogni inserto viene nuovamente ispezionato facendo riferimento agli schemi di progetto e all'ordine del lotto. Dopo essere stati incisi al laser con la qualità corrispondente, gli inserti vengono sistemati in una scatola grigia insieme a un'etichetta stampata. A questo punto, sono pronti per essere distribuiti ai clienti.





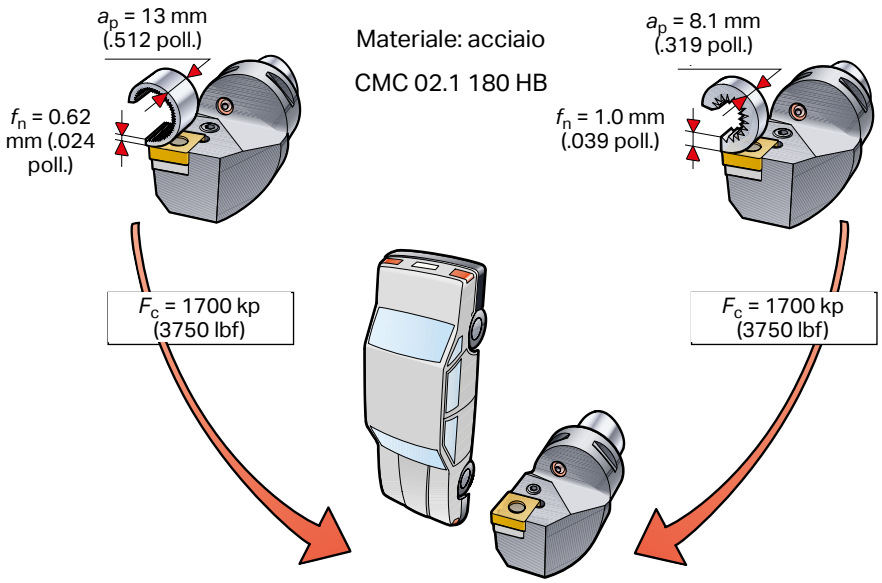
Il tagliente

Nel processo di taglio dei metalli, la configurazione del tagliente e la geometria dell'inserto sono di vitale importanza per il processo di formazione truciolo, la durata utensile e la velocità di avanzamento.

L'elevata forza di taglio nel tagliente

Il metallo duro ha un'elevata resistenza alla compressione e può lavorare ad alte temperature senza deformazione plastica. Inoltre, sempre che l'inserto sia saldamente supportato, è in grado di resistere a forze di taglio elevate (F_c) senza rompersi.

Per capire il difficile ambiente del tagliente, di seguito sono riportate due diverse configurazioni dei dati di taglio di un'unità di taglio. La forza di taglio applicata al tagliente (F_c) è quasi la stessa.



In questi due casi, la forza di taglio è equivalente al peso di una vettura.

Calcolo di F_c - Materiale: MC P2 (acciaio debolmente legato) 180 HB
Forze di taglio specifiche k_{c1} = 2100 N/mm² (304,563 lb/poll.²)

$F_c = k_{c1} \times a_p \times f_n$
F_c = 2100 N/mm² x 13 mm x 0.62 mm = 16926 Newton (N) = 1700 kp
F_c = 304,563 lb/poll.² x 0.512" x 0.024" = 3742 libbre forza (lbf) = 1700 kp

1 lbf = 0.4535 chilogrammi forza (kg),
1 N = 0.101 kg
kp = kilopond o chilogrammo forza

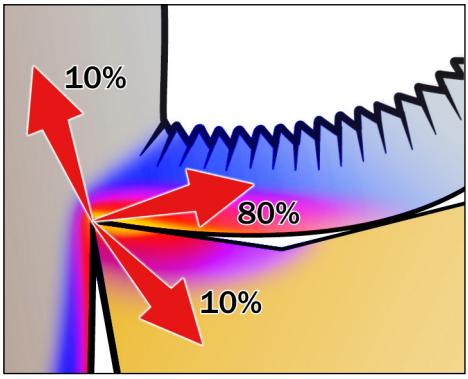
La lavorazione inizia "nel" tagliente

Sequenze di rottura truciolo tipiche registrate con tecniche di ripresa ad alta velocità.

Temperature nella zona di taglio

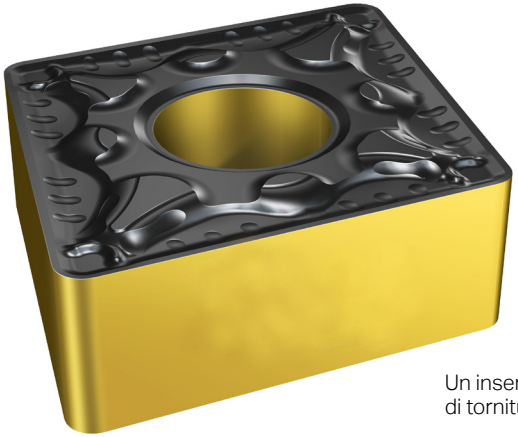
Il massimo calore generato durante il taglio è sulla parte superiore dell'inserto, 1000 °Celsius (1832 °Fahrenheit),nel rompitrucioli e vicino al tagliente.

Questo è il punto di massima pressione del materiale e l'attrito tra truciolo e metallo duro genera queste alte temperature.



- Angolo di spoglia superiore, geometria e avanzamento svolgono un ruolo importante nel processo di formazione dei trucioli.
- L'eliminazione del calore dalla zona di taglio attraverso i trucioli (80%) è fondamentale.
- Il resto del calore, generalmente, viene equamente distribuito tra il pezzo e l'utensile.

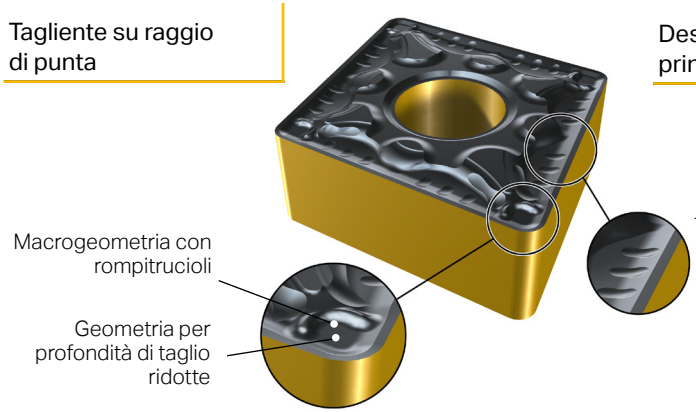
Progettazione di un inserto moderno



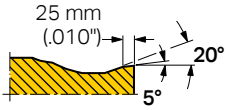
Un inserto per tornitura dell'acciaio per operazioni di tornitura media.

Terminologia e caratteristiche della geometria

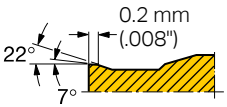
Tagliente su raggio di punta



Design del tagliente principale

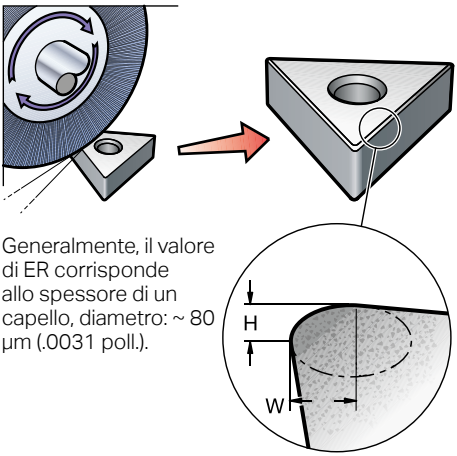


- Rinforzo del tagliente 0.25 mm (.010")
- Angolo di spoglia superiore 20°
- Fascetta principale 5°



Come viene rinforzato il tagliente

Il trattamento ER conferisce al tagliente la microgeometria finale

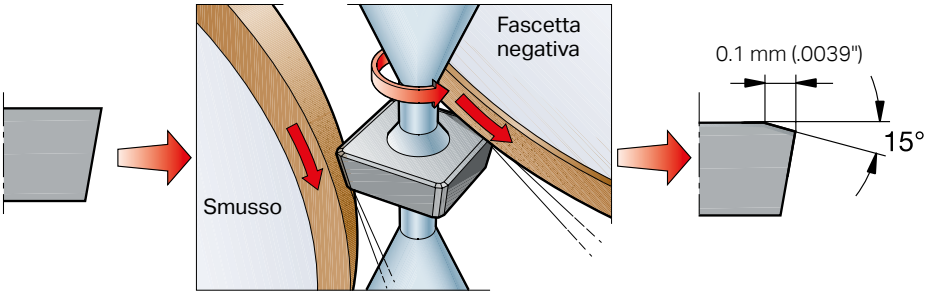


Generalmente, il valore di ER corrisponde allo spessore di un capello, diametro: ~ 80 µm (.0031 poll.).

- Il trattamento ER (Edge Roundness - rotondità del tagliente) viene eseguito prima del rivestimento e conferisce al tagliente la forma finale (microgeometria).
- La relazione W/H dipende dall'applicazione.

Una fascetta negativa aumenta la robustezza del tagliente

In alcuni casi, gli inserti hanno una fascetta negativa e spigoli d'inserto rinforzati che li proteggono e li rendono più robusti nelle operazioni a taglio interrotto.

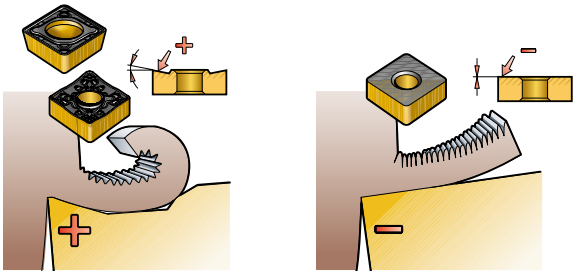


- Una fascetta negativa aumenta la robustezza del tagliente ma crea anche elevate forze di taglio.

Angolo di spoglia superiore dell'inserto

L'angolo di spoglia superiore può essere negativo o positivo.

Di conseguenza, ci sono inserti negativi e positivi, in cui gli angoli di spoglia inferiore sono equivalenti a zero o a diversi gradi in più. Ciò determina il modo in cui l'inserto può essere inclinato nel portautensili, generando un'azione di taglio negativa o positiva.



- L'angolo di spoglia superiore è l'angolo tra la superficie superiore dell'inserto e l'asse orizzontale del pezzo.

Azione di taglio positiva o negativa

Per la tornitura, il tagliente deve essere resistente e deve poter essere utilizzato a lungo e spesso in tagli continui ad alta temperatura. Questa condizione richiede un tagliente che, tra le altre cose, assicuri un buon controllo truciolo e buona resistenza ai vari tipi di usura e alla deformazione plastica.

Per la fresatura, l'azione di taglio è sempre interrotta e il tagliente deve avere una buona macrotenacità contro la rottura. Considerate le grandi variazioni della temperatura del tagliente dovuta ai tagli interrotti, anche la resistenza alle cricche termiche è molto importante.

Per la foratura, il tagliente deve essere abbastanza robusto da sopportare velocità di taglio molto basse o addirittura nulle, al centro della punta.

Nella maggior parte delle applicazioni di foratura è previsto l'uso di refrigerante, soprattutto per ragioni di evacuazione truciolo, che sottopone il tagliente a ulteriori sollecitazioni di variazione della temperatura. Per trasportare i trucioli dalle scanalature strette di evacuazione truciolo e dall'interno del foro, è importante un buon controllo dei trucioli corti.

Prestazioni di picco nella lavorazione

Inserti specifici per differenti applicazioni

Tra le applicazioni di tornitura, fresatura e foratura, ci sono importanti differenze in quanto ai requisiti di geometria e qualità degli inserti.

P

M

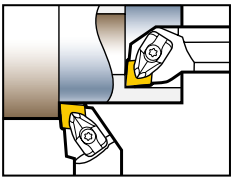
K

N

S

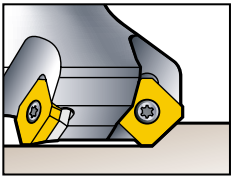
H

Tornitura



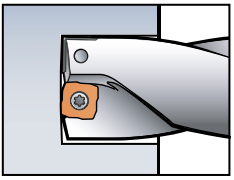
- Il tagliente deve essere resistente e deve poter essere utilizzato a lungo e spesso in tagli continui ad alta temperatura.
- Buona capacità di controllo truciolo.
- Buona resistenza contro i vari tipi di usura e la deformazione plastica.

Fresatura



- L'azione di taglio è sempre intermittente e il tagliente deve avere una buona macrotenacità contro la rottura.
- Le variazioni di temperatura del tagliente dovute ai tagli interrotti fanno della resistenza alle cricche termiche un fattore di vitale importanza.

Foratura

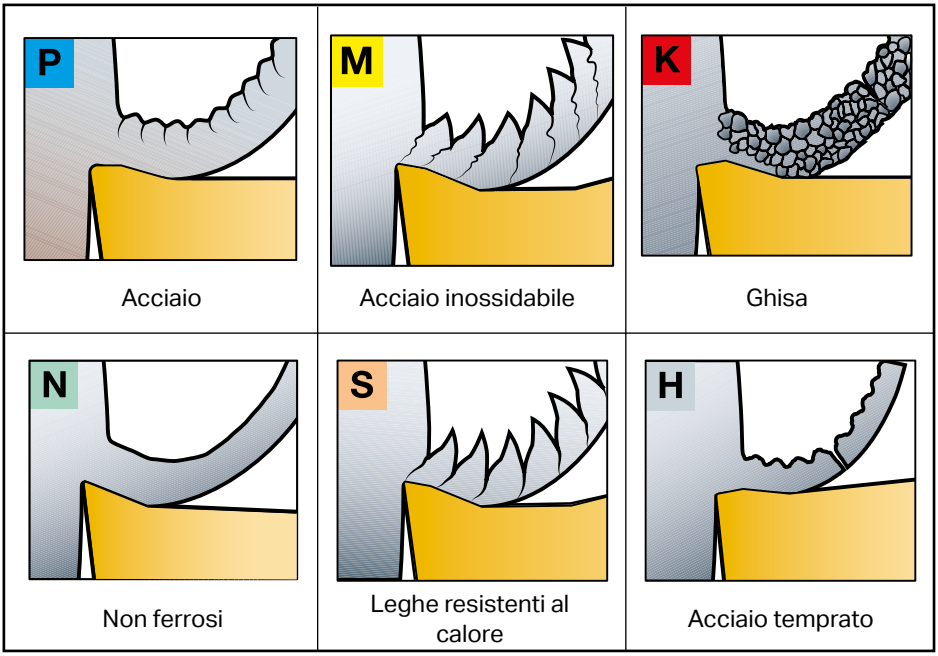


- Il tagliente deve essere abbastanza robusto da sopportare, al centro della punta, velocità di taglio molto basse o addirittura nulle.
- Il refrigerante, utilizzato soprattutto per ragioni di evacuazione truciolo, sottopone il tagliente a ulteriori sollecitazioni di variazione della temperatura.
- Per trasportare i trucioli dalle scanalature strette di evacuazione truciolo e dall'interno del foro, è importante un buon controllo truciolo.

Sei gruppi principali di materiali da lavorare

Differenti caratteristiche per la rimozione dei trucioli

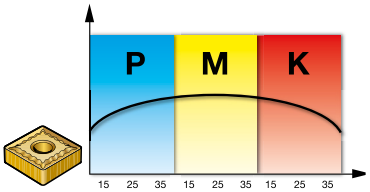
A seconda del materiale, una buona formazione dei trucioli si traduce generalmente in forze di taglio elevate e generazione di calore. Questo può comportare la riduzione delle velocità di taglio e le conseguenti sollecitazioni per adesione. D'altra parte, i materiali come gli acciai non ferrosi e non legati o la ghisa a bassa resistenza portano alla generazione di forze di taglio inferiori.



Da inserti di tornitura universali ad ottimizzati

Inserti generali

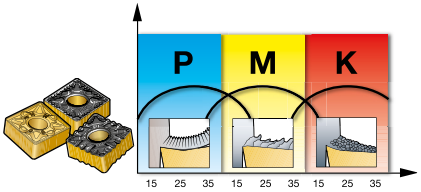
- Geometria generale
- Ottimizzazione mediante le qualità
- Prestazioni compromesse



Campo di applicazione

Inserti specifici

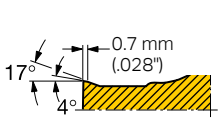
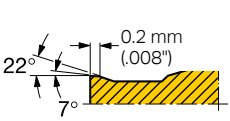
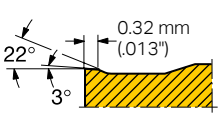
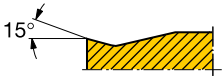
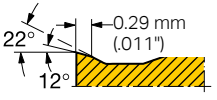
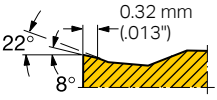
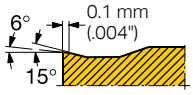
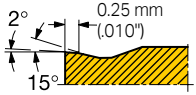
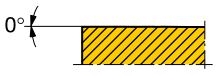
- Geometrie e qualità specifiche
- Prestazioni ottimizzate in base alla lavorabilità del materiale



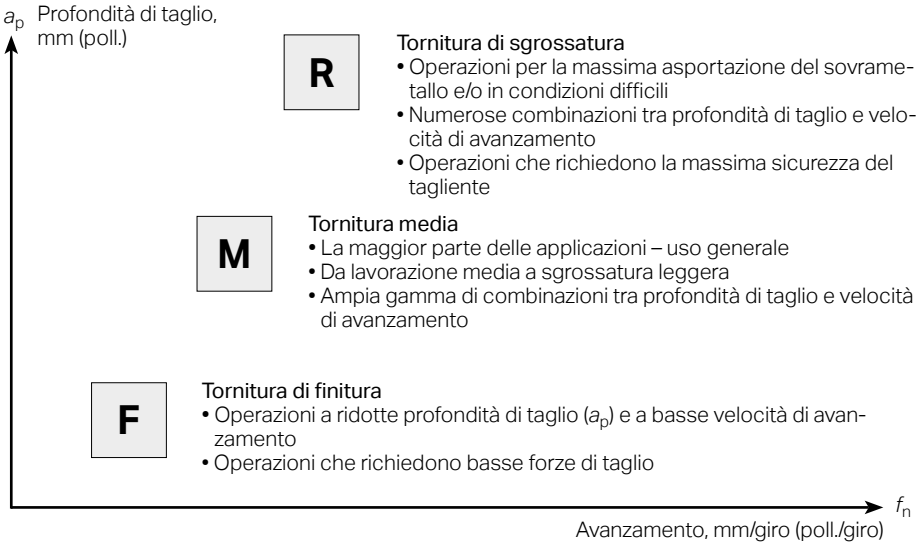
Campo di applicazione

Inserti specifici per i campi ISO P, M, K ed S

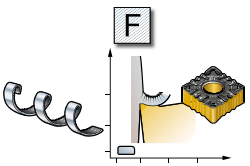
Le differenti microgeometrie e macrogeometrie sono adattate ai vari requisiti delle applicazioni e dei materiali.

Materiale da lavorare	Finitura	Lav. media	Sgrossatura
P			
M			
K			
S			

Tipo di applicazione - Tornitura

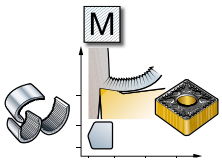


Selezione della geometria degli inserti per la tornitura



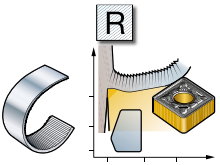
Finitura (F)

- Extrapositiva
- Lavorazione di finitura
- Basse forze di taglio
- Basse velocità di avanzamento.



Lavorazione media (M)

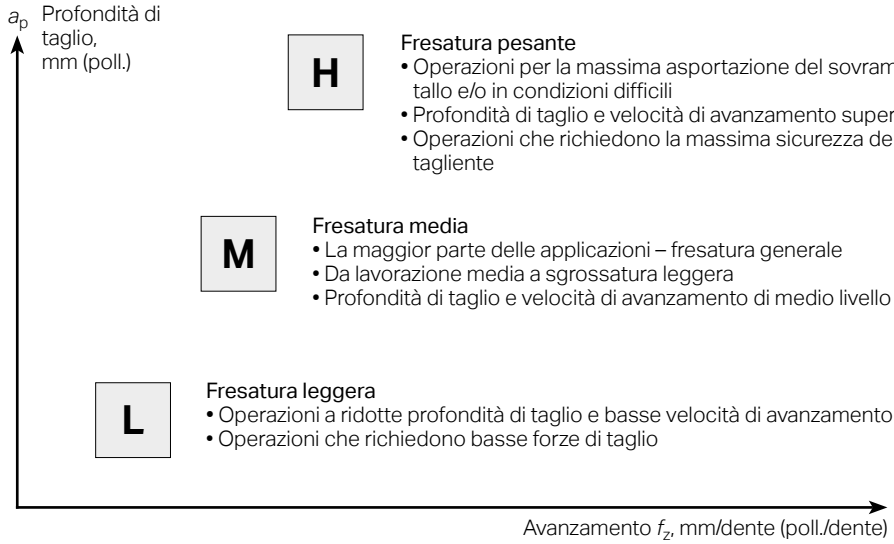
- Geometria per uso generale
- Velocità di avanzamento medie
- Da lavorazione media a sgrossatura leggera.



Sgrossatura (R)

- Tagliente rinforzato
- Sgrossatura
- Massima sicurezza del tagliente
- Avanzamenti elevati.

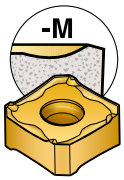
Tipo di applicazione - Fresatura



Selezione della geometria degli inserti per la fresatura

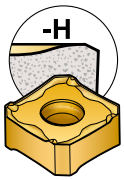
Leggera (-L)

- Extrapositiva
- Lavorazione leggera
- Basse forze di taglio
- Basse velocità di avanzamento.



Media (-M)

- Geometria per uso generale
- Velocità di avanzamento medie
- Da lavorazione media a sgrossatura leggera.



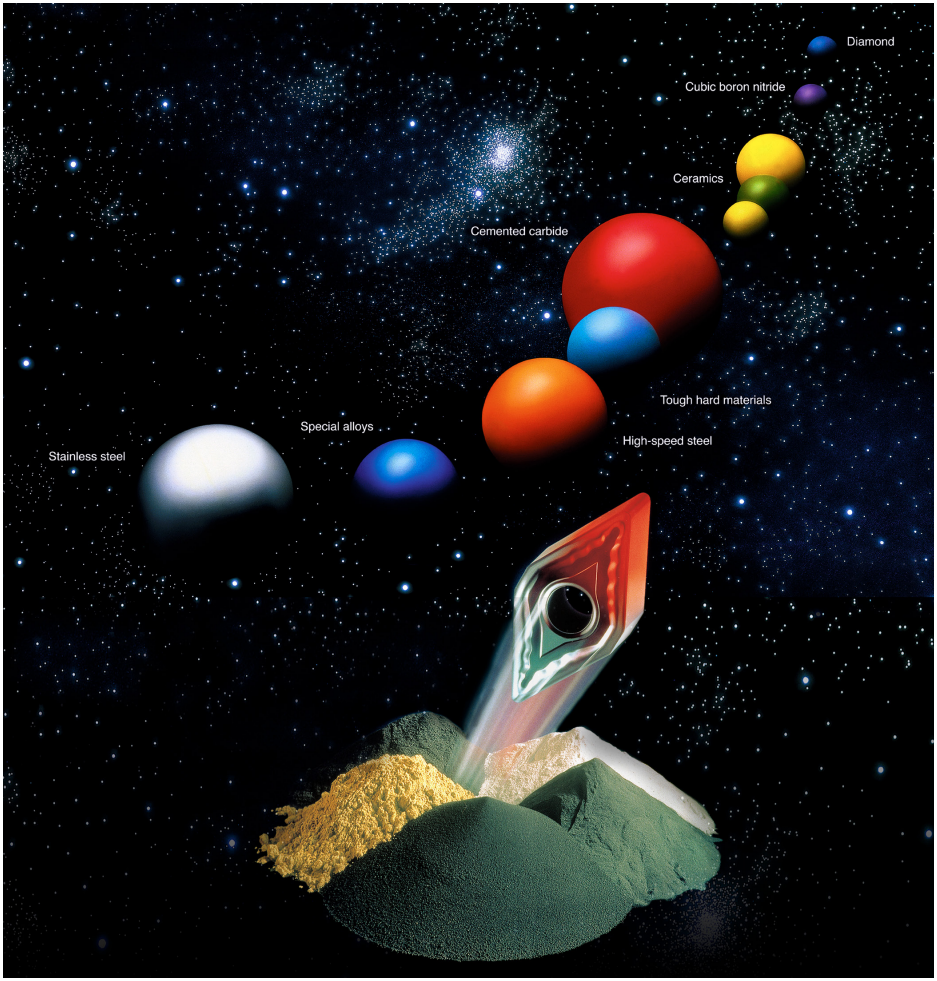
Pesante (-H)

- Tagliente rinforzato
- Lavorazione pesante
- Massima sicurezza del tagliente
- Avanzamenti elevati.

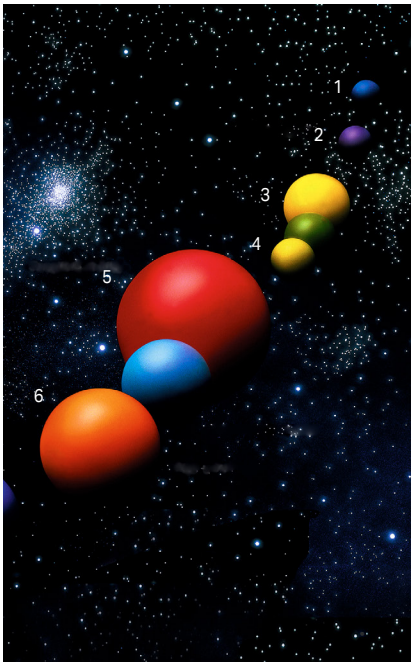
Materiali da taglio

La scelta dei materiali e delle qualità da taglio è una fase importante della pianificazione di una operazione ad asportazione di truciolo.

Per procedere alla corretta selezione per ogni applicazione, è quindi importante avere una conoscenza di base dei materiali per utensili da taglio e delle loro prestazioni. Si dovrebbe considerare il materiale del pezzo da lavorare, il tipo e la forma del componente, le condizioni di lavorazione e il livello di finitura superficiale desiderato per ogni operazione.



I diversi tipi di materiali per utensili da taglio



Durezza

Tenacità

CD
1. Diamante

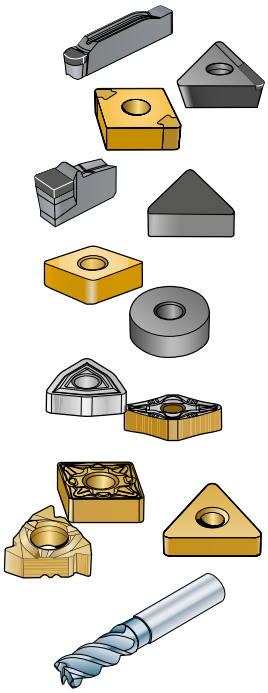
CB
2. Nitruro di boro cubico

CC
3. Ceramica

CT
4. Cermet

GC
5. Metallo duro rivestito

HSS
6. Acciaio super rapido



Il materiale da taglio ideale dovrebbe:

- essere abbastanza duro da resistere all'usura sul fianco e alla deformazione plastica
- essere abbastanza tenace da resistere alle macrorotture
- non interagire chimicamente con il materiale da lavorare
- essere chimicamente stabile per resistere all'ossidazione e alla diffusione
- avere buona resistenza agli shock termici improvvisi.

Gamma principale di materiali degli utensili da taglio

- Metallo duro non rivestito (HW)
- Metallo duro rivestito (HC)
- Cermet (HT, HC)
- Ceramica (CA, CN, CC)
- Nitruro di boro cubico (BN)
- Diamante policristallino (DP, HC)

- (HW) Metallo duro non rivestito contenente principalmente carburo di tungsteno (WC).
- (HT) Metallo duro non rivestito, chiamato anche Cermet, contenente principalmente carburi di titanio (TIC) o nitruri di titanio (TIN), oppure entrambi.
- (HC) Metalli duri come sopra ma rivestiti.
- (CA) Ceramiche con ossidi contenenti principalmente ossido di alluminio (Al_2O_3).
- (CM) Ceramiche miste contenenti principalmente ossido di alluminio (Al_2O_3) ma contenenti anche altri componenti diversi dagli ossidi.
- (CN) Ceramiche con nitruri contenenti principalmente nitruro di silicio (Si_3N_4).
- (CC) Ceramiche come sopra ma rivestite.
- (DP) Diamante policristallino [1]
- (BN) Nitruro di boro cubico [1]

[1]) Il diamante policristallino ed il nitruro di boro cubico sono chiamati anche materiali da taglio "superduri".

Metallo duro non rivestito

Caratteristiche, funzioni e vantaggi

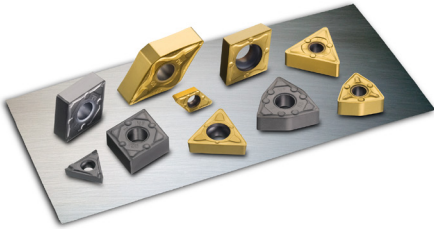
- Utilizzato in applicazioni medio-difficili su acciaio, HRSA, titanio, ghisa e metalli non ferrosi per operazioni di tornitura, fresatura e foratura.
- Buona combinazione di resistenza all'usura per abrasione e tenacità.
- Taglienti affilati.
- Buona sicurezza del tagliente ma limitata resistenza all'usura alle velocità più alte.
- Rappresenta una piccola parte dell'intero programma di qualità.

Metallo duro rivestito

Caratteristiche, funzioni e vantaggi

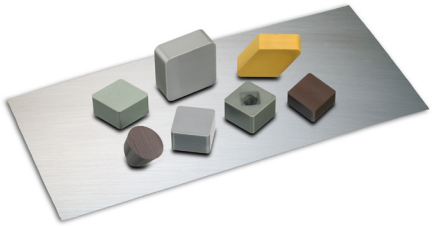
- Uso generale su ogni tipo di componente e materiale in applicazioni di tornitura, fresatura e foratura.
- Eccellente combinazione tra resistenza all'usura e tenacità per un'ampia serie di lavorazioni.
- Vasta scelta di qualità con substrati duri e tenaci, generalmente con Gradient Sintering, e vari rivestimenti CVD e PVD.
- Ottime caratteristiche di usura e lunga durata utensile.
- Domina il programma di inserti, con quota in aumento.

Cermet



- Utilizzato nelle applicazioni di finitura e semifinitura in cui sono necessarie tolleranze strette e buona finitura superficiale.
- Chimicamente stabile e con substrato duro e resistente all'usura.
- Costituito da metallo duro a base di titanio (TiC, TiCN) e da cobalto come legante.
- Il rivestimento PVD conferisce resistenza all'usura e migliora la durata utensile. Proprietà di "autoaffilatura". Tenacità limitata.
- Parte piuttosto piccola del programma di inserti totale.

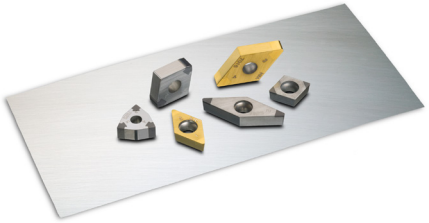
Ceramica



- A seconda del tipo di ceramica, le qualità vengono utilizzate principalmente su ghisa e acciaio, materiali temprati ed HRSA.
- Le qualità in ceramica sono generalmente resistenti all'usura e hanno una buona durezza a caldo. Il campo di applicazione, in termini di materiali e componenti, è ampio.
- Le ceramiche sono considerate fragili e hanno bisogno di condizioni stabili ma, con l'aggiunta di additivi e con la ceramica rinforzata con whisker, la tenacità può migliorare.
- Quota piuttosto bassa del consumo totale di inserti ma maggiore impiego nel settore aerospaziale e su acciai temprati e ghisa.

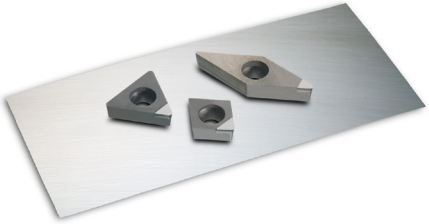
Nitruro di boro cubico

Caratteristiche, funzioni e vantaggi



- Per la tornitura di finitura di acciaio temprato. Sgrossatura di ghisa grigia a velocità di taglio elevate. Tornitura di sgrossatura di cilindri in ghisa bianca/in conchiglia.
- Applicazioni che richiedono estrema resistenza all'usura e tenacità.
- Il CBN è costituito da nitruro di boro con ceramica o nitruro di titanio come legante.
- Resistente ad alte temperature ad elevate velocità di taglio.
- Campo di applicazione speciale con piccolo volume di inserti. La tendenza è verso un maggior volume di materiali duri da tagliare.

Diamante policristallino



- Tornitura di materiali non ferrosi normali a bassa temperatura e di materiali non ferrosi ipereutettici molto abrasivi. Utilizzato su materiali non metallici e non ferrosi.
- Qualità estremamente resistenti all'usura. Sensibili alla scheggiatura.
- Angoli sinterizzati di diamante policristallino (punta PCD) sull'inserto o sottile rivestimento di diamante sul substrato.
- Lunga durata utensile e ottima resistenza all'usura. Non ha stabilità chimica a temperature elevate. Si dissolve facilmente nel ferro.
- Quota piuttosto bassa del programma di inserti, con applicazioni speciali limitate.

Lo sviluppo dei materiali da taglio

Per rendersi conto dello sviluppo che hanno avuto i materiali da taglio, basta pensare alla riduzione del tempo impiegato per lavorare un componente da 500 mm (19.685 poll.) di lunghezza e 100 mm (3.937 poll.) di diametro dal 1900 a oggi.

All'inizio del secolo scorso, il materiale dell'utensile da taglio era solo leggermente più duro del materiale che doveva tagliare. Di conseguenza, la durata utensile era scarsa e i valori di velocità di taglio e avanzamento dovevano essere molto bassi.

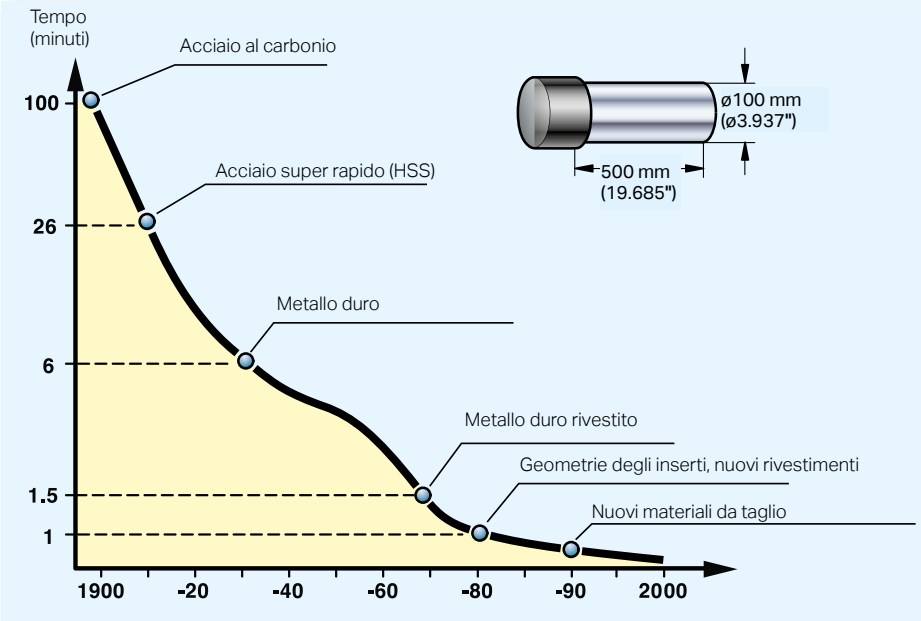
L'introduzione dell'HSS ha apportato notevoli miglioramenti e la conseguente riduzione del tempo di taglio.

20 anni più tardi, il metallo duro non rivestito ha ridotto ulteriormente il tempo di taglio, portandolo a 6 minuti.

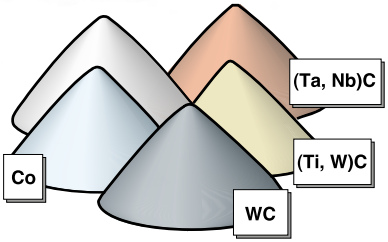
L'introduzione del metallo duro rivestito ha nuovamente abbassato il tempo di taglio, fino a 1.5 minuti.

Oggi, grazie a geometrie migliorate e nuove tecniche di rivestimento, il tempo di taglio di una barra d'acciaio da 500 mm (19.685 poll.) è di meno di 1 minuto.

Oltre al tradizionale metallo duro non rivestito e rivestito, anche i nuovi materiali da taglio - come Cermet, ceramica, nitruro di boro cubico e diamante - hanno contribuito a ottimizzare e migliorare la produttività.

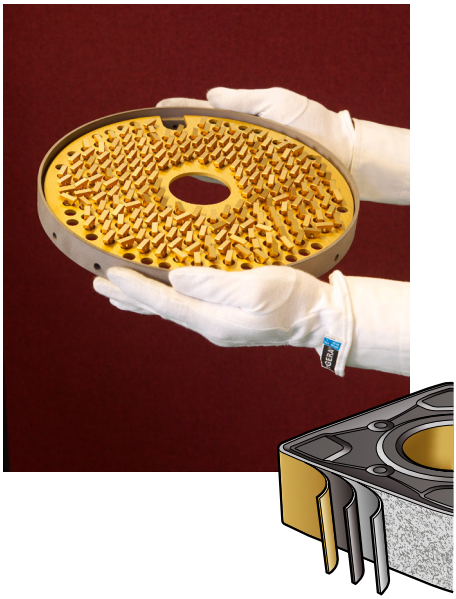


Che cos'è il metallo duro? E che cos'è una qualità?



- Il metallo duro è un materiale metallurgico in polvere costituito da:
  - particelle dure di carburo di tungsteno (WC)
  - un metallo legante, cobalto (Co)
  - particelle dure di carburi di titanio, tantalio, niobio (Ti, Ta, Nb).
- La qualità rappresenta la durezza o la tenacità dell'inserto ed è determinata dalla combinazione degli ingredienti che costituiscono il substrato.

Rivestimento del metallo duro



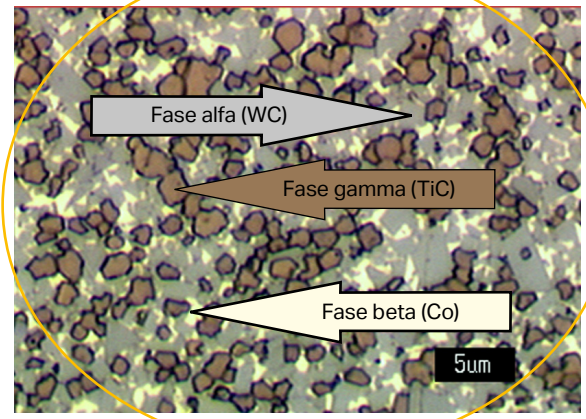
- Il rivestimento del metallo duro è stato sviluppato negli anni '60 del secolo scorso.
- È stato aggiunto un sottile strato di rivestimento in nitruro di titanio, di solo qualche micron di spessore. Questo ha migliorato, da un giorno all'altro, le prestazioni del metallo duro.
- I rivestimenti conferiscono una maggiore resistenza all'usura, con conseguente maggiore durata utensile e la possibilità di usare dati di taglio superiori.
- Oggi, le moderne qualità sono rivestite con differenti strati di metallo duro, nitruri e ossidi.

Microstruttura del metallo duro

Il metallo duro è costituito da particelle dure (carburi) in una matrice legante.

Il legante è quasi sempre il cobalto (Co) ma può essere anche il nichel (Ni). Le particelle dure sono costituite soprattutto da carburo di tungsteno (WC) con l'eventuale aggiunta della fase gamma (carburi e nitruri di Ti, Ta, Nb).

Avendo una migliore durezza a caldo ed essendo meno reattiva alle alte temperature, la fase gamma è spesso presente nelle qualità in cui la temperatura di taglio può essere alta. Il carburo di tungsteno ha una migliore resistenza all'usura per abrasione.



Diametro di un capello
= 50-70 µm (.0020-.0028")

Elementi:

Fase alfa -
WC (carburo di tungsteno)

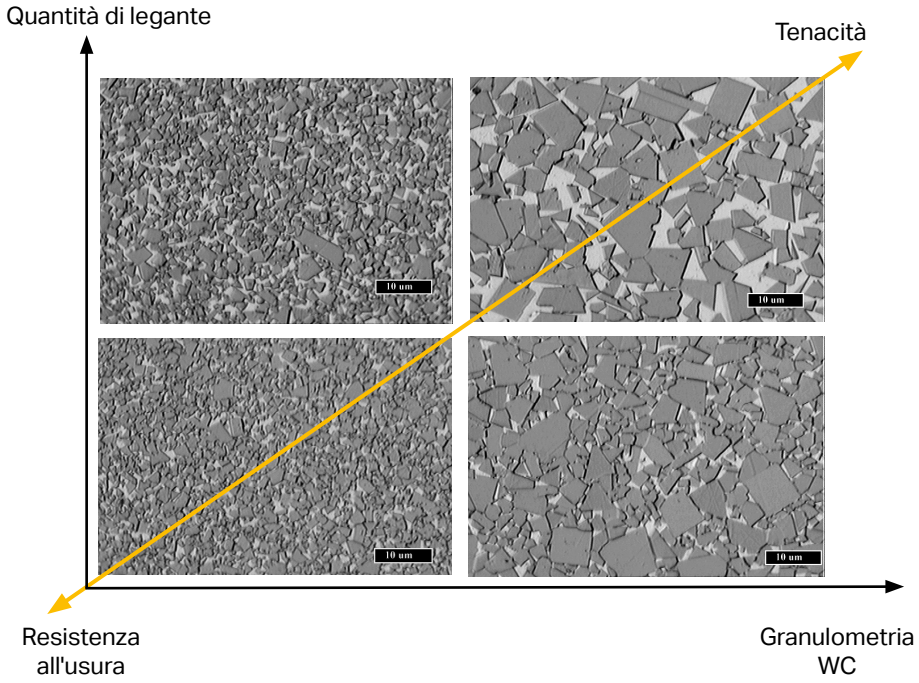
Fase gamma -
(Ti,Ta,Nb)C
(carburi di titanio, tantalio, niobio)

Fase beta -
Co (cobalto)

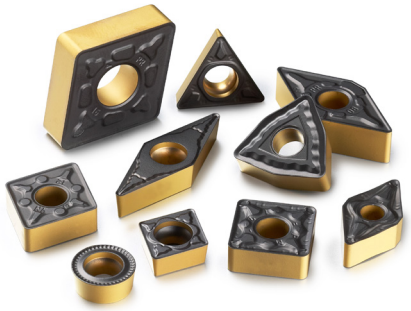
Caratteristiche fondamentali

Oltre alla granulometria del carburo di tungsteno (WC), anche la quantità di fase legante (cobalto) è un elemento importante nel determinare le caratteristiche del metallo duro. Il tenore di Co nelle qualità Sandvik Coromant è generalmente il 4–15% del peso totale.

Un aumento del tenore di Co e della granulometria del WC contribuisce ad aumentare la macrotenacità ma riduce la durezza. Di conseguenza, il substrato ha una minore resistenza alla deformazione plastica e ciò riduce sia la resistenza all'usura che la durata utensile.

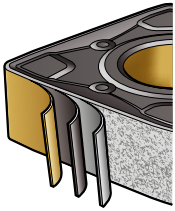


Struttura del rivestimento



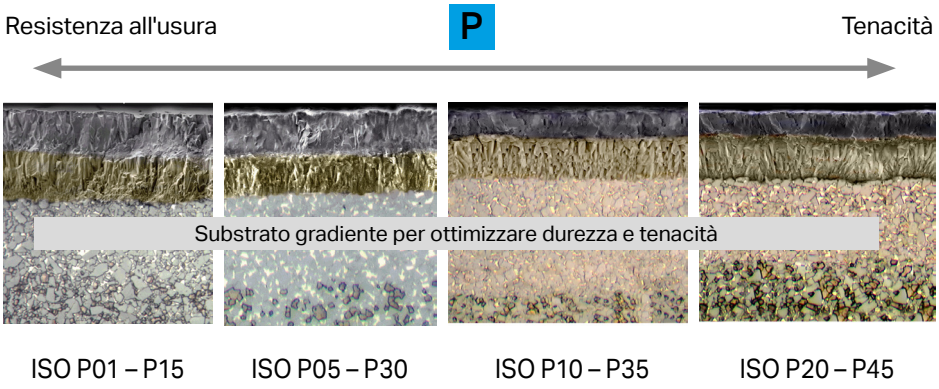
Sono diversi i fattori che incidono sul comportamento dell'inserto:

- Processo di rivestimento
- Materiale di rivestimento
- Spessore del rivestimento
- Post-trattamento
- Morfologia della superficie.



Esempi di moderne qualità per la tornitura di acciaio

Struttura e "sovrapposizione" degli strati di rivestimento

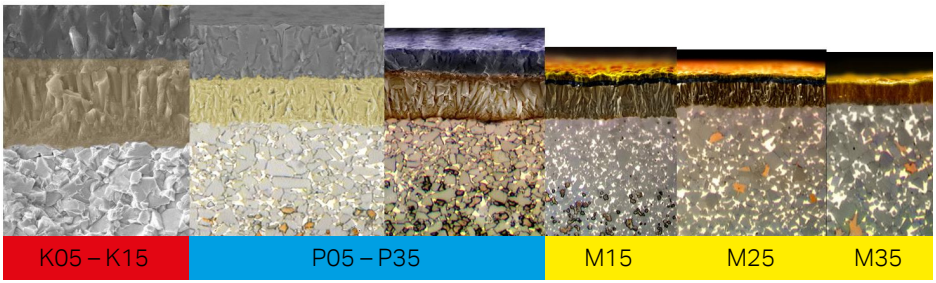


Rivestimenti più spessi conferiscono più resistenza all'usura.

Substrati più duri conferiscono più resistenza alla deformazione plastica.

Struttura della qualità

Rivestimenti e substrati variano in base al tipo di applicazione

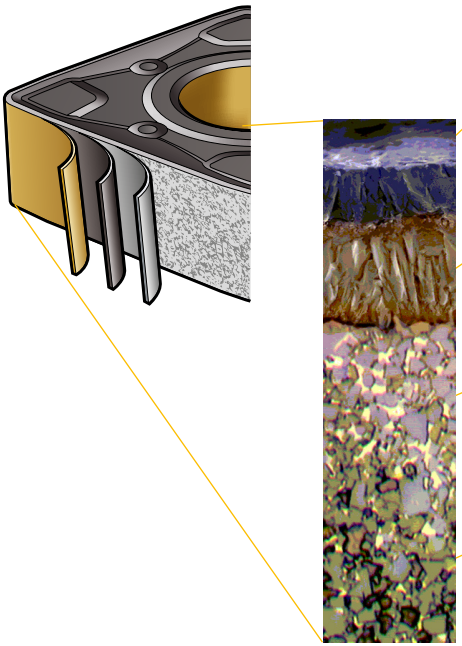


Rivestimenti più spessi conferiscono più resistenza all'usura.

Substrati più duri conferiscono più resistenza alla deformazione plastica.

Il rivestimento di una moderna qualità di tornitura

La qualità incide molto sulle prestazioni



Al_2O_3
– Rivestimento per conferire resistenza all'usura chimica e termica

TiCN
– Rivestimento MTCVD per la resistenza all'usura meccanica

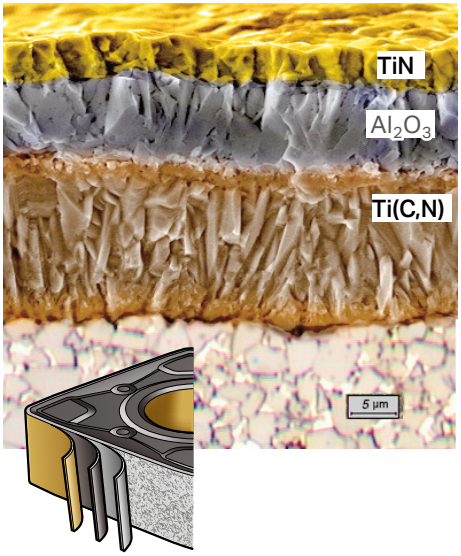
Gradiente funzionale
– Per ottimizzare durezza e tenacità

Metallo duro
– Resistenza alla deformazione plastica

Proprietà dei diversi materiali di rivestimento

Rivestimento CVD degli inserti

Deposizione Chimica mediante Vapore

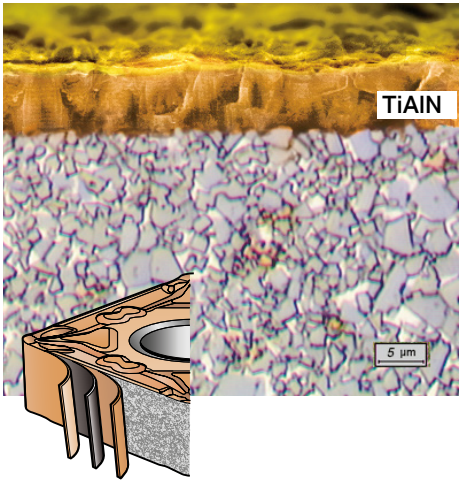


- I più comuni strati di CVD oggi sono TiN, Ti(C,N) e Al_2O_3.
- TiCN conferisce resistenza all'usura sul fianco.
- Al_2O_3 fornisce protezione termica (resistenza alla deformazione plastica).
- TiN facilita il rilevamento dell'usura.

TiN = nitruro di titanio
Ti(C,N) = carbonitruro di titanio
Al_2O_3 = ossido non ferroso

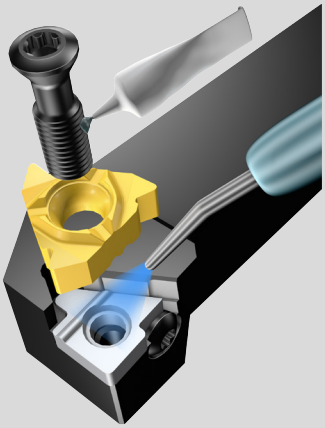
Rivestimento PVD degli inserti

Deposizione Fisica mediante Vapore



- I rivestimenti PVD sono generalmente più tenaci rispetto ai CVD.
- I rivestimenti PVD vengono spesso utilizzati in combinazione con substrati a grana fine per rivestire taglienti affilati.
- Lo spessore totale degli strati PVD è spesso compreso tra 3 e 6 µm (0.0001 – 0.0002 poll.).
- Il rivestimento è applicato a circa 500 °C (932 °F).

TiAlN = nitruri di titanio e alluminio



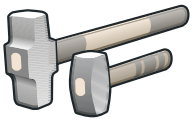
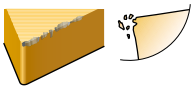
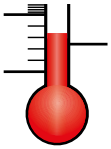
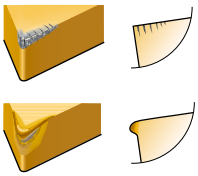
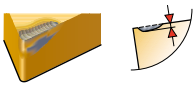
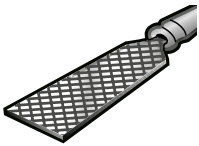
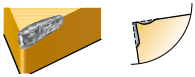
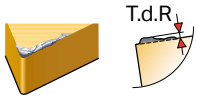
Manutenzione e usura degli utensili

• Usura degli utensili H 53

• Manutenzione H 61

Il difficile ambiente dell'asportazione truciolo

Differenti meccanismi di usura degli inserti

Tipo di carico	Simbolo	Immagine dell'usura	Causa
Meccanico			La sollecitazione meccanica sul tagliente provoca la rottura.
Termico			Le variazioni di temperatura provocano cricche e il calore genera deformazione plastica (PD) sul tagliente.
Chimico			La reazione chimica tra il metallo duro e il materiale da lavorare provoca usura.
Abrasivo			Nella ghisa, le inclusioni di SiC possono usurare il tagliente.
Adesivo			Con i materiali tendenti all'incollamento, si formano strati/taglienti di riporto.

T.d.R = tagliente di riporto

PD = deformazione plastica

Immagini di usura, causa e rimedio

Alcuni dei più comuni modelli di usura

Usura sul fianco (fenomeno abrasivo)

Si tratta di uno dei tipi di usura più comuni e interessa il fianco dell'inserto (utensile). Tra i modelli di usura è il meno problematico.

Causa
Durante il taglio, il fianco dell'utensile perde materiale a causa dell'attrito contro la superficie del pezzo. Generalmente, l'usura inizia in corrispondenza del filo tagliente e si propaga verso il basso.

Rimedio
Riducendo la velocità e incrementando l'avanzamento è possibile aumentare la durata utensile senza incidere sulla produttività.

Craterizzazione (fenomeno chimico)

Causa
La craterizzazione si verifica per effetto del contatto dei trucioli con il petto dell'inserto (utensile).

Rimedio
Riducendo la velocità taglio e scegliendo un inserto (utensile) con la giusta geometria e un rivestimento più resistente all'usura è possibile aumentare la durata utensile.

Deformazione plastica (fenomeno termico)

La deformazione plastica è una modifica permanente della forma del tagliente che può manifestarsi come deformazione verso l'interno (impressione) o verso il basso (depressione).

Depressione del tagliente

Impressione del tagliente

Causa
Il tagliente è sottoposto a temperature e forze di taglio elevate, superiori a quelle che il materiale dell'utensile può sopportare.

Rimedio
La deformazione plastica può essere evitata usando qualità con maggiore durezza a caldo. I rivestimenti migliorano la resistenza alla deformazione plastica dell'inserto (utensile).

Sfaldamento

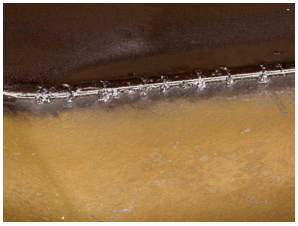
Generalmente, lo sfaldamento si verifica quando si lavorano materiali con tendenza all'incollamento.

Causa
Il carico adesivo che può svilupparsi sottopone il tagliente a sforzi di trazione. Ciò può comportare il distacco del rivestimento e l'esposizione degli strati inferiori o del substrato.

Rimedio
L'aumento della velocità di taglio e la scelta di un inserto con un rivestimento più sottile riducono lo sfaldamento sull'utensile.

Cricche (fenomeno termico)

Le cricche sono strette aperture in cui, a causa della rottura, si sono formate nuove superfici. Alcune cricche interessano solo il rivestimento mentre altre arrivano fino al substrato. Le cricche a pettine sono quasi perpendicolari al filo tagliente e spesso si tratta di cricche termiche.

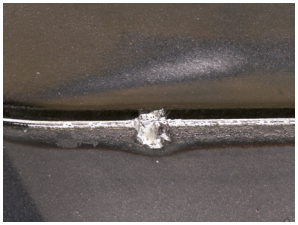


Causa
Le cricche a pettine si formano per effetto di rapide variazioni di temperatura.

Rimedio
È possibile prevenire il problema utilizzando una qualità di inserto più tenace e applicando il refrigerante in grandi quantità o non utilizzandolo affatto.

Scheggiatura (fenomeno meccanico)

La scheggiatura è un danno di lieve entità del filo tagliente. A differenza di un inserto fratturato, un inserto scheggiato può comunque essere utilizzato.

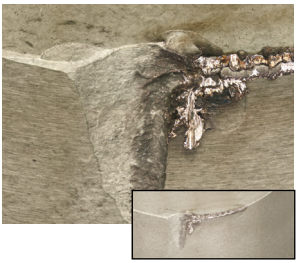


Causa
Sono molte le combinazioni di meccanismi di usura che possono provocare la scheggiatura del tagliente. La più comune, tuttavia, è quella costituita da usura termomeccanica e adesiva.

Rimedio
A seconda dei meccanismi di usura che la provocano, è possibile adottare diverse misure preventive per minimizzare la scheggiatura.

Usura ad intaglio

L'usura ad intaglio è caratterizzata da un grave danneggiamento localizzato alla massima profondità di taglio ma può verificarsi anche sul tagliente secondario.



Causa
Occorre distinguere i casi in cui domina l'usura chimica, che procede in modo più regolare (come nella foto) da quelli di usura adesiva o termica la cui propagazione è più irregolare. In quest'ultimo caso, incrudimento e formazione di bave sono fattori importanti per l'usura ad intaglio.

Rimedio
Per i materiali tendenti all'incrudimento, selezionare un angolo di registrazione più piccolo e/o variare la profondità di taglio.

Rottura

La rottura è costituita dal distacco di una parte importante del tagliente, per cui l'inserto non può essere più utilizzato.

Causa
Il tagliente è stato esposto a un carico superiore a quello che può sopportare. Ciò può essere dovuto al fatto di aver lasciato progredire eccessivamente l'usura e al conseguente aumento delle forze di taglio ma può essere anche il risultato di dati di taglio scorretti o di problemi di stabilità nel setup.

Rimedio
Identificare e prevenire il tipo di usura alla base, selezionando i dati di taglio corretti e verificando la stabilità del setup.

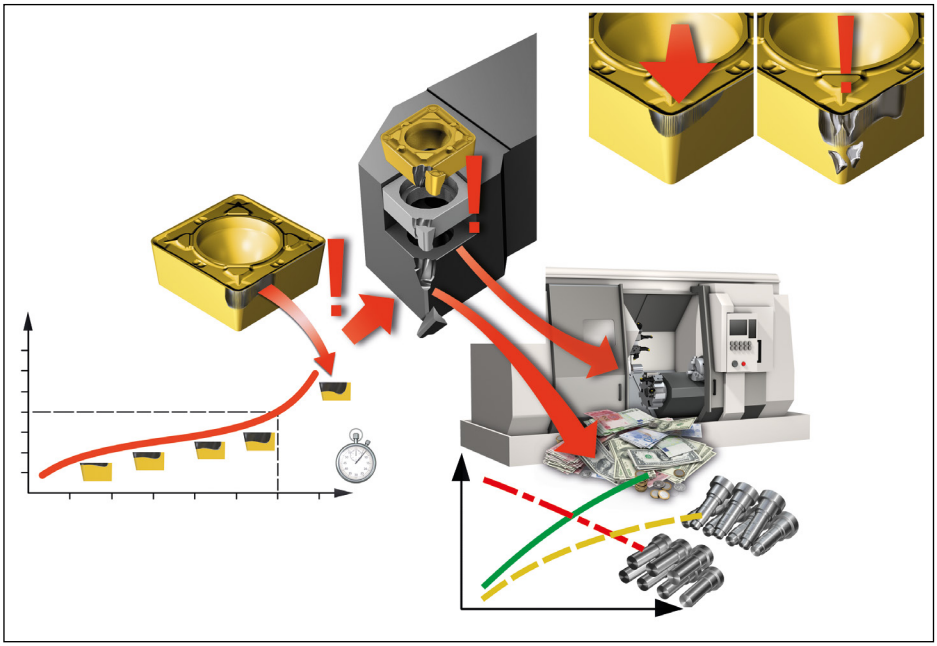
Tagliente di riporto (fenomeno adesivo)

Il tagliente di riporto (T.d.R) è un accumulo di materiale sul petto dell'inserto.

Causa
Il materiale di riporto può formarsi sulla parte superiore del tagliente e separare il tagliente dal materiale. Ciò può tradursi in un aumento delle forze di taglio e provocare il distacco e il trascinamento di parti del rivestimento o del substrato.

Rimedio
L'aumento della velocità di taglio può prevenire la formazione di T.d.R. Sui materiali più teneri e con maggiore tendenza all'incollamento, può essere utile ricorrere a un tagliente affilato.

Conseguenze di un'inadeguata manutenzione degli utensili

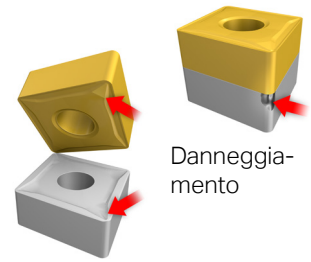


- Inserti danneggiati
- Supporti danneggiati
- Portautensili danneggiati
- Componenti danneggiati
- Macchina danneggiata

Risultato:

- Minore produzione
- Maggiori costi di produzione

Ispezione dell'utensile

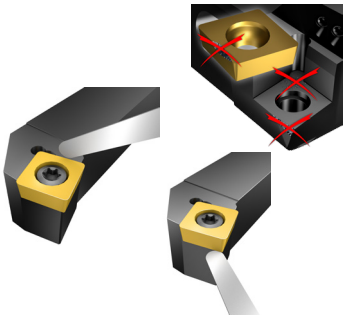


Danneggiamento

Impronta dell'inserto

Ispezionare visivamente supporti e sedi dei supporti

- Verificare che il supporto non sia danneggiato.
- Pulire la sede dell'inserto e la zona danneggiata corrispondente al tagliente.
- Se necessario, ruotare o sostituire il supporto.
- Verificare il corretto posizionamento dell'inserto rispetto ai punti di supporto.
- È importante verificare che gli angoli del supporto non siano stati danneggiati durante la lavorazione o la manipolazione.



Ispezionare le sedi

- Sedi danneggiate o deformazione plastica.
- Vani sede sovradimensionati a causa dell'usura. L'inserto non rimane correttamente in sede. Usare un supporto da 0.02 mm (.0008 poll.) per adattare lo spazio.
- Piccoli giochi negli angoli, tra il supporto e il fondo del vano.

Importanza dell'utilizzo della chiave corretta

Perché è importante utilizzare le chiavi corrette?

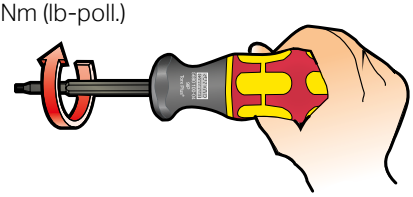
- Prolungano la durata di vite e chiave.
- Riducono il rischio di spanare la vite.

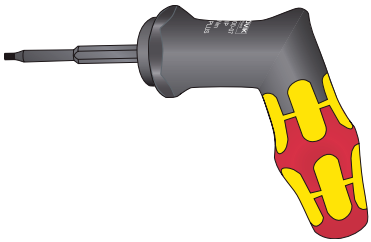
Qual è il modo migliore di serrare le viti degli inserti?

- Utilizzare la chiave corretta.
- Applicare sempre il corretto momento torcente. I valori sono indicati sull'utensile e riportati nel catalogo dei prodotti.
- Seguire le regole di buon senso!

Chiavi Torx Plus®

Torx Plus di Sandvik Coromant

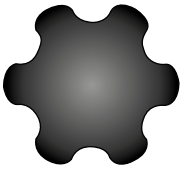




Confronto tra Torx Plus® e Torx

Sezione trasversale

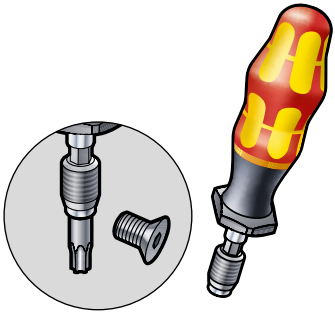
Torx Plus®



Torx

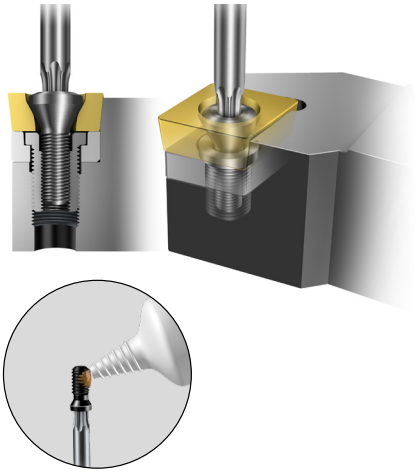
Torx Plus è un marchio registrato della Camcar Textron (USA)

Chiavi Torx Plus® con momento torcente regolabile



- Sugli utensili di troncatura e scanalatura, è necessario utilizzare una chiave torsiometrica regolabile, dato che il momento torcente non è legato alla misura della vite.
- Questa chiave dovrebbe essere utilizzata su tutti i prodotti con viti di bloccaggio.

Viti degli inserti / viti di bloccaggio

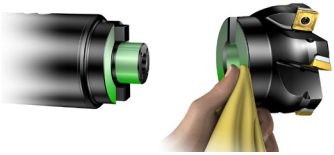


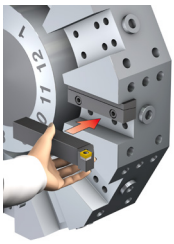
- I filetti, le teste delle viti e le bussole Torx dovrebbero essere in buone condizioni.
- Utilizzare le chiavi corrette.
- Verificare che il momento torcente di serraggio delle viti sia corretto.
- Lubrificare sufficientemente la vite per prevenirne il blocco. Il lubrificante dovrebbe essere applicato sia sulla filettatura sia sulla testa della vite.
- Sostituire le viti usurate o vecchie.

Importante!

Per le teste e i filetti delle viti, utilizzare un prodotto antigrippaggio

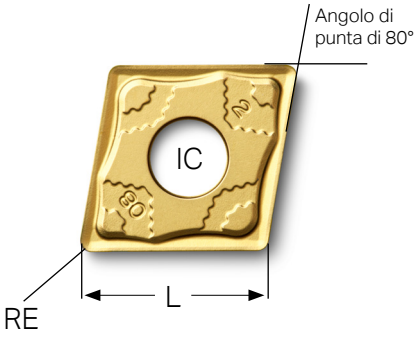
Manutenzione degli utensili





Superfici di contatto

- Controllare sempre gli attacchi e le superfici di contatto di portautensili, frese e punte, verificando che non siano danneggiati o sporchi.
- Nelle operazioni di barenatura, è particolarmente importante avere il miglior bloccaggio possibile. Se la barra non è supportata all'estremità dell'attacco, la sporgenza aumenta e vengono generate vibrazioni.

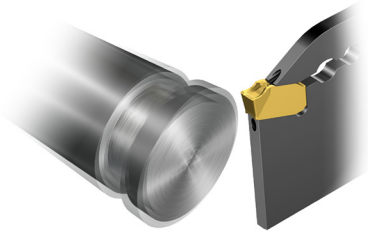


L = lunghezza tagliente (dimensioni inserto)

RE = raggio di punta

Sicurezza di produzione

- Per garantire un buon deflusso dei trucioli, è importante selezionare un inserto di misura, forma, geometria e raggio di punta adeguati.
  - Selezionare l'angolo di punta più grande possibile per ottimizzare resistenza ed economia.
  - Selezionare il raggio di punta più grande possibile per la robustezza dell'inserto.
  - Scegliere un raggio di punta più piccolo in caso di tendenza alle vibrazioni.



Stabilità

- Nel taglio dei metalli, la stabilità è un elemento fondamentale che incide sui costi di lavorazione e sulla produttività.
- Eliminare inutili giochi, sporgenze, punti deboli, ecc. e usare utensili di tipo e misura adeguati all'operazione da eseguire.

Manipolazione degli inserti

Gli inserti vengono forniti in confezioni suddivise in modo da prevenire il contatto tra gli inserti, dato che ciò potrebbe comportare la microfratturazione e/o la scheggiatura del metallo duro e la conseguente riduzione delle prestazioni e della durata degli inserti. È consigliabile che, fino a quando non vengono utilizzati, gli inserti rimangano nella loro confezione originale.

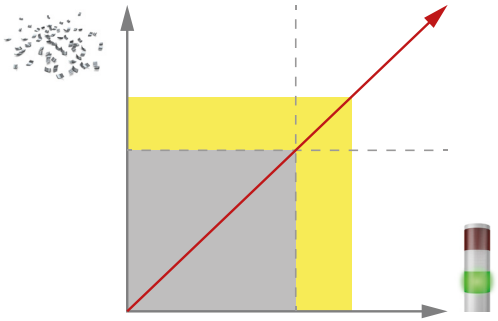
Riepilogo dei punti di manutenzione

- ☐ Controllare il livello di usura degli utensili e verificare che i supporti non siano danneggiati.
- ☐ Verificare che le sedi degli inserti siano pulite.
- ☐ Verificare il corretto posizionamento degli inserti.
- ☐ Utilizzare le chiavi e i cacciavite corretti.
- ☐ Serrare correttamente le viti degli inserti.
- ☐ Lubrificare le viti prima dell'assemblaggio degli utensili.
- ☐ Verificare che le superfici di contatto di utensili, portautensili e mandrini siano pulite e non presentino danni.
- ☐ Verificare che le barre di alesatura siano perfettamente bloccate e che l'estremità degli attacchi non sia danneggiata.
- ☐ Un inventario degli utensili ben organizzato e documentato contribuisce a risparmiare sui costi di produzione.
- ☐ La stabilità è sempre un fattore critico, in qualunque operazione di taglio del metallo.

Economia di lavorazione

Come migliorare l'economia di lavorazione H 64

Più lavorazione nello stesso tempo di produzione



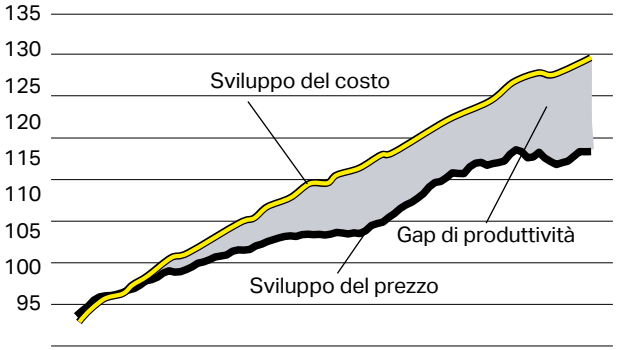
Definizione di produttività

Il valore del prodotto (output) diviso per il valore delle risorse necessarie (input).

= Output / Input

Colmare il gap di produttività

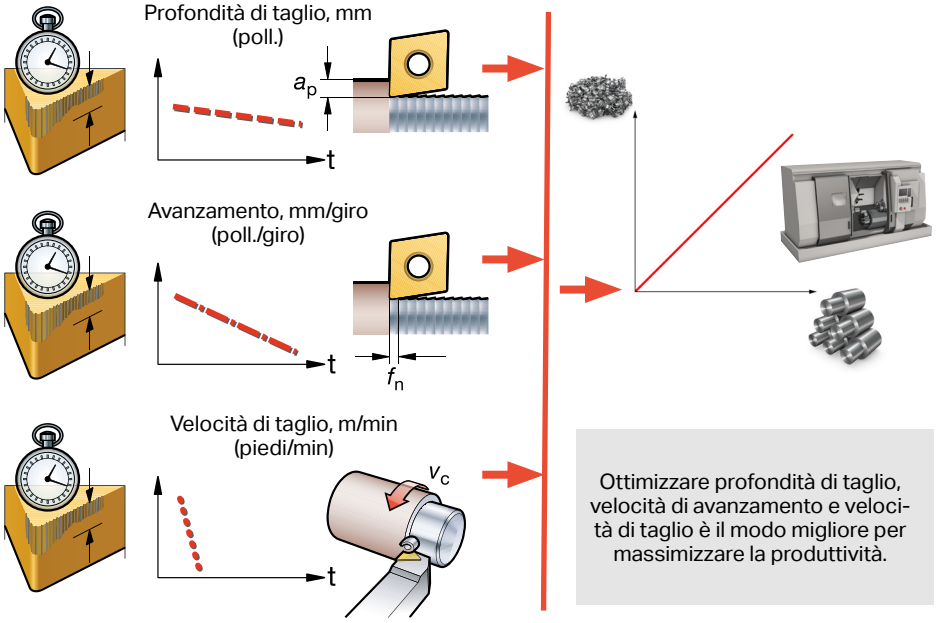
I costi di esecuzione di tutte le operazioni industriali (ad es. manodopera, materie prime, macchine) stanno aumentando più velocemente dei prezzi a cui vengono venduti i prodotti. Per colmare questo divario, è necessario ottimizzare costantemente l'efficienza e aumentare la produttività. Solo in questo modo è possibile essere competitivi e, in ultima analisi, rimanere nel mercato.



Fonte: Mechanical Industry in OECD.

Massimizzare la produttività

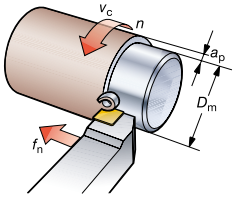
I tre principali parametri di lavorazione - velocità, avanzamento e profondità di taglio - hanno un effetto sulla durata utensile. La profondità di taglio è quella che ha l'effetto minore, seguita dalla velocità di avanzamento. La velocità di taglio, invece, ha di gran lunga l'effetto maggiore sulla durata dell'inserto.



Ottimizzare profondità di taglio, velocità di avanzamento e velocità di taglio è il modo migliore per massimizzare la produttività.

La produttività "Q" viene misurata considerando la quantità di materiale asportato in un determinato periodo di tempo, cm³/min (poll.³/min).

Tornitura



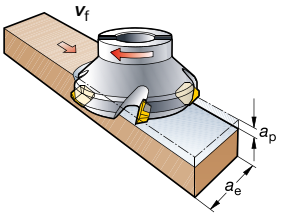
Sistema metrico

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Sistema in pollici

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Fresatura



Sistema metrico

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Sistema in pollici

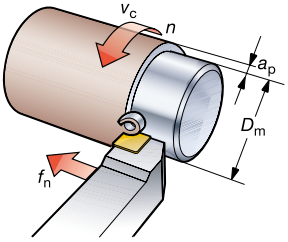
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Massimizzare la produttività – esempi

Volumi di truciolo asportato per una profondità di taglio fissa di 3.0 mm (0.118 poll.) con i seguenti parametri:

P Acciaio debolmente legato, MC P2

Durezza, HB 180



Inserto: CNMG 432-PM 4225 (CNMG 120408-PM 4225)

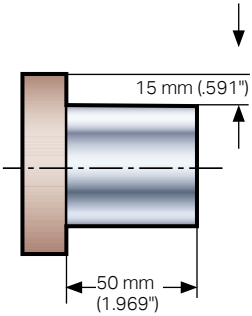
a_p, mm (poll.)	3.0 (.118)	3.0 (.118)	3.0 (.118)
f_n, mm/giro (poll./giro)	0.15 (.006)	0.3 (.012)	**0.5 (.020)**
v_c, m/min (piedi/min)	425 (1394)	345 (1132)	**275 (902)**
Q, cm³/min (poll.³/min)	191 (12)	310 (19)	412* (25)*

* La più bassa velocità di taglio + il più alto avanzamento = massima produttività

Utilizzo di un inserto trigonale tipo W rispetto a un inserto bilaterale o monolaterale tipo C

P Acciaio debolmente legato, MC P2

Durezza, HB 180



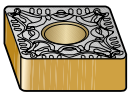
Forma trigonale

Inserto: bilaterale per lavorazione media.

N. di passate / profondità di taglio, a_p	3/4 mm (.118 /.157 poll.) 1/3 mm (.039/.118 poll.)
Tempo di lavorazione, T_c	22 secondi

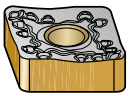
Forma rombica

Inserto: bilaterale per lavorazione media.



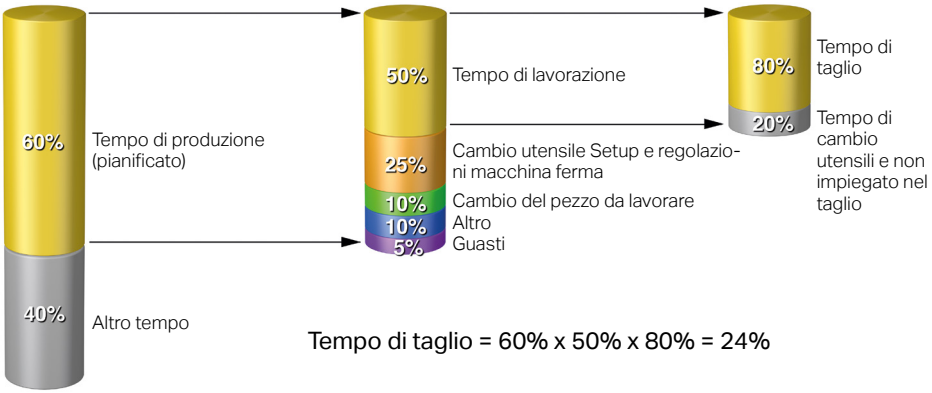
N. di passate / profondità di taglio, a_p	3/5 mm (.118/.197 poll.)
Tempo di lavorazione, T_c	16 secondi

Inserto: monolaterale per lavorazione pesante.



N. di passate / profondità di taglio, a_p	2/7.5 mm (.079/.295 poll.)
Tempo di lavorazione, T_c	8 secondi

Tempi a valore aggiunto



Tempo di taglio = 60% x 50% x 80% = 24%

Economia di lavorazione

- Costi variabili
  Costi incorsi solo durante la produzione:
  - utensili da taglio, materiali di consumo (3%)
  - materiali da lavorare (17%).

- Costi fissi
  Costi esistenti a prescindere dalla produzione:
  - macchina e portautensili (27%)
  - manodopera (31%)
  - edifici, amministrazione, ecc. (22%).

Utilizzo delle macchine utensili

Costo, durata utensile o produttività

Il costo dell'attrezzamento, un valore facilmente misurabile, è costantemente soggetto alla pressione del prezzo o dello sconto ma, anche quando viene ridotto del 30%, il prezzo incide sul costo del componente solo dell'1%.

Lo stesso avviene aumentando del 50% la durata utensile.

Al contrario, con un aumento di solo il 20% dei dati di taglio, è possibile ridurre sensibilmente il costo per componente, fino al 15%.

- **Riduzione del costo:**

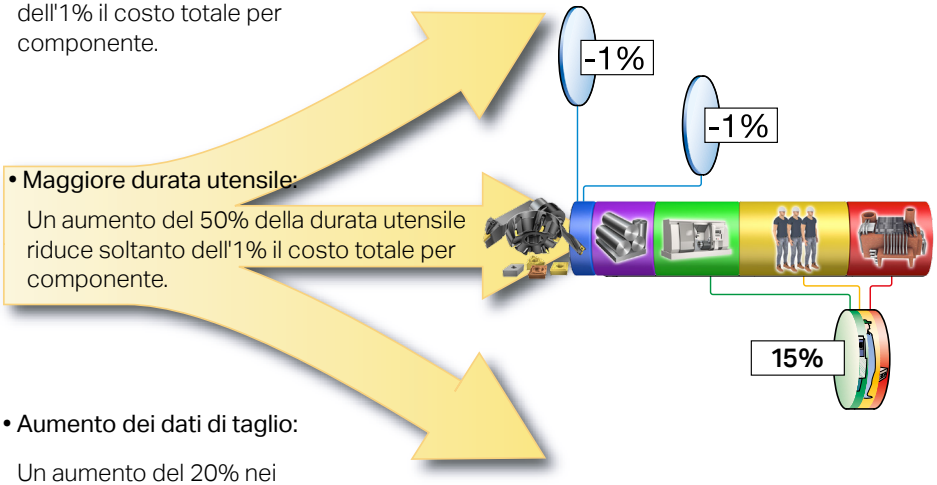
  Una riduzione del 30% del prezzo riduce soltanto dell'1% il costo totale per componente.

- **Maggiore durata utensile:**

  Un aumento del 50% della durata utensile riduce soltanto dell'1% il costo totale per componente.

- **Aumento dei dati di taglio:**

  Un aumento del 20% nei dati di taglio riduce di oltre il 15% il costo totale per componente.



Utilizzo delle macchine utensili

Costo, durata utensile o produttività

Esempio:
L'officina spende € 10.000 per realizzare 1000 pezzi.

Il costo della macchina è di €10,00 a pezzo.

Variabili	Oggi	Prezzo inferiore	Durata utensile	Aumento dati di taglio
– Attrezzamento	$ .30	$ .21	$ .20	$ .45
– Materiale	$ 1.70	$ 1.70	$ 1.70	$ 1.70
Fissi				
– Macchine	$ 2.70	$ 2.70	$ 2.70	$ 2.16
– Manodopera	$ 3.10	$ 3.10	$ 3.10	$ 2.48
– Edificio	$ 2.20	$ 2.20	$ 2.20	$ 1.76
Costo per pezzo	$ 10.00	$ 9.91	$ 9.90	$ 8.55
Risparmi		1%	1%	15%

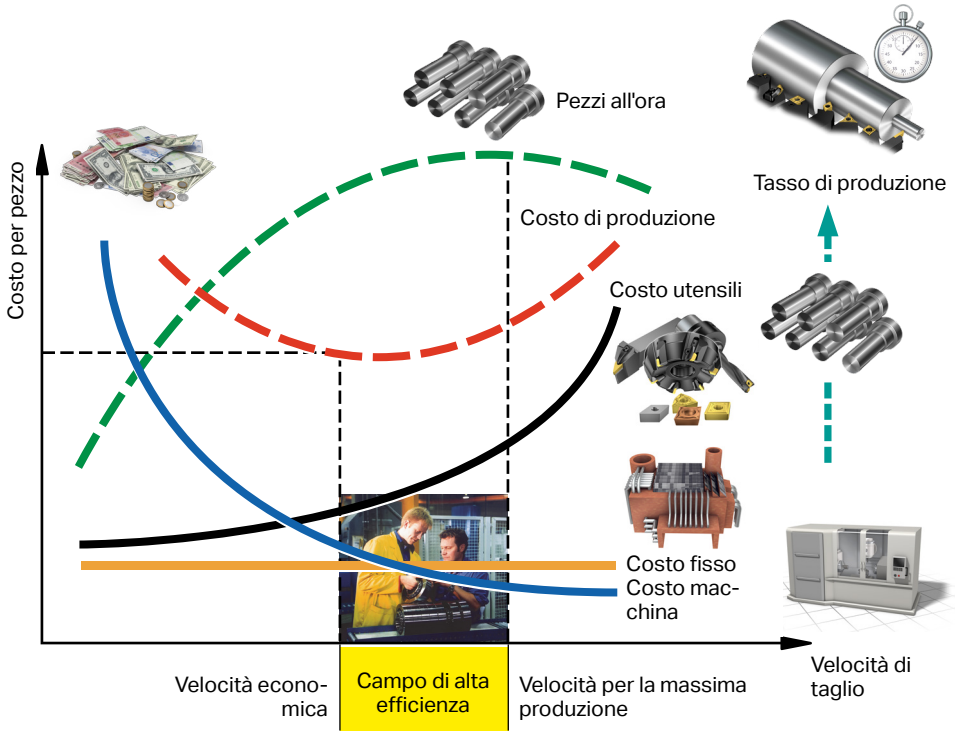
Economia di lavorazione

Dati di taglio e costo

- La velocità di taglio non incide sui costi fissi.
- Aumentando la velocità di taglio, aumenta il numero di pezzi prodotti all'ora, con la conseguente diminuzione del costo per pezzo.
- Ma aumentando la velocità di taglio, aumenta anche il numero degli utensili utilizzati, con il conseguente aumento del costo per pezzo.
  Sommando tutti i costi, è possibile ottenere la curva del **costo di produzione totale**.

1. Aumentando la velocità, il numero di **pezzi all'ora** aumenta fino a raggiungere un punto in cui il tempo di cambio degli utensili diventa sproporzionato e il tasso di produzione inizia a diminuire.
2. Il punto più basso della **curva del costo di produzione** corrisponde alla velocità di taglio economica.
3. Il punto più alto sulla **curva del costo di produzione** corrisponde alla massima velocità di taglio.

La velocità compresa tra questi due punti è il **campo di alta efficienza** in cui sarebbe opportuno rimanere.



Raccomandazioni sui dati di taglio

Compensazione della velocità di taglio per aumentare la durata utensile o il volume di truciolo asportato

Durata utensile

- Tutti i dati di taglio consigliati sono basati su una durata utensile di 15 min.
- Secondo la tabella che segue, 15 min di durata utensile equivalgono a un fattore di 1.0.
- Moltiplicare il fattore dei minuti desiderati per la velocità di taglio consigliata.

Aumento durata utensile (esempio)

- I dati di taglio consigliati sono 225 m/min (738 piedi/min).
- Per aumentare del 30% la durata utensile, consideriamo il fattore per 20 minuti di durata utensile = 0.93.
- Moltiplicare il fattore dei minuti desiderati per la velocità di taglio consigliata.
- 225 m/min x 0.93 = 209 m/min (738 piedi/min x 0.93 = 686 piedi/min).

Durata utensile (min)	10	15	20	25	30	45	60
Fattore di correzione	1.11	1.0	0.93	0.88	0.84	0.75	0.70

Maggiore velocità di asportazione del metallo

- I dati di taglio consigliati sono basati su una durata utensile di 15 min.
- Per ottenere un maggiore volume di truciolo asportato, dovremmo considerare la tabella in senso opposto e ridurre i minuti di durata utensile per aumentare il volume di truciolo asportato.
- Moltiplicare il fattore dei minuti desiderati per la velocità di taglio consigliata.

Maggiore volume di truciolo asportato (esempio)

- I dati di taglio consigliati sono 225 m/min (738 piedi/min).
- Per aumentare del 10% il volume di truciolo asportato, consideriamo il fattore per 10 minuti = 1.11.
- Moltiplicare il fattore dei minuti desiderati per la velocità di taglio consigliata.
- 225 m/min x 1.11 = 250 m/min (738 piedi/min x 1.11 = 819 piedi/min).

Compensazione della velocità di taglio in base alla durezza del materiale

Durezza

- I consigli relativi alla velocità di taglio sono basati sul materiale di riferimento e sulla sua durezza.
- La durezza dei metalli viene misurata in durezza Brinell (HB) o in durezza Rockwell su scala "C" (HRC). Esempio: ISO/ANSI **P** = 180 HB, ISO/ANSI **H** = 60 HRC.
- La colonna della durezza (HB) indica la durezza di base di ogni gruppo di materiali e le velocità di taglio sono consigliate per questa durezza di base (nota: il materiale potrebbe essere più duro o più morbido).
- Ogni gruppo di materiale ISO/ANSI è associato a un fattore di moltiplicazione per una durezza minore o maggiore (ad es. ISO/ANSI **P** = 180 HB con un fattore di 1.0).
- Utilizzare la tabella che segue per i fattori di correzione e moltiplicare per la velocità di taglio consigliata per la qualità di inserto scelta.

			Durezza minore				Durezza maggiore				
ISO/ ANSI	**MC(1)**	**HB(2)**	**-60**	**-40**	**-20**	**0**	**+20**	**+40**	**+60**	**+80**	**+100**
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

1) MC = codice di classificazione del materiale
2) HB = durezza Brinell
3) HRC = durezza Rockwell

Esempio di tabella di conversione delle scale di durezza

Le specifiche dei materiali possono essere fornite in varie forme, ad es.: HB, HRC, resistenza alla trazione o forze di taglio specifiche.

Resistenza alla trazione		Vickers	Brinell	Rockwell	
N/mm^2	lb/poll.^{2})	HV	HB	HRC	HRB
255	36,975	80	76.0	–	–
270	39,150	85	80.7	–	41.0
285	41,325	90	85.5	–	48.0
305	44,225	95	90.2	–	52.0
320	46,400	100	95.0	–	56.2
350	50,750	110	105	–	62.3
385	55,825	120	114	–	66.7
415	60,175	130	124	–	71.2
450	65,250	140	133	–	75.0
480	69,600	150	143	–	78.7
510	73,950	160	152	–	81.7
545	79,025	170	162	–	85.0
575	83,375	180	171	–	87.5
610	88,450	190	181	–	89.5
640	92,800	200	190	–	91.5
660	95,700	205	195	–	92.5
675	97,875	210	199	–	93.5
690	100,050	215	204	–	94.0
705	102,225	220	209	–	95.0
720	104,400	225	214	–	96.0
740	107,300	230	219	–	96.7
770	111,650	240	228	20.3	98.1
800	116,000	250	238	22.2	99.5
820	118,900	255	242	23.1	–
835	121,075	260	247	24.0	(101)
850	123,250	265	252	24.8	–
865	125,425	270	257	25.6	(102)
900	130,500	280	266	27.1	–
930	134,850	290	276	28.5	(105)
950	137,750	295	280	29.2	–
965	139,925	300	285	29.8	–
995	144,275	310	295	31.0	–

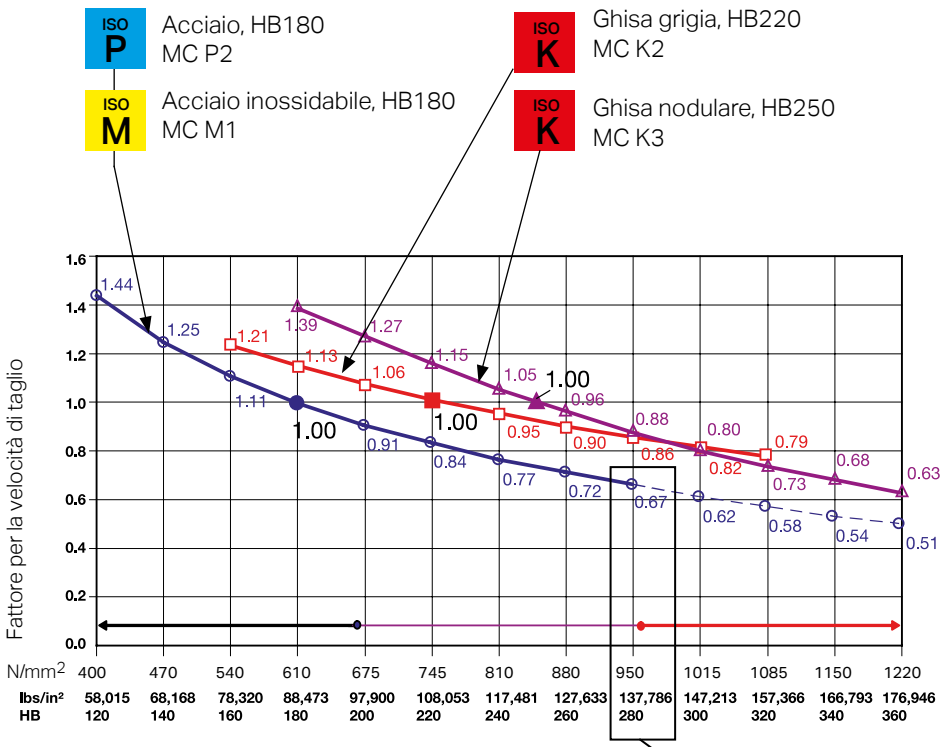
Materiale da lavorare (fare riferimento ai dati in tabella)

Resistenza alla trazione = 950 N/mm^2 (137,750 lb/poll.^{2})

HB = 280, HRC = 29.2

Esempio di tabella di conversione, ricerca del fattore della durezza

Diagramma per P, M e K



Forze di taglio specifiche N/mm² (lb/poll.²)
Durezza Brinell (HB)

Materiale del pezzo del cliente
Acciaio 4140
Resistenza alla trazione = 950 N/mm² (137,786 lb/poll.²)
HB = 280, HRC = 29.2

Calcolo del fattore di durezza = 0.67

Compensazione della velocità di taglio in base alla durezza del materiale

Esempio:

- I dati di taglio consigliati sono 415 m/min (1360 piedi/min) per acciaio P 180 HB.
- Materiale da lavorare = acciaio P 280 HB.
- Calcolo del fattore di durezza, Materiale da lavorare = 280 HB – Materiale di riferimento 180 HB = +100 HB di maggiore durezza (fattore = 0.67).
- Utilizzare il fattore per ricalcolare la velocità di taglio in base alla durezza del materiale 415 m/min x 0.67 = 278 m/min (1360 piedi/min x 0.67 = 911 piedi/min).

			Durezza minore				Durezza maggiore				
ISO/ ANSI	MC(1)	HB(2)	-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

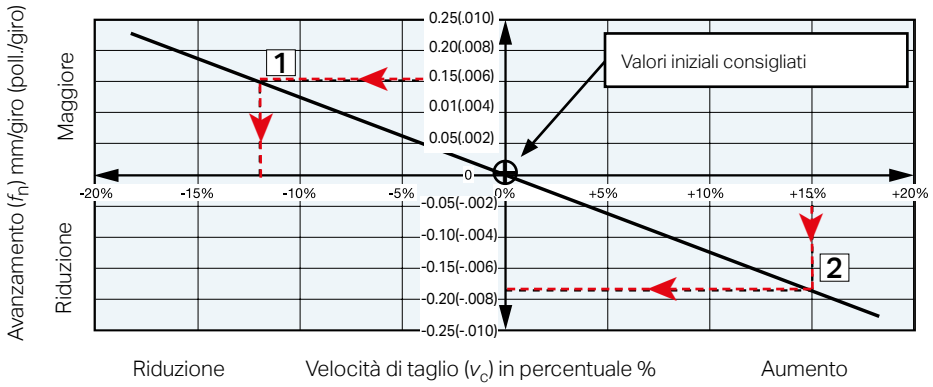
1) MC = codice di classificazione del materiale
2) HB = durezza Brinell
3) HRC = durezza Rockwell

Compensazione di velocità di taglio e avanzamento per la tornitura

Come utilizzare lo schema

Questo schema illustra un semplice metodo di regolazione dei valori iniziali consigliati di velocità di taglio e avanzamento.

I dati di taglio consigliati per gli inserti sono basati su 15 minuti di durata utensile (tempo di taglio) e sul mantenimento della formazione del truciolo e rimangono uguali con i valori ricavati da questo diagramma.



Esempio 1: incremento della produttività

- Aumentare la velocità di avanzamento di 0.15 (.006") per ottenere un nuovo valore di partenza di 0.45 mm/giro (.018 poll./giro).
- Facendo riferimento allo schema, calcolare la nuova velocità di taglio di -12% intersecando l'avanzamento con la linea del valore iniziale e l'asse della velocità di taglio.
- Nuovi dati di taglio = 0.45 mm/giro (.018 poll./giro) e 415 x 0.88 = 365 m/min (1360 x 0.88 = 1197 piedi /min) - asportazione truciolo +30%.

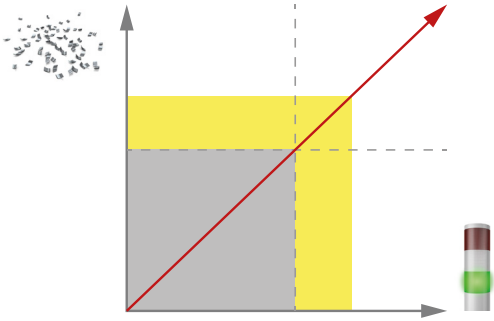
Esempio 2: migliore finitura superficiale

- Aumentare la velocità di taglio del 15% per ottenere un nuovo valore di partenza di 477 m/min (1564 piedi/min).
- Facendo riferimento allo schema, calcolare il nuovo avanzamento di -0.175 (-.0075") intersecando la velocità con la linea del valore iniziale e l'asse dell'avanzamento.
- Nuovi dati di taglio = 477 m/min (1564 piedi/min) e 0.3 – 0.175 = 0.125 mm/giro (.012"- 0.0075" = 0.0045 poll./giro) - finitura superficiale migliorata.

⊕ Valori iniziali consigliati

CNMG 12 04 08-PM
(CNMG 432 – PM)
Qualità P15
3 mm (.118") - profondità di taglio
0.3 mm/giro (.012 poll./giro) – velocità di avanzamento
415 m/min (1360 piedi/min) – velocità di taglio

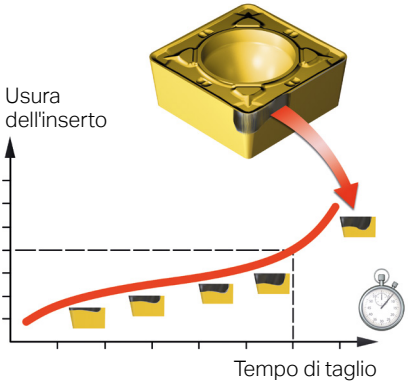
Come è possibile aumentare la produttività?



Fattori da considerare

- Identificare la durezza HB del materiale, le forze di taglio specifiche o la resistenza alla trazione N/mm² (lb/poll.²).
- Scegliere la corretta geometria.
- Scegliere la corretta qualità.
- Usare i dati di taglio forniti e compensare con il fattore di durezza del materiale.
- Creare un ambiente stabile per componente e utensili.

Suggerimenti per aumentare la durata utensile



- Identificare la durezza HB del materiale, le forze di taglio specifiche o la resistenza alla trazione N/mm² (lb/poll.²).
- Usare i dati di taglio forniti e compensare con il fattore di durezza del materiale.
- Creare un ambiente stabile per componente e utensili.
- Scegliere la giusta combinazione tra raggio di punta e geometria.
- Quando possibile, utilizzare la fresatura concorde anziché quella discorde.
- Utilizzare tutti gli angoli disponibili sugli inserti
- Considerare le operazioni di smussatura con inserti usurati.

Buona stabilità = corretto taglio del metallo

ISO 13399
Lo standard del settore

ISO 13399 H 79

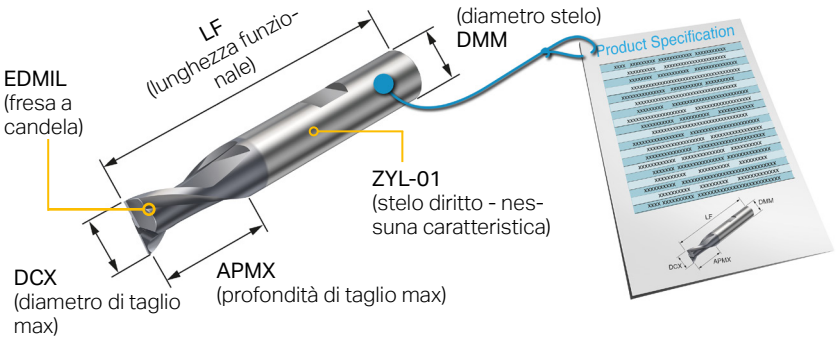
ISO 13399 - lo standard del settore

L'uso di terminologie diverse tra i fornitori di utensili da taglio rende difficile l'acquisizione e il trasferimento delle informazioni. Contemporaneamente, sono sempre di più le funzionalità di livello avanzato dei sistemi di produzione moderni che richiedono la possibilità di accesso a informazioni precise.

Il fatto di avere un linguaggio comune rappresenta un enorme vantaggio dal punto di vista dei sistemi, ma semplificherà anche il lavoro degli utilizzatori. ISO 13399 è lo standard internazionale che semplifica lo scambio dei dati degli utensili da taglio ed è un modo riconosciuto a livello globale per descrivere i dati degli utensili da taglio.

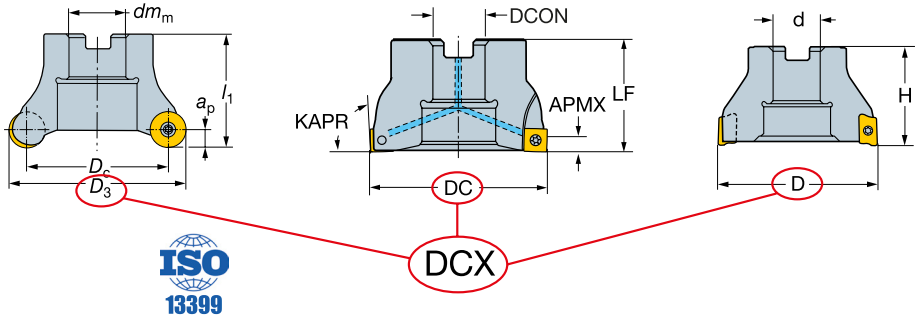
ISO 13399 - cosa significa per il settore

Questo standard internazionale standardizza la definizione degli attributi dell'utensile come, ad esempio, lunghezza funzionale, diametro di taglio e massima profondità di taglio. Ogni utensile è definito da parametri standardizzati.



ISO 13399 - cosa significa per il settore

Quando il settore condivide gli stessi parametri e le stesse definizioni, lo scambio di dati tra i vari sistemi software diventa molto più semplice. Nell'illustrazione, è possibile vedere che tre diversi fornitori chiamano il diametro in modo diverso: D3, DC e D rispettivamente. Ciò può creare molta confusione per i programmatori. Nello standard ISO 13399, il diametro è indicato sempre con DCX.



Su www.sandvik.coromant.com, è disponibile un elenco completo dei parametri

Formule e definizioni

Glossario dei termini H 82

Tornitura H 84

Fresatura H 86

Foratura H 88

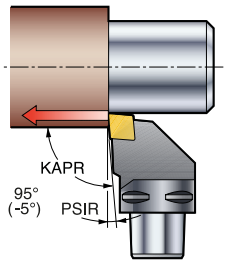
Barenatura H 90

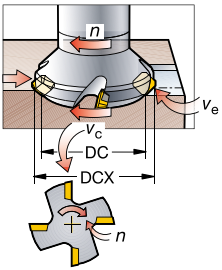
E-learning

Informazioni su e-learning e app H 92

Glossario dei termini

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$





a_e (impegno di lavoro): impegno dell'utensile con il pezzo, misurato in una direzione parallela al piano Pfe (movimento primario/direzione di taglio risultante) e perpendicolare alla direzione del moto di avanzamento. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

a_p (profondità di taglio): larghezza di taglio perpendicolare alla direzione del moto di avanzamento. Nota: nella foratura, la profondità di taglio radiale è indicata con a_p, lo stesso simbolo utilizzato per la profondità / larghezza di taglio assiale nella fresatura. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

DC (diametro di taglio): diametro di un cerchio creato da un punto di taglio di riferimento che ruota attorno all'asse di un utensile rotante. Nota: il diametro si riferisce alla superficie periferica lavorata. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

D_{cap} (diametro di taglio a profondità di taglio): diametro alla distanza a_p dal piano Pfe al punto PK, misurato nel piano di base 1 (Bp1). Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

D_m (diametro lavorato): diametro lavorato del pezzo. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

F_f (forza di avanzamento): la componente della forza totale ottenuta dalla proiezione perpendicolare sulla direzione del moto di avanzamento (ovvero nella direzione del vettore v_f). Forza di avanzamento per un determinato impegno, misurata in Newton (N) e libbre forza (lbf).

f_n (avanzamento per giro): il trasporto dell'utensile nella direzione del moto di avanzamento durante un giro di rotazione del pezzo. Indipendente dal numero di taglienti effettivi sull'utensile. Nel caso della tornitura, la distanza viene misurata quando il pezzo compie un giro completo. Valore espresso in mm/giro o poll./giro.

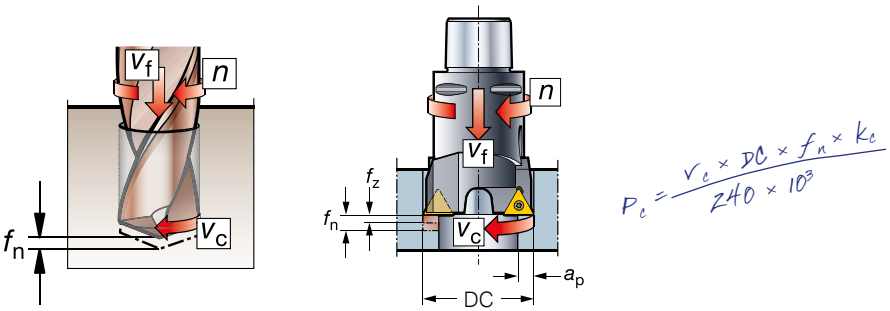
f_z (avanzamento per dente): il trasporto di un tagliente effettivo (Z_c) nella direzione del moto di avanzamento per il centro di rotazione dell'utensile che si muove lungo il pezzo quando l'utensile compie un giro completo. Nel caso della tornitura, la distanza viene misurata quando il pezzo compie un giro completo. Valore espresso in mm/dente o poll./dente.

h_{ex} (massimo spessore del truciolo): è lo spessore massimo del truciolo non deformato in corrispondenza degli angoli retti del tagliente e dipende da impegno radiale, preparazione del tagliente e avanzamento per dente. Va considerato, tuttavia, per mantenere un adeguato spessore del truciolo, larghezze di taglio radiali differenti e differenti angoli di registrazione (attacco) richiedono la regolazione della velocità di avanzamento. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

h_m (spessore medio del truciolo): è lo spessore medio del truciolo non deformato in corrispondenza degli angoli retti del tagliente e dipende da impegno radiale, preparazione del tagliente e avanzamento per dente. Va considerato, tuttavia, per mantenere un adeguato spessore del truciolo, larghezze di taglio radiali differenti e differenti angoli di registrazione (attacco) richiedono la regolazione della velocità di avanzamento. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

KAPR (angolo di registrazione): angolo tra il piano del tagliente e il piano di avanzamento dell'utensile, misurato in un piano parallelo al piano XY.

k_c (forza di taglio specifica). forza/area di taglio per un determinato spessore di truciolo in direzione tangenziale. (coefficiente della forza di taglio specifica per una certa combinazione di materiale e utensile) misurata in Newton/millimetro quadrato (N/mm^2) e libbre/pollice quadrato (lb/poll.^{2}).



k_{c1} (coefficiente della forza di taglio specifica): forza/area di taglio per uno spessore di truciolo di 1 mm (.0394") in direzione tangenziale. (Costante materiale: coefficiente della forza di taglio specifica. Tradizionalmente indicata con k_c 1.1) viene misurata in Newton/millimetro quadrato (N/mm^2) e libbre/pollice quadrato (lb/poll.^{2}).

l_m (lunghezza lavorata): lunghezza dell'impegno nel taglio su tutte le passate. Valore espresso in millimetri (mm) o pollici.

M_c (aumento della forza di taglio specifica): aumento della forza di taglio in funzione del ridotto spessore del truciolo. Rintracciabile tra le proprietà del materiale da lavorare nelle tabelle dei dati di taglio e misurato come rapporto. È strettamente associato anche al coefficiente della forza di taglio specifica (k_{c1}).

n (velocità del mandrino): frequenza di rotazione del mandrino. Misurata in giri/minuto (giri/min.).

P_c (potenza di taglio): potenza di taglio generata dalla rimozione dei trucioli. Misurata in kilowatt (kW) e/o cavalli (Hp)

PSIR (angolo di attacco): angolo tra il piano del tagliente e un piano perpendicolare a quello di avanzamento dell'utensile, misurato in un piano parallelo al piano XY.

Q (volume di truciolo asportato): definito come il volume di materiale rimosso diviso per il tempo di lavorazione. Un altro modo per definire Q è quello di immaginare una velocità "istantanea" di rimozione del materiale alla quale l'area trasversale del materiale rimosso si muove lungo il pezzo. Viene misurato in centimetri cubi/minuto (cm^3/min) e in pollici cubi/minuto (poll.^{3}/min).

T_c (tempo di taglio totale): periodo di impegno nel taglio su tutte le passate. Misurato in minuti.

v_c (velocità di taglio): la velocità istantanea del moto di taglio di un punto selezionato sul tagliente relativamente al pezzo. Misurata in metri/minuto o piedi/minuto.

v_f (avanzamento tavola / velocità di avanzamento): la distanza, in millimetri o pollici, che un utensile percorre sul pezzo in un minuto. Misurato in mm/minuto o poll./minuto.

$\gamma 0$ (angolo di spoglia superiore effettivo): la forza specifica viene ridotta dell'uno percento per ogni grado di angolo di spoglia superiore. Misurato in gradi.

Z_c (numero di taglienti effettivi): numero dei taglienti effettivi attorno all'utensile.

Z_n (numero di inserti montati): numero di taglienti dell'asse dell'utensile.

Formule e definizioni per la tornitura - sistema metrico

Velocità di taglio, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Tempo di lavorazione, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Volume di truciolo asportato, cm³/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Forze di taglio specifiche

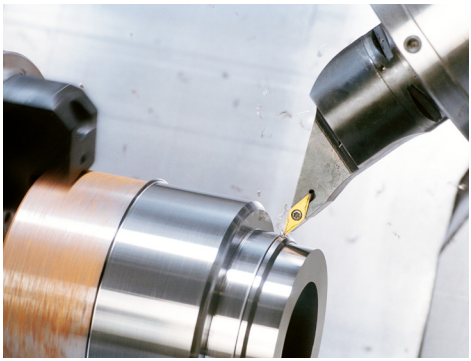
$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma 0}{100}\right)$$

Spessore medio del truciolo

$$h_m = f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Potenza netta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$



Simbolo	Designazione/ definizione	Unità
D_m	Diametro lavorato	mm
f_n	Avanzamento per giro	mm/giro
a_p	Profondità di taglio	mm
v_c	Velocità di taglio	m/min
n	Velocità del mandrino	giri/min
P_c	Potenza netta	kW
Q	Volume di truciolo asportato	cm³/min
h_m	Spessore medio del truciolo	mm
h_{ex}	Spessore massimo del truciolo	mm
T_c	Periodo di impegno	min
l_m	Lunghezza lavorata	mm
k_c	Forza di taglio specifica	N/mm²
KAPR	Angolo di registrazione	gradi
$\gamma 0$	Angolo di spoglia superiore effettivo	gradi

Formule e definizioni per la tornitura - sistema in pollici

Velocità di taglio, piedi/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Tempo di lavorazione, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Volume di truciolo asportato, poll.3/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Forze di taglio specifiche

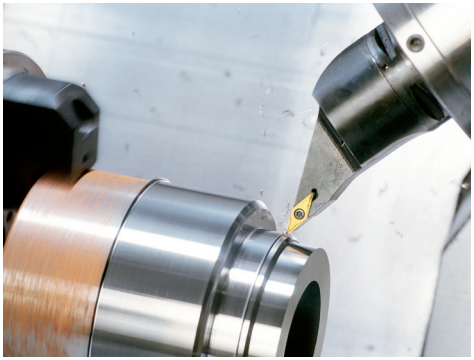
$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{0.0394}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma 0}{100}\right)$$

Spessore medio del truciolo

$$h_m = f_n \times \sin KAPR$$

Potenza netta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$



Simbolo	Designazione/ definizione	Unità
D_m	Diametro lavorato	poll.
f_n	Avanzamento per giro	poll./giro
a_p	Profondità di taglio	poll.
v_c	Velocità di taglio	piedi/min
n	Velocità del mandrino	giri/min
P_c	Potenza netta	HP
Q	Volume di truciolo asportato	poll.3/min
h_m	Spessore medio del truciolo	poll.
h_{ex}	Spessore massimo del truciolo	poll.
T_c	Periodo di impegno	min
l_m	Lunghezza lavorata	mm
k_c	Forza di taglio specifica	lb/poll.2
PSIR	Angolo di attacco	gradi
$\gamma 0$	Angolo di spoglia superiore effettivo	gradi

Formule e definizioni per la fresatura - sistema metrico

Avanzamento tavola, mm/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Velocità di taglio, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{cap} \times n}{1000}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{cap}}$$

Avanzamento per dente, mm

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Avanzamento per giro, mm/giro

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Volume di truciolo asportato, cm³/min

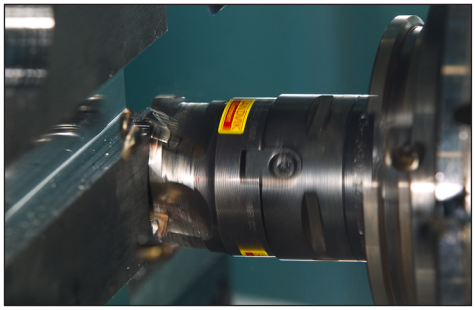
$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Potenza netta, kW

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Momento torcente, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/ definizione	Unità
a_e	Profondità di taglio radiale	mm
a_p	Profondità di taglio	mm
D_{cap}	Diametro di taglio a profondità di taglio a_p	mm
DC	Diametro fresa	mm
f_z	Avanzamento per dente	mm
f_n	Avanzamento per giro	mm/giro
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	m/min
v_f	Avanzamento tavola	mm/min
z_c	Numero di denti effettivi	pz
h_{ex}	Spessore massimo del truciolo	mm
h_m	Spessore medio del truciolo	mm
k_c	Forza di taglio specifica	N/mm²
P_c	Potenza netta	kW
M_c	Momento torcente	Nm
Q	Volume di truciolo asportato	cm³/min
KAPR	Angolo di registrazione	gradi

Spessore medio del truciolo

$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right)$$

Formule e definizioni per la fresatura - sistema in pollici

Avanzamento tavola, poll./min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Velocità di taglio, piedi/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{cap} \times n}{12}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_{cap}}$$

Avanzamento per dente, poll.

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Avanzamento per giro, poll./giro

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Volume di truciolo asportato, poll.³/min

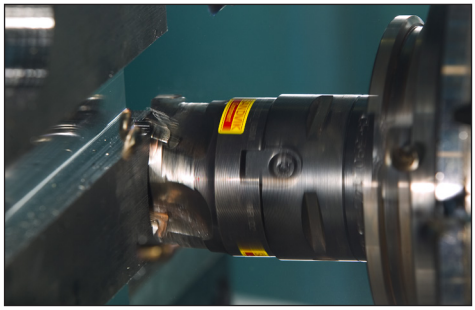
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Potenza netta, HP

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3}$$

Momento torcente, lbf piede

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/definizione	Unità
a_e	Profondità di taglio radiale	poll.
a_p	Profondità di taglio	poll.
D_{cap}	Diametro di taglio a profondità di taglio a_p	poll.
DC	Diametro fresa	poll.
f_z	Avanzamento per dente	poll.
f_n	Avanzamento per giro	poll.
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	piedi/min
v_f	Avanzamento tavola	poll./min
z_c	Numero di denti effettivi	pz
h_{ex}	Spessore massimo del truciolo	poll.
h_m	Spessore medio del truciolo	poll.
k_c	Forza di taglio specifica	lb/poll.²
P_c	Potenza netta	HP
M_c	Momento torcente	lbf piede
Q	Volume di truciolo asportato	poll.³/min
PSIR	Angolo di attacco	gradi

Spessore medio del truciolo

$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{0.039}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100}\right)$$

Formule e definizioni per la foratura - sistema metrico

Velocità di avanzamento, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocità di taglio, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Forza di avanzamento, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin KAPR$$

Volume di truciolo asportato, cm³/min

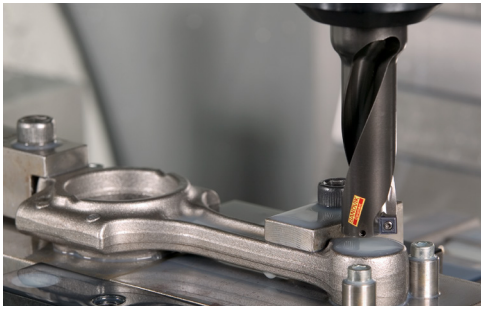
$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Potenza netta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

Momento torcente, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/ definizione	Unità
DC	Diametro punta	mm
f_n	Avanzamento per giro	mm/giro
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	m/min
v_f	Velocità di avanzamento	mm/min
F_f	Forza di avanzamento	N
k_c	Forza di taglio specifica	N/mm²
M_c	Momento torcente	Nm
P_c	Potenza netta	kW
Q	Volume di truciolo asportato	cm³/min
KAPR	Angolo di registrazione	gradi

Formule e definizioni per la foratura - sistema in pollici

Velocità di avanzamento, poll./min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocità di taglio, piedi/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Forza di avanzamento, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin PSIR$$

Nota: DC deve essere convertito in millimetri

Volume di truciolo asportato, poll.3/min

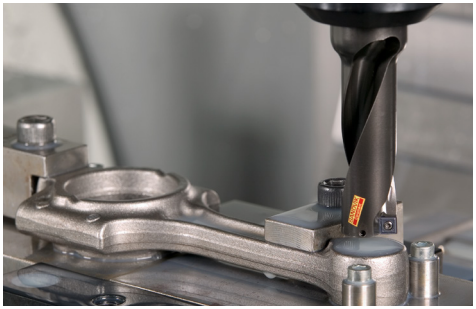
$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Potenza netta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3}$$

Momento torcente, lbf piede

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/definizione	Unità
DC	Diametro punta	poll.
f_n	Avanzamento per giro	poll./giro
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	piedi/min
v_f	Velocità di avanzamento	poll./min
F_f	Forza di avanzamento	N
k_c	Forza di taglio specifica	lb/poll.2
M_c	Momento torcente	lbf piede
P_c	Potenza netta	HP
Q	Volume di truciolo asportato	poll.3/min
PSIR	Angolo di attacco	gradi

Formule e definizioni per la barenatura - sistema metrico

Velocità di avanzamento, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocità di taglio, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Avanzamento per giro, mm/giro

$$f_n = z_c \times f_z$$

Volume di truciolo asportato, cm³/min

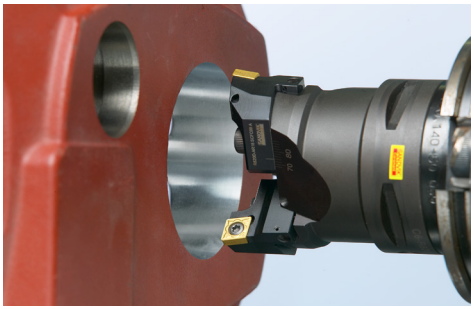
$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Potenza netta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC}\right)$$

Momento torcente, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/ definizione	Unità
DC	Diametro punta	mm
f_n	Avanzamento per giro	mm/giro
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	m/min
v_f	Velocità tavola	mm/min
F_f	Forza di avanzamento	N
k_c	Forza di taglio specifica	N/mm²
M_c	Momento torcente	Nm
P_c	Potenza netta	kW
Q	Volume di truciolo asportato	cm³/min
KAPR	Angolo di registrazione	gradi
z_c	Numero di denti effettivi (z_c = 1 per barenatura a gradini)	pz

Forza di avanzamento, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin KAPR$$

Formule e definizioni per la barenatura - sistema in pollici

Velocità di avanzamento, poll./min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocità di taglio, piedi/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Velocità mandrino, giri/min

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Avanzamento per giro, poll./giro

$$f_n = z_c \times f_z$$

Volume di truciolo asportato, poll.^{3}/min

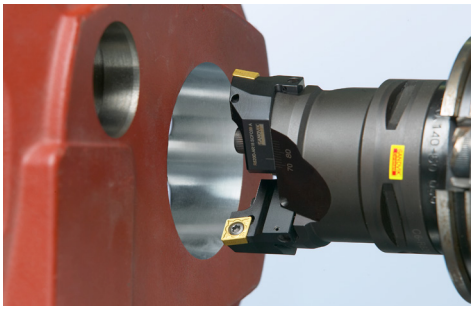
$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Potenza netta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC}\right)$$

Momento torcente, lbf piede

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Simbolo	Designazione/definizione	Unità
DC	Diametro punta	poll.
f_n	Avanzamento per giro	poll./giro
n	Velocità del mandrino	giri/min
v_c	Velocità di taglio	piedi/min
v_f	Velocità tavola	poll./min
F_f	Forza di avanzamento	N
k_c	Forza di taglio specifica	lb/poll.^{2}
M_c	Momento torcente	lbf piede
P_c	Potenza netta	HP
Q	Volume di truciolo asportato	poll.^{3}/min
PSIR	Angolo di attacco	gradi
z_c	Numero di denti effettivi (z_c = 1 per barenatura a gradini)	pz

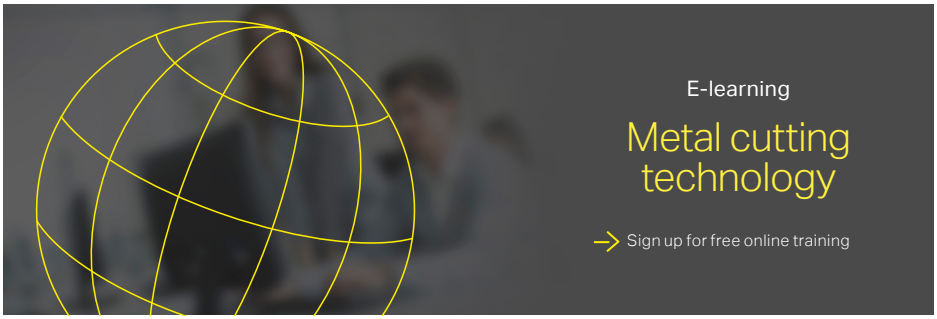
Forza di avanzamento, N

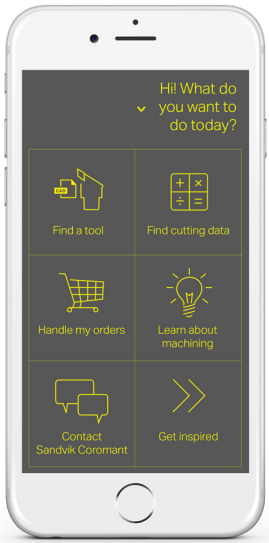
$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin KAPR$$

Formazione online di livello universitario

La formazione online sulla tecnologia di taglio dei metalli rappresenta il complemento ideale di un corso di formazione in classe - oppure un'ottima soluzione per sviluppare nuove competenze in qualunque posto ci si trovi. Scoprite i principi fondamentali della tecnologia di taglio dei metalli attraverso 75 corsi che coprono la maggior parte dei campi di applicazione del taglio dei metalli. Salvate e tracciate i risultati raggiunti man mano che andate avanti.

Registratevi all'indirizzo metalcuttingknowledge.com e iniziate il vostro percorso di formazione gratuita.





Supporto sempre a portata di mano

L'apprendimento di questa materia richiede l'approccio mentale di un ingegnere e un valido supporto. Sandvik Coromant fornisce tutta una serie di calcolatori e app di livello avanzato da utilizzare sui vostri dispositivi mobili, gratuitamente.

Scoprite tutti gli strumenti di supporto disponibili su sandvik.coromant.com/apps

Sede centrale:
AB Sandvik Coromant
SE-811 81 Sandviken, Svezia
E-mail: info.coromant@sandvik.com
www.sandvik.coromant.com/it

C-2920:40 it-IT © AB Sandvik Coromant 2017.11