DATI TECNICI

RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI TORNITURA P002
CONTROLLO DEL TRUCIOLO DURANTE LA TORNITURA P004
EFFETTI DEI PARAMETRI DI TAGLIO PER TORNITURA P005
FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER TORNITURA P007
FORMULE PER POTENZA DI TAGLIO P011
RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI FRESATURA IN SPIANATURA P012
FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI
PER FRESATURA IN SPIANATURA P013
FORMULE PER FRESATURA IN SPIANATURA P016
RISOLUZIONE DI PROBLEMI PER FRESATURA FRONTALE P018
CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLA FRESA FRONTALE P019
SELEZIONE DEL PASSO DI AVANZAMENTO
PER PROFONDITA' DI PASSATA (CONTORNITURA) P021
RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI FORATURA P022
USURA DELLA PUNTA E DANNI AL TAGLIENTE P023
CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLE PUNTE P024
FORMULE PER FORATURA P027
TABELLA DI CONFRONTO FRA I MATERIALI P028
RUGOSITÀ SUPERFICIALE P032
TABELLA DI CONFRONTO DELLE DUREZZE P033
TABELLA DELLE TOLLERANZE IDONEE (FORO) P034
TABELLA DELLE TOLLERANZE IDONEE (ALBERO) P036
DIAMETRI DELLE PUNTE PER MASCHIATURA P038
DIMENSIONE DEL FORO PER BULLONE A TESTA ESAGONALE INCASSATA /
SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA INTERNAZIONALI P039
USURA E DANNEGGIAMENTO DELL'UTENSILE P040
MATERIALI PER UTENSILI DA TAGLIO P041
CATENA DI GRADI P042
TABELLA DI CONFRONTO TRA GRADI P043
TABELLA DI CONFRONTO TRA ROMPITRUCIOLO E INSERTO P048

RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI TORNITURA

Problema		Soluzione / Fattori	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado più duro	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado più tenace	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado con maggiore resistenza allo shock termico	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado con maggiore resistenza all'adesione	Parametri di taglio: Velocità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Avanzamento (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Profondità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Refrigerante: Non utilizzare fluido da taglio solubile in acqua	Parametri di taglio: Refrigerante: Determinare il taglio a secco o a umido	Tipo e design dell'utensile: Selezionare il rompitruciolo	Tipo e design dell'utensile: Spoglia (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Raggio di punta (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Angolo di inclinazione (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: L'onatura rinforza il tagliente (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Classe di inserto (non rettificato → rettificato)	Tipo e design dell'utensile: Migliorare la rigidità del portautensile	Macchina, installazione dell'utensile: Aumentare la rigidità del bloccaggio dell'utensile e del pezzo	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre dello sbalzo del portautensili	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre la potenza della macchina e del gioco meccanico
Riduzione della durata della vita utensile	Rapida usura dell'inserto	Grado inadeguato dell'utensile	●																		
		Geometria inadeguata del tagliente										●	↗ ●	↗ ●	↗ ●	● ↘					
		Velocità inadeguata del tagliente					● ↘	↗ ●			● A umido										
	Scheggiatura o rottura del tagliente	Grado inadeguato dell'utensile		●																	
		Parametri di taglio scorretti						● ↘	● ↘												
		Mancanza di robustezza del tagliente.ili										●		↗ ●		↗ ●					
		Rottura termica			●		● ↘	● ↘	● ↘	●	● A secco										
		Tagliente di riporto				●	↗ ●	↗ ●		●	● A umido										
		Rigidità insufficiente																●	●	●	●
Al di fuori dei valori di tolleranza	Dimensioni non costanti	Precisione insufficiente dell'inserto															●				
		Elevata resistenza al taglio e usura del fianco										●	●	● ↘	● ↘	● ↘		●	●	●	●
	A causa di un sovradimensionamento è necessaria una frequente regolazione	Grado inadeguato dell'utensile	●																		
		Parametri di taglio scorretti					● ↘	↗ ●													
Deterioramento della finitura superficiale	Pessima finitura superficiale	Adesione dei trucioli					↗ ●			●	● A umido										
		Geometria inadeguata del tagliente										●		↗ ●							
		Crepitio (leggera vibrazione)					● ↘	● ↘	● ↘									●	●	●	●
Generazione di calore	Il surriscaldamento del pezzo da lavorare può causare scarsa precisione e ridurre la vita dell'inserto	Parametri di taglio scorretti					● ↘	● ↘	● ↘												
		Geometria inadeguata del tagliente										●	↗ ●			● ↘					

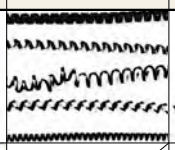
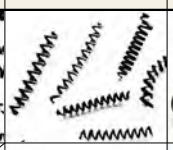
RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI TORNITURA

DATI TECNICI

Problema		Soluzione / Fattori	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado più duro	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado più tenace	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado con maggiore resistenza allo shock termico	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado con maggiore resistenza all'adesione	Parametri di taglio: Velocità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Avanzamento (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Profondità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Refrigerante: Non utilizzare fluido da taglio solubile in acqua	Parametri di taglio: Refrigerante: Determinare il taglio a secco o a umido	Tipo e design dell'utensile: Selezionare il rompitruciolo	Tipo e design dell'utensile: Spoglia (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Raggio di punta (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Angolo di inclinazione (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: L'onatura rinforza il tagliente (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Classe di inserto (non rettificato → rettificato)	Tipo e design dell'utensile: Migliorare la rigidità del portautensile	Macchina, installazione dell'utensile: Aumentare la rigidità del bloccaggio dell'utensile e del pezzo	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre lo sbalzo del portautensili	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre la potenza della macchina e del gioco meccanico
Bave, scheggiatura ecc.	Bave (acciaio, alluminio)	Craterizzazione	●																		
		Parametri di taglio scorretti					● ↘	↗ ●			● A umido										
		Geometria inadeguata del tagliente										●	↗ ●	● ↘	● ↘	● ↘					
	Scheggiatura dell'utensile (ghisa)	Parametri di taglio scorretti						● ↘	● ↘												
		Geometria inadeguata del tagliente										●	↗ ●	↗ ●	↗ ●	● ↘					
		Vibrazioni																●	●	●	●
	Bave (acciaio dolce)	Grado inadeguato dell'utensile				●															
		Parametri di taglio scorretti					↗ ●			●	● A umido										
		Geometria inadeguata del tagliente										●	↗ ●			● ↘					
		Vibrazioni																●	●	●	●
Scarsa dispersione del truciolo	Trucioli lunghi	Parametri di taglio scorretti					● ↘	↗ ●	↗ ●		● A umido										
		Ampio range di controllo del truciolo										●									
		Geometria inadeguata del tagliente												● ↘	● ↘						
	I trucioli sono piccoli e distribuiti	Parametri di taglio scorretti						● ↘	● ↘		● A secco										
		Range ridotto di controllo del truciolo										●									
		Geometria inadeguata del tagliente												↗ ●	↗ ●						

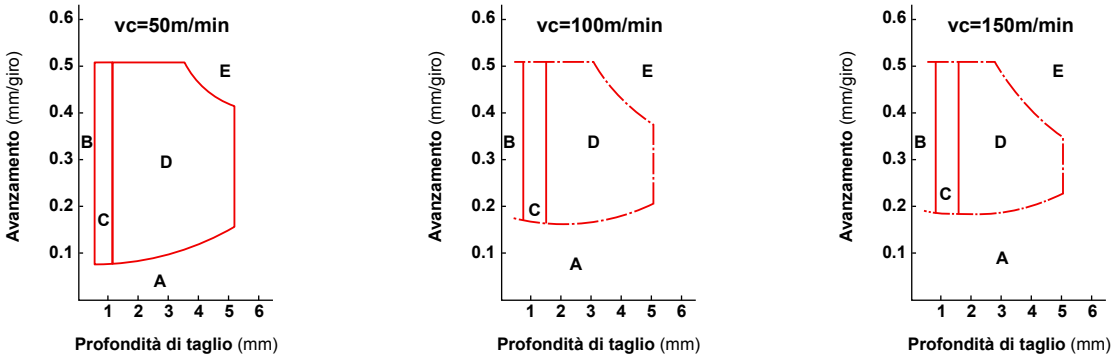
CONTROLLO DEL TRUCIOLO DURANTE LA TORNITURA

PARAMETRI DI ROTTURA DEI TRUCIOLI NELLA TORNITURA DELL'ACCIAIO

Tipo	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Profondità di taglio ridotta d < 7mm					
Profondità di taglio ampia d=7−15mm					
Lunghezza spira	Senza spira	l ≥ 50mm	l ≤ 50mm 1−5 spira	≒ 1 spira	Meno di 1 spira, ½ spira
Nota	●Forma continua irregolare ●Grovigli attorno]all'utensile e al pezzo da lavorare	●Forma continua regolare ●Trucioli lunghi	Ottimo	Ottimo	●Spargimento di trucioli ●Crepitio (leggera vibrazione) ●Pessima finitura superficiale ●Massimo

Velocità di taglio e range di controllo del truciolo del rompitruciolo

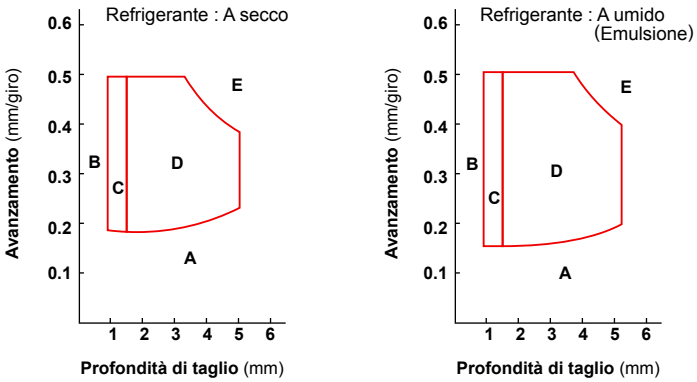
In linea generale, aumentando la velocità di taglio, si riduce il range di controllo del truciolo.



Pezzo da lavorare : **DIN Ck45(180HB)**
Inserto : **TNMG160408**
Grado : **P10** Carburo cementato
Utensile : **MTJNR2525M16N**
Taglio a secco

Effetti del refrigerante sul range di controllo del truciolo di un rompitruciolo

A parità di velocità di taglio, il controllo del truciolo varia in funzione dell'utilizzo o meno del refrigerante.



Pezzo da lavorare : **DIN Ck45**
Parametri di taglio : **vc=100m/min**

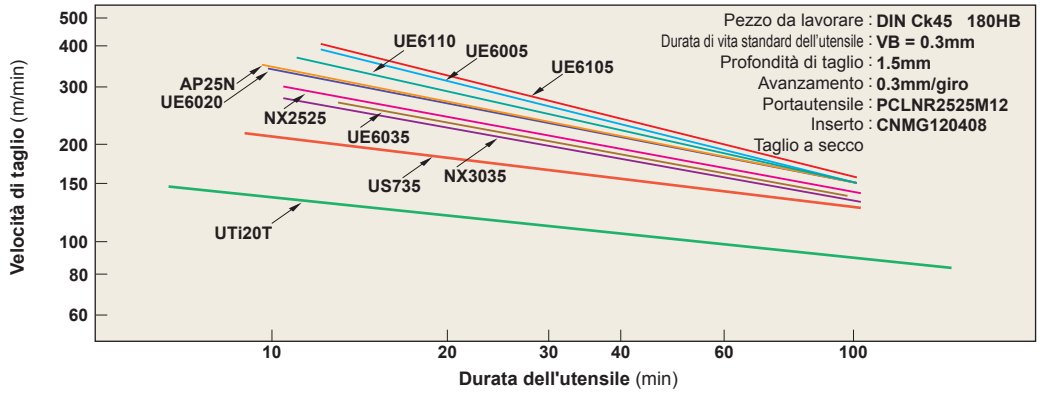
EFFETTI DEI PARAMETRI DI TAGLIO PER TORNITURA

EFFETTI DEI PARAMETRI DI TAGLIO

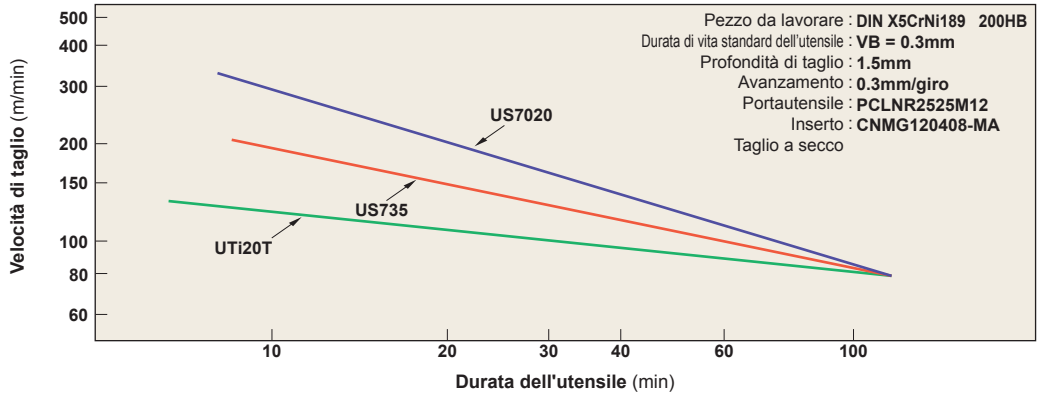
I parametri di taglio ideali sono breve tempo di taglio, lunga vita dell'utensile ed elevata precisione di taglio. Per ottenere questi parametri, è necessario selezionare parametri di taglio e utensili efficienti in base a materiale di lavoro, durezza, forma e capacità della macchina.

VELOCITÀ DI TAGLIO

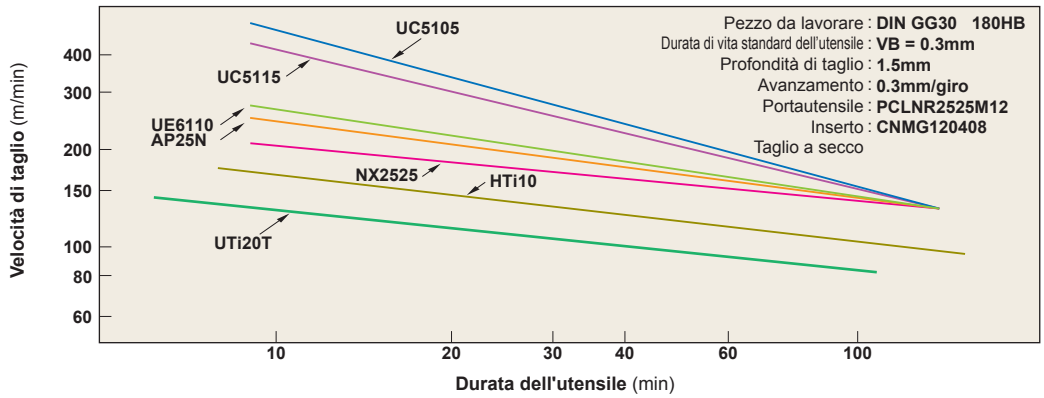
La velocità di taglio influisce notevolmente sulla durata di vita dell'utensile. Aumentando la velocità di taglio, si aumenta la temperatura di taglio e si riduce la vita dell'utensile. La velocità di taglio varia a seconda del tipo e della durezza del materiale di lavoro. È necessario selezionare un grado di utensile idoneo alla velocità di taglio.



Durata di vita del grado di classe P



Durata di vita del grado di classe M



Durata di vita del grado di classe K

Effetti della velocità di taglio

1. Aumentando la velocità di taglio del 20%, si riduce la durata di vita dell'utensile di 50%. Aumentando la velocità di taglio del 50%, si riduce la durata di vita dell'utensile di 80%.
2. Il taglio a bassa velocità di taglio (20−40 m/min) tende a causare leggere vibrazioni. Di conseguenza, si riduce la durata di vita dell'utensile.

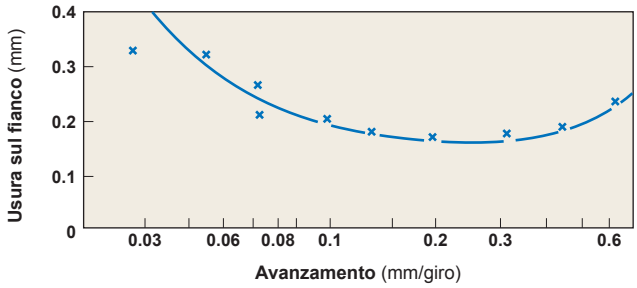
EFFETTI DEI PARAMETRI DI TAGLIO PER TORNITURA

AVANZAMENTO

Quando si effettua il taglio con un portautensili generico, l'avanzamento è la distanza percorsa da un portautensili per numero di giri del pezzo da lavorare. Durante la fresatura, l'avanzamento è la distanza percorsa da una tavola del macchinario per numero di giri della fresa, diviso per il numero di inserti. Per questo è indicato come avanzamento per dente. La velocità di avanzamento va riferita alla rugosità della finitura superficiale.

Effetti dell'avanzamento

1. Riducendo la velocità di avanzamento, si causa l'usura sul fianco e si riduce la durata di vita dell'utensile.
2. Aumentando la velocità di avanzamento, si aumenta la temperatura di taglio e l'usura sul fianco. Tuttavia, gli effetti sulla durata di vita dell'utensile sono minimi rispetto alla velocità di taglio.
3. Aumentando la velocità di avanzamento, si migliora l'efficienza della lavorazione.



Parametri di taglio Pezzo da lavorare : **Acciaio legato** Grado : **STi10T**
Forma dell'utensile : **0-0-5-5-35-35-0.3mm**
Profondità di taglio **ap=1.0mm** Velocità di taglio **vc=200m/min**
Durata di taglio **Tc=10min**

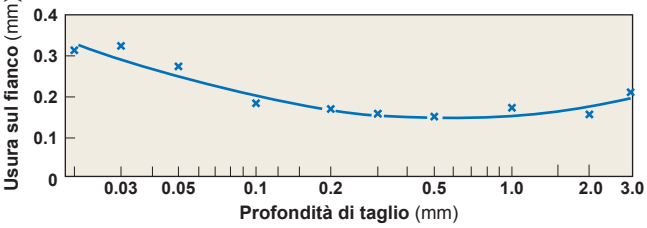
Rapporto tra avanzamento e usura sul fianco nella tornitura dell'acciaio

PROFONDITÀ DI TAGLIO

La profondità di taglio è determinata in base alla rimozione del sovrametallo necessaria, alla forma del pezzo da lavorare, alla potenza e alla rigidità della macchina e alla rigidità dell'utensile.

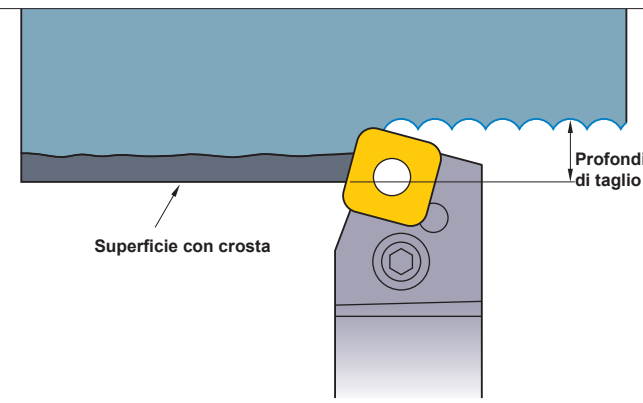
Effetti della profondità di taglio

1. La modifica della profondità di taglio non incide particolarmente sulla durata di vita dell'utensile.
2. Le profondità di taglio ridotte causano attrito quando si taglia lo strato temprato di un pezzo da lavorare. Di conseguenza si riduce la durata di vita dell'utensile.
3. Quando si tagliano superfici con crosta o superfici in ghisa, la profondità di taglio deve essere aumentata tanto quanto consentito dalla potenza del macchinario al fine di evitare di lavorare sulla crosta del pezzo con la punta del tagliente per impedire la formazione di trucioli e l'usura anomala.



Parametri di taglio Pezzo da lavorare : **Acciaio legato** Grado : **STi10T**
Forma dell'utensile : **0-0-5-5-35-35-0.3mm**
Avanzamento **f=0.20mm/giro** Velocità di taglio **vc=200m/min**
Durata di taglio **Tc=10min**

Rapporto tra avanzamento e usura sul fianco nella tornitura dell'acciaio

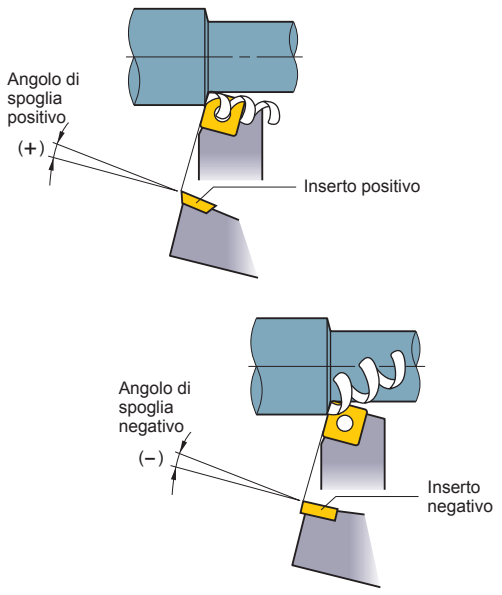


Sgrossatura dello strato superficiale che include la superficie con crosta

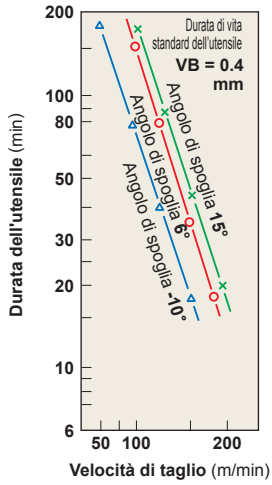
FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER TORNITURA

ANGOLO DI SPOGLIA

L'angolo di spoglia è un angolo del tagliente che influisce notevolmente su resistenza al taglio, evacuazione dei trucioli, temperatura di taglio e durata di vita dell'utensile.

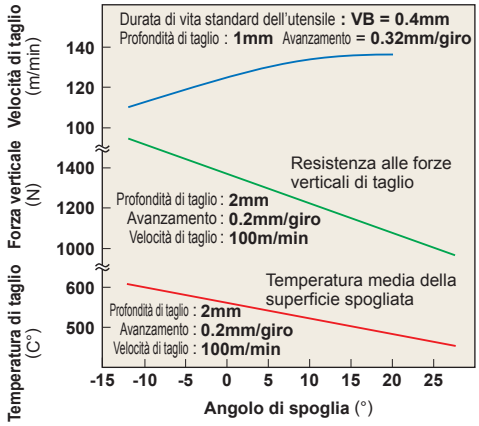


Evacuazione dei trucioli e angolo di spoglia



Parametri di taglio
Grado : **STi10**
Profondità di taglio : **1mm** Avanzamento : **0.32mm/giro**
Pezzo da lavorare : **Acciaio legato**

Angolo di spoglia e durata di vita dell'utensile



Parametri di taglio
Pezzo da lavorare : **Acciaio legato** Grado : **STi10T**
Forma dell'utensile : **0-Var-5-5-20-20-0.5mm**
Taglio a secco

Effetti dell'angolo di spoglia su velocità di taglio, forza verticale e temperatura di taglio

Effetti dell'angolo di spoglia

1. Aumentando l'angolo di spoglia in direzione positiva (+), si aumenta la taglienza.
2. Aumentando l'angolo di spoglia di 1° in direzione positiva (+), si riduce la robustezza di taglio di circa l'1%.
3. Aumentando l'angolo di spoglia in direzione positiva (+) si riduce la forza del tagliente e in direzione negativa (-) si aumenta la resistenza al taglio.

Quando aumentare l'angolo di spoglia in direzione negativa (-)

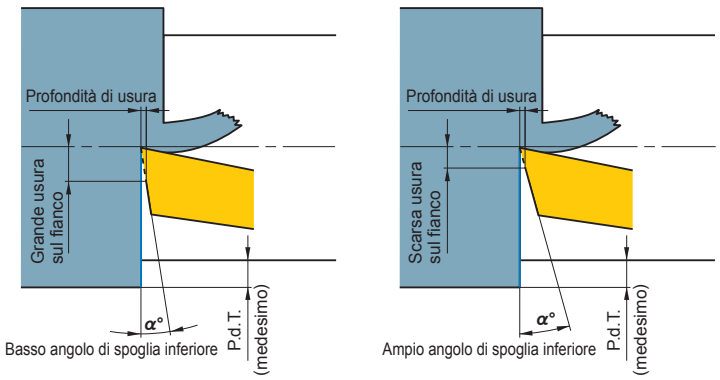
- ○ Pezzi da lavorare duri.
- ○ Quando si richiede elevata robustezza del tagliente, ad esempio per le superfici grezze e per il taglio interrotto.

Quando aumentare l'angolo di spoglia in direzione positiva (+)

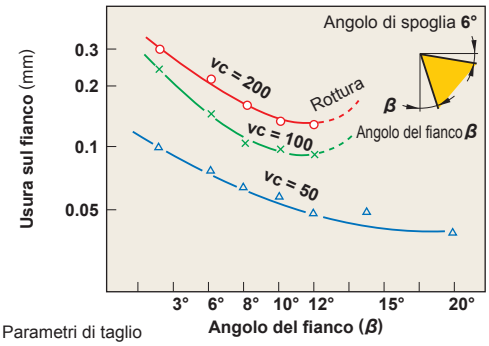
- ○ Pezzi da lavorare teneri.
- ○ Il pezzo da lavorare è facilmente lavorabile.
- ○ Se il pezzo da lavorare o la macchina presentano scarsa rigidità.

ANGOLO DEL FIANCO (o spoglia inferiore)

L'angolo di fianco impedisce l'attrito tra superficie di fianco e pezzo da lavorare determinando un avanzamento scorrevole.



L'angolo di fianco crea uno spazio tra utensile e pezzo da lavorare. L'angolo di fianco si riferisce all'usura sul fianco.



Parametri di taglio
Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (200HB)**
Grado : **STi20** Forma dell'utensile : **0-6-β-β-20-20-0.5mm**
Profondità di taglio : **1mm** Avanzamento : **0.32mm/giro** Durata di taglio : **20min**

Rapporto tra angolo di fianco e usura sul fianco

Effetti dell'angolo di Fianco (o spoglia inferiore)

1. Aumentando l'angolo di fianco si riduce l'occorrenza dell'usura sul fianco.
2. Aumentando l'angolo di fianco si riduce la robustezza del tagliente.

Quando si riduce l'angolo di fianco

- ○ Pezzi da lavorare duri.
- ○ Se è richiesta la robustezza del tagliente.

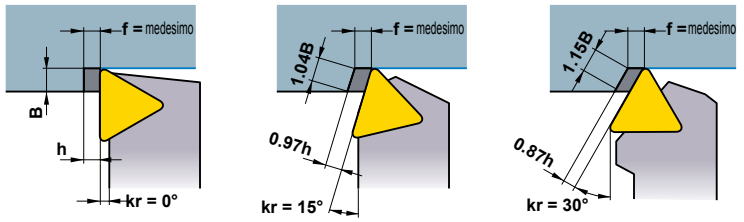
Quando si aumenta l'angolo di fianco

- ○ Pezzi da lavorare teneri.
- ○ I pezzi da lavorare sono facilmente soggetti a incrudimento.

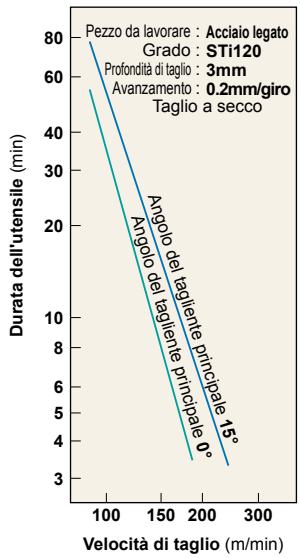
FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER TORNITURA

ANGOLO DEL TAGLIENTE PRINCIPALE (ANGOLO DI INCLINAZIONE)

L'angolo del tagliente principale e l'angolo dello smusso tagliente riducono il carico d'impatto e incidono sulla forza di avanzamento, sforzo di compressione e spessore del truciolo.



Angolo del tagliente principale e spessore del truciolo

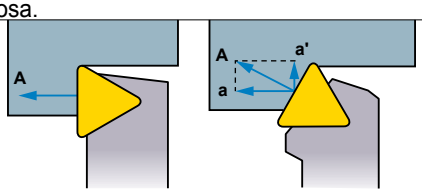


Tagliente principale e vita dell'utensile

Effetti dell'angolo del tagliente principale (angolo di inclinazione)

1. A parità di velocità di avanzamento, aumentando l'angolo del tagliente principale, si aumenta la lunghezza di contatto del truciolo e si riduce lo spessore del truciolo. Di conseguenza, la forza di taglio si disperde su un tagliente più lungo e la durata di vita dell'utensile viene prolungata (fare riferimento al diagramma).
2. Aumentando l'angolo del tagliente principale, si aumenta la forza a'. Quindi, i pezzi da lavorare lunghi e sottili possono essere soggetti a curvatura.
3. Aumentando l'angolo del tagliente principale, si riduce il controllo del truciolo.
4. Aumentando l'angolo del tagliente principale, si riduce lo spessore del truciolo e si aumenta la larghezza del truciolo. Di conseguenza la rottura dei trucioli risulta difficoltosa.

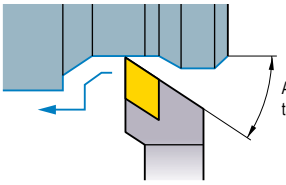
Quando si riduce l'angolo d'inclinazione	Quando si aumenta l'angolo d'inclinazione
○ Finitura con profondità di taglio ridotta. ○ Pezzi da lavorare sottili e lunghi. ○ Quando la macchina presenta scarsa rigidità.	○ Pezzi da lavorare duri che producono temperature di taglio elevate. ○ Quando si sgrossa un pezzo da lavorare di diametro elevato. ○ Quando la macchina presenta elevata rigidità.



Ricevere forza A. La forza A si divide in a e a'.

ANGOLO DEL TAGLIENTE SECONDARIO

L'angolo di entrata (5°– 15°) impedisce interferenze tra il pezzo da lavorare e l'utensile.

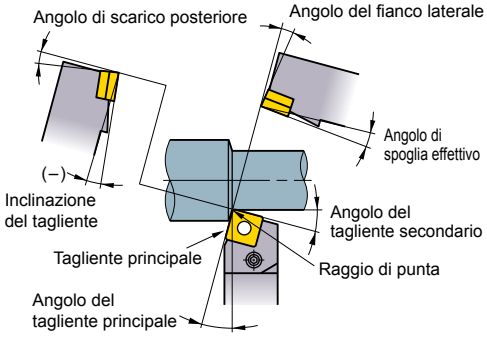


Effetti dell'angolo del tagliente secondario

1. Diminuendo l'angolo del tagliente secondario, si aumenta la robustezza del tagliente, ma si aumenta anche la temperatura del tagliente.
2. Diminuendo l'angolo del tagliente secondario, si aumenta lo sforzo di compressione e si causano crepitii e vibrazioni durante la lavorazione.
3. Si consigliano angoli del tagliente secondario ridotti per la sgrossatura e angoli elevati per la finitura.

INCLINAZIONE DEL TAGLIENTE

L'inclinazione del tagliente indica l'inclinazione della superficie di spoglia. Durante l'asportazione pesante, il tagliente subisce uno shock estremamente forte all'inizio di ogni taglio. L'inclinazione del tagliente impedisce al tagliente di subire questo shock e ne evita la rottura. Si consigliano 3°— 5° per la tornitura e 10°— 15° per la fresatura.

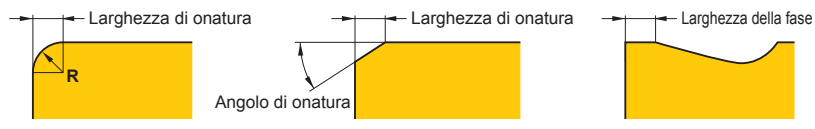


Effetti dell'inclinazione del tagliente

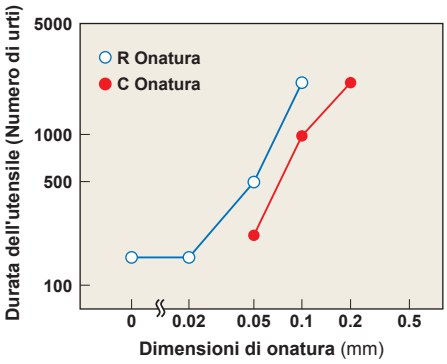
1. L'inclinazione negativa (-) del tagliente elimina i trucioli nella direzione del pezzo da lavorare, mentre l'inclinazione positiva (+) elimina i trucioli in direzione opposta.
2. L'inclinazione negativa (-) del tagliente aumenta la robustezza del tagliente, ma aumenta anche lo sforzo di compressione di resistenza al taglio. Di conseguenza possono facilmente verificarsi vibrazioni.

ONATURA E FASE

Onatura e fase sono forme del tagliente che mantengono la robustezza del tagliente.
L'onatura può essere di tipo arrotondato o rinforzato. La larghezza di onatura ottimale è di circa1/2 dell'avanzamento.
La fase è la stretta superficie piana sull'angolo di spoglia o sul superficie del fianco.

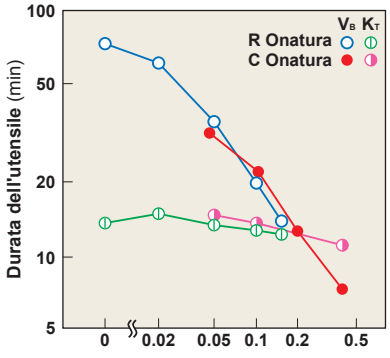


Onatura arrotondata **Onatura rinforzata** **Fase piatta**



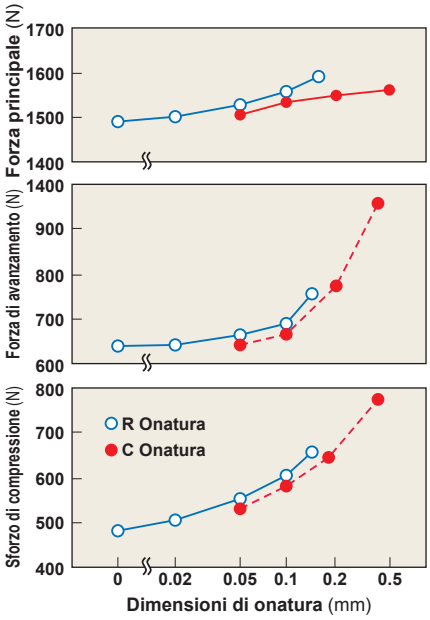
Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (280HB)**
Grado : **P10**
Parametri di taglio : **vc=200m/min ap=1.5mm f=0.335mm/giro**

Dimensioni di onatura e durata di vita dell'utensile a causa di rottura



Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (220HB)**
Grado : **P10**
Parametri di taglio : **vc=160m/min ap=1.5mm f=0.45mm/giro**

Dimensioni di onatura e durata di vita dell'utensile a causa di usura



Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (220HB)**
Grado : **P10**
Parametri di taglio : **vc=100m/min ap=1.5mm f=0.425mm/giro**

Dimensioni di onatura e resistenza al taglio

Effetti dell'onatura

1. Ampliando l'onatura, si aumentano la resistenza del tagliente e la vita dell'utensile e si riduce la rottura.
2. Ampliando l'onatura, si aumenta l'occorrenza di usura sul fianco e si riduce la vita dell'utensile. L'onatura non influisce sull'usura sulla spoglia.
3. Ampliando l'onatura, si aumentano la resistenza al taglio e le vibrazioni.

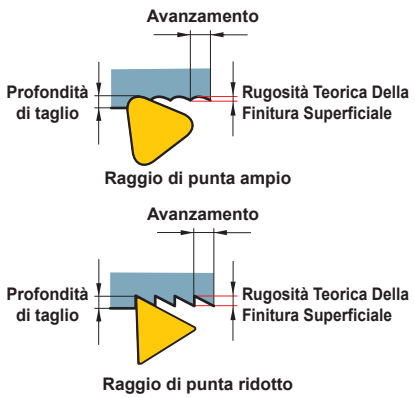
Se si riducono le dimensioni di onatura	Se si aumentano le dimensioni di onatura
○ Se si effettua la finitura con profondità di taglio ridotta e avanzamento ridotto. ○ Pezzi da lavorare teneri. ○ Se il pezzo da lavorare o la macchina presentano scarsa rigidità.	○ Pezzi da lavorare duri. ○ Quando è necessario un tagliente resistente per superfici non lavorate e lavorazioni con taglio interrotto. ○ Quando la macchina presenta elevata rigidità.

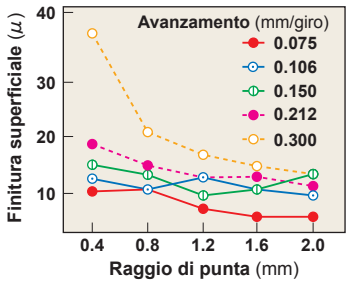
*Gli inserti in metallo duro, UTi, diamante rivestito e cermet intercambiabili presentano già un'onatura arrotondata come standard.

FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER TORNITURA

RAGGIO

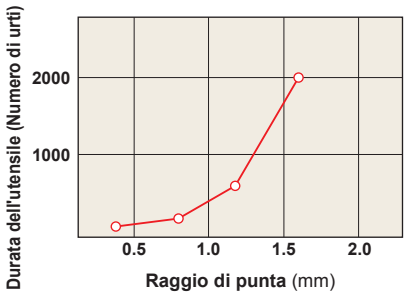
Il raggio influenza la robustezza del tagliente e la finitura superficiale. In generale si raccomanda un raggio di punta 2– 3 volte superiore all'avanzamento.





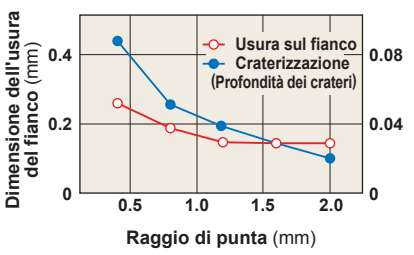
Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (200HB)**
Grado : **P20**
Velocità di taglio : **vc=120m/min ap=0.5mm**

Raggio di punta e superficie finita



Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (280HB)**
Grado : **P10**
Parametri di taglio : **vc=100m/min ap=2mm f=0.335mm/giro**

Dimensioni del raggio di punta e durata di vita dell'utensile a causa di rottura



Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (200HB)**
Grado : **P10**
Parametri di taglio : **vc=140m/min ap=2mm f=0.212mm/giro Tc=10min**

Dimensioni del raggio di punta e usura dell'utensile

Effetti del raggio di punta

1. Aumentando il raggio di punta, viene migliorata la finitura superficiale.
2. Aumentando il raggio di punta, viene migliorata la robustezza del tagliente.
3. Aumentando eccessivamente il raggio di punta, viene aumentata la resistenza al taglio e viene generato crepitio.
4. Aumentando il raggio di punta, si riduce l'usura sul fianco e sulla spoglia.
5. Aumentando eccessivamente il raggio di punta, si ha uno scarso controllo del truciolo.

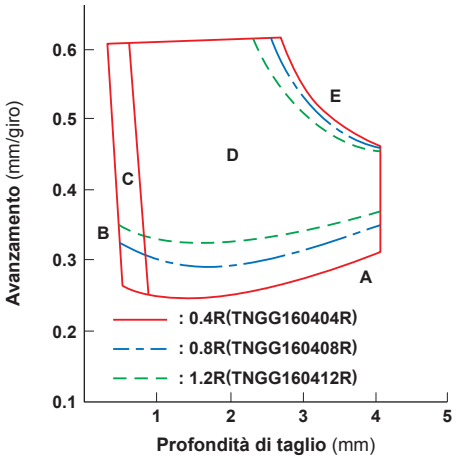
Se si riduce il raggio di punta

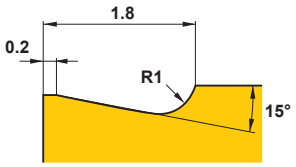
- ○ Finitura con profondità di taglio ridotta.
- ○ Pezzi da lavorare sottili e lunghi.
- ○ Quando la macchina presenta scarsa rigidità.

Se si aumenta il raggio di punta

- ○ Quando è necessario un tagliente resistente per superfici non lavorate e lavorazioni con taglio interrotto.
- ○ Quando si sgrossa un pezzo da lavorare di diametro elevato.
- ○ Quando la macchina presenta elevata rigidità.

Raggio di punta e campo di controllo del truciolo





Pezzo da lavorare : **DIN Ck45 (180HB)**
Inserto : **TNGG160404R TNGG160408R TNGG160412R (STi10T)**
Portautensile : **ETJNR33K16 (Angolo del tagliente principale di 3°)**
Velocità di taglio : **vc=100m/min**
Taglio a secco

(Nota) Consultare pag. P004 per le forme del truciolo (A, B, C, D, E).

FORMULE PER POTENZA DI TAGLIO

POTENZA DI TAGLIO (Pc)

$$Pc = \frac{ap \cdot f \cdot vc \cdot Kc}{60 \times 10^3 \times \eta} \text{ (kW)}$$

Pc (kW) : Potenza di taglio effettiva
f (mm/giro) : Avanzamento per numero di giri
Kc (MPa) : Forza di taglio specifica
ap (mm) : Profondità di taglio
vc (m/min) : Velocità di taglio
η : (Coefficiente macchina)

(Problema) Trovare la potenza di taglio necessaria per la lavorazione dell'acciaio dolce sapendo che la velocità di taglio è di 120 m/min con profondità di taglio di 3 mm e avanzamento di 0.2 mm/giro (coefficiente macchina 80%).

(Risposta) Inserire la forza di taglio specifica Kc=3100MPa nella formula.

$$Pc = \frac{3 \times 0.2 \times 120 \times 3100}{60 \times 10^3 \times 0.8} = 4.65\text{(kW)}$$

Kc

Materiale da lavorate	Resistenza alla trazione (MPa) e durezza	Forza di taglio specifica Kc (MPa)				
		0.1 (mm/giro)	0.2 (mm/giro)	0.3 (mm/giro)	0.4 (mm/giro)	0.6 (mm/giro)
Acciaio dolce	**520**	3610	3100	2720	2500	2280
Acciaio medio	**620**	3080	2700	2570	2450	2300
Acciaio duro	**720**	4050	3600	3250	2950	2640
Acciaio per utensili	**670**	3040	2800	2630	2500	2400
Acciaio per utensili	**770**	3150	2850	2620	2450	2340
Acciaio al cromo/manganese	**770**	3830	3250	2900	2650	2400
Acciaio al cromo/manganese	**630**	4510	3900	3240	2900	2630
Acciaio al cromo/molibdeno	**730**	4500	3900	3400	3150	2850
Acciaio al cromo/molibdeno	**600**	3610	3200	2880	2700	2500
Acciaio al nickel/cromo/molibdeno	**900**	3070	2650	2350	2200	1980
Acciaio al nickel/cromo/molibdeno	**352HB**	3310	2900	2580	2400	2200
Ghisa dura	**46HRC**	3190	2800	2600	2450	2270
Ghisa meehanite	**360**	2300	1930	1730	1600	1450
Ghisa grigia	**200HB**	2110	1800	1600	1400	1330

VELOCITÀ DI TAGLIO (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocità di taglio
Dm (mm) : Diametro del pezzo da lavorare
π (3.14) : Pi
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino dell'asse principale

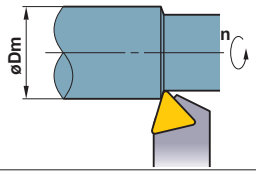
*Dividere per 1000 per passare da mm a m.

(Problema) Trovare la velocità di taglio sapendo che la velocità del mandrino dell'asse principale è 700 min^{-1} e il diametro esterno è ϕ50.

(Risposta) Inserire π = 3.14, Dm = 50, n = 700 nella formula.

$$vc = \frac{\pi \cdot Dm \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 700}{1000} = 110\text{m/min}$$

La velocità di taglio è 110 m/min.



AVANZAMENTO (f)

$$f = \frac{l}{n} \text{ (mm/giro)}$$

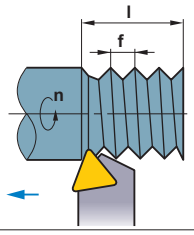
f (mm/giro) : Avanzamento per numero di giri
l (mm/min) : Lunghezza di taglio al minuto.
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino dell'asse principale

(Problema) Trovare l'avanzamento per numero di giri sapendo che la velocità del mandrino dell'asse principale è 500 min^{-1} e la lunghezza di taglio al minuto è 120 mm/min.

(Risposta) Inserire n=500, l=120 nella formula.

$$f = \frac{l}{n} = \frac{120}{500} = 0.24\text{mm/giro}$$

La risposta è 0.24 mm/giro



DURATA DI TAGLIO (Tc)

$$Tc = \frac{lm}{l} \text{ (min)}$$

Tc (min) : Durata di taglio
lm (mm) : Lunghezza del pezzo da lavorare
l (mm/min) : Lunghezza di taglio al minuto.

(Problema) Trovare la durata di taglio sapendo che il pezzo da lavorare da 100 mm viene lavorato a 1000 min^{-1} con avanzamento = 0.2 mm/giro.

(Risposta) Calcolare anzitutto la lunghezza di taglio al minuto a partire dalla velocità di avanzamento e del mandrino.

$$l = f \times n = 0.2 \times 1000 = 200\text{mm/min}$$

Inserire la suddetta risposta nella formula.

$$Tc = \frac{lm}{l} = \frac{100}{200} = 0.5\text{min}$$

0.5 x 60=30 (sec.) La risposta è 30 sec.

RUGOSITÀ TEORICA DELLA FINITURA SUPERFICIALE (h)

$$h = \frac{f^2}{8Re} \times 1000(\mu m)$$

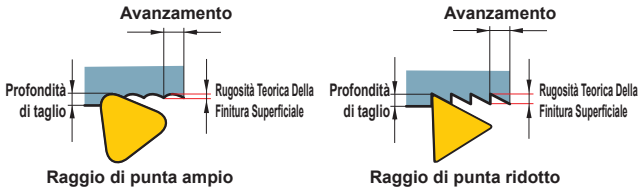
h (μm) : Rugosità della finitura superficiale
f (mm/giro) : Avanzamento per numero di giri
Re (mm) : Raggio d'angolo dell'inserto

(Problema) Trovare la rugosità teorica della finitura superficiale sapendo che il raggio d'angolo dell'inserto è 0.8 mm e l'avanzamento è 0.01in/giro.

(Risposta) Inserire f = 0.2 mm/giro, R = 0.8 nella formula.

$$h = \frac{0.2^2}{8 \times 0.8} \times 1000 = 6.25\mu m$$

La rugosità teorica della finitura superficiale è di 6 µm.

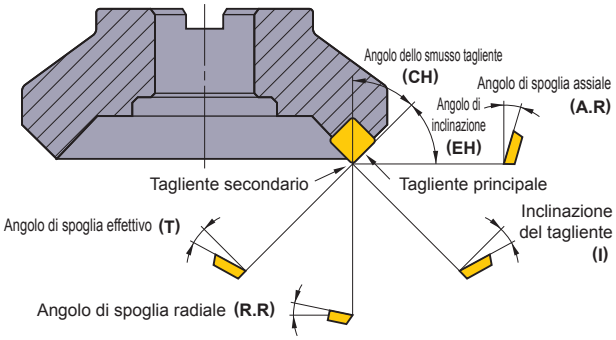


RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI FRESATURA IN SPIANATURA

Problema		Soluzione / Fattori	Selezione del grado dell'inserto: Scegliere un grado più duro	Scegliere un grado più tenace	Scegliere un grado con maggiore resistenza allo shock termico	Scegliere un grado con maggiore resistenza all'adesione	Parametri di taglio: Velocità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Avanzamento (Su ↗ / Giù ↘)	Profondità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Angolo di impegno (↗ Su)	Refrigerante: Non utilizzare fluido da taglio solubile in acqua	Refrigerante: Determinare il taglio a secco o a umido	Tipo e design dell'utensile: Spoglia (Su ↗ / Giù ↘)	Angolo dello smusso Tagliente (Su ↗ / Giù ↘)	L'onatura rinforza il tagliente (Su ↗ / Giù ↘)	Diametro di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Numero di denti (Inferiore Maggiore ↗ / ↘)	Tasca del truciolo più ampia	Utilizzo di un inserto raschiante	Miglioramento della tolleranza di concentricità	Rigidità della fresa	Macchina, installazione dell'utensile: Aumentare la rigidità del bloccaggio dell'utensile e del pezzo	Ridurre lo sbalzo	Ridurre la potenza della macchina e del gioco meccanico
Riduzione della durata della vita utensile	Rapida usura dell'inserto	Grado inadeguato dell'utensile	●																					
		Geometria inadeguata del tagliente											↗●	↗●	●↘					●				
		Velocità inadeguata del tagliente					●↘					● A umido												
	Scheggiatura o rottura del tagliente	Grado inadeguato dell'utensile		●																				
		Parametri di taglio scorretti						●↘	●↘															
		Mancanza di robustezza del tagliente.													↗●									
		Rottura termica			●		●↘	●↘	●↘		●	● A secco												
		Tagliente di riporto				●	↗●	↗●			●	● A umido												
		Rigidità insufficiente																			●	●	●	●
Deterioramento della finitura superficiale	Pessima finitura superficiale	Parametri di taglio scorretti	●				●↘	●↘	●↘															
		Adesione dei trucioli				●	↗●				●	● A umido	↗●		●↘									
		Tolleranza di concentricità insufficiente																	●	●				
		Crepitio (leggera vibrazione)					●↘	●↘	●↘	↗●			↗●		●↘		●↘				●	●	●	●
	Superficie non parallela o irregolare	Flessione del pezzo						●↘	●↘				↗●	●↘	●↘		●↘					●		
		Gioco dell'utensile																			●	●	●	●
		Notevole sforzo di compressione											↗●	●↘	●↘		●↘							
Bava, scheggiatura dell'utensile	Bave, scheggiatura	Spessore del truciolo troppo elevato					↗●	●↘	●↘															
		Diametro dell'utensile troppo elevato								↗●						●↘								
		Taglienza insufficiente											↗●		●↘									
		Ampio angolo di punta												●↘										
	Scheggiatura del bordo del pezzo da lavorare	Parametri di taglio scorretti						●↘	●↘															
		Taglienza insufficiente											↗●		●↘									
		Ridotto angolo di punta												↗●										
		Crepitio (leggera vibrazione)					●↘	●↘	●↘	↗●			↗●		●↘		●↘				●	●	●	●
Controllo dei trucioli	Scarsa dispersione del truciolo, inceppamento del truciolo e compattazione del truciolo	Adesione dei trucioli					↗●																	
		Spessore del truciolo troppo ridotto					↗●	↗●																
		Diametro della fresa troppo ridotto														●↘								
		Scarsa dispersione del truciolo									●	● A umido					●↘	●						

FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER FRESATURA IN SPIANATURA

FUNZIONE DI OGNI ANGOLO DEL TAGLIENTE NELLA FRESATURA IN SPIANATURA

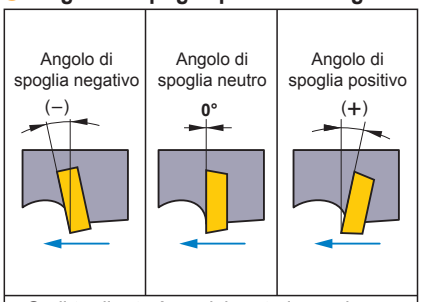


Ogni Angolo Del Tagliente Nella Fresatura In Spianatura

Tipo di Angolo	Simbolo	Funzione	Effetto
Angolo di spoglia assiale	A.R	Determina la direzione di evacuazione del truciolo.	**Positivi** : Eccellente lavorabilità.
Angolo di spoglia radiale	R.R	Determina la taglienza.	**Negativi** : Ottima evacuazione del truciolo.
Angolo dello smusso tagliente	CH	Determina lo spessore del truciolo.	**Largo** : Trucioli sottili e impatto di taglio ridotto. Notevole sforzo di compressione.
Angolo di spoglia effettivo	T	Determina la taglienza effettiva.	**Positivo (ampio)** : Eccellente lavorabilità. Saldatura minima. **Negativo (ampio) :** Scarsa lavorabilità. Tagliente robusto. Tagliente robusto.
Inclinazione del tagliente	I	Determina la direzione di evacuazione del truciolo.	**Positivo (ampio)** : Ottima evacuazione del truciolo. Scarsa robustezza del tagliente.

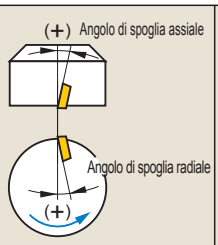
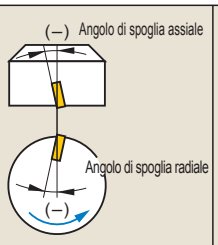
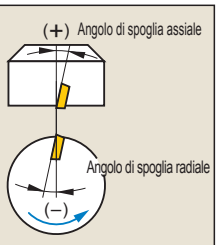
INSERTI STANDARD

Angolo di spoglia positivo e negativo

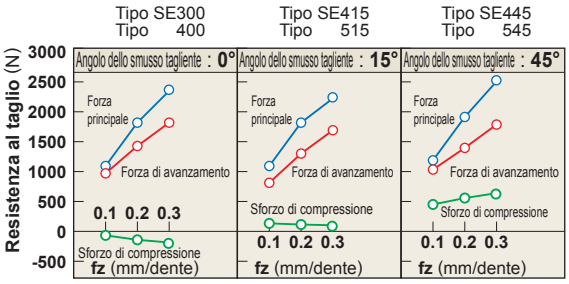


· Se il tagliente è posizionato in modo tale che sia la prima parte dell'inserto a contatto con il pezzo si ha un angolo di spoglia positivo.
· Se il tagliente è posizionato in modo tale che sia la seconda parte dell'inserto a contatto con il pezzo si ha un angolo di spoglia negativo.

Forma del tagliente standard

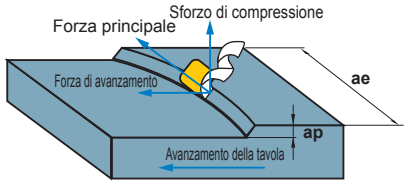
Combinazioni di taglienti standard		 Doppio Positivo (Tipo di bordo DP)	 Doppio Negativo (Tipo di bordo DN)	 Negativi/Positivi (Tipo di bordo NP)
Angolo di spoglia assiale (A.R.)		Positivi (+)	Negativi (–)	Positivi (+)
Angolo di spoglia radiale (R.R.)		Positivi (+)	Negativi (–)	Negativi (–)
Inserto impiegato		Inserto positivo (utilizzo monolaterale)	Inserto negativo (utilizzo bilaterale)	Inserto positivo (utilizzo monolaterale)
Materiale da lavorare	Acciaio	●	–	●
	Ghisa	–	●	●
	Lega di alluminio	●	–	–
	Materiali difficili da tagliare	●	–	●

ANGOLO DELLO SMUSSO TAGLIENTE (CH) E CARATTERISTICHE DI TAGLIO



Pezzo da lavorare : **DIN 41CrMo4 (281HB)**
Utensile : **ø125mm** Inserto singolo
Parametri di taglio : **vc=125.6m/min ap=4mm ae=110mm**

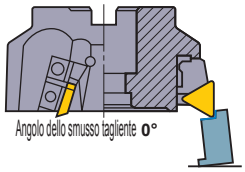
Confronto di resistenza di taglio tra diverse forme di inserto



Tre forze di resistenza al taglio nella fresatura

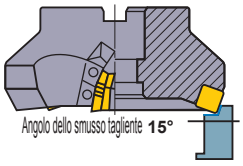
Angolo dello smusso tagliente **0°**

Lo sforzo di compressione è in direzione negativa. Solleva il pezzo da lavorare quando la rigidità del morsetto del pezzo da lavorare è ridotta.



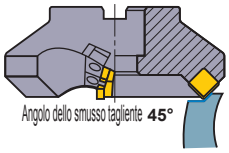
Angolo dello smusso tagliente **15°**

Si consiglia un angolo dello smusso tagliente di 15° per la fresatura in spianatura dei pezzi da lavorare con scarsa rigidità, come i pezzi da lavorare sottili.



Angolo dello smusso tagliente **45°**

Il massimo sforzo di compressione. Piega i pezzi da lavorare sottili e riduce la precisione di taglio.
*Impedisce la formazione di trucioli sul bordo del pezzo da lavorare nel taglio della ghisa.



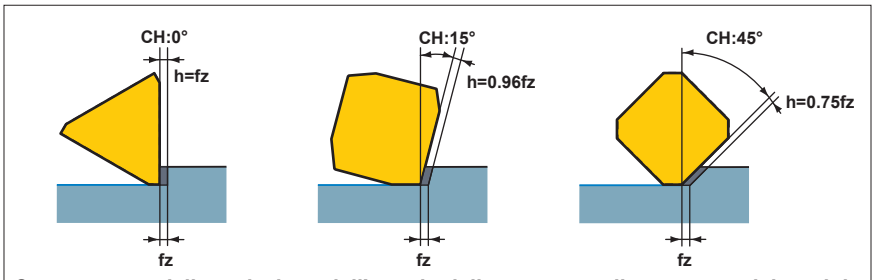
* Forza principale : La forza è nella direzione opposta alla rotazione della fresatura in spianatura.
* Sforzo di compressione : Forza che preme in direzione assiale.
* Forza di avanzamento: La forza è nella direzione di avanzamento ed è causata dall'avanzamento della tavola.

FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEGLI UTENSILI PER FRESATURA IN SPIANATURA

SMUSSO E DURATA DELL'UTENSILE

Smusso e spessore del truciolo

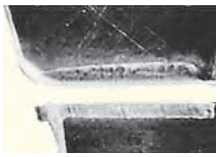
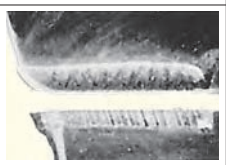
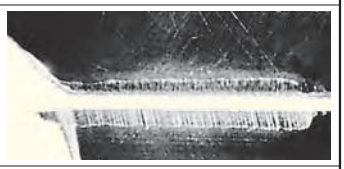
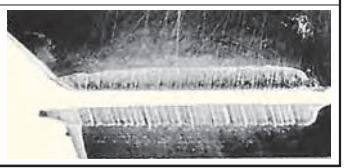
Se sono dati la profondità di taglio e l'avanzamento per dente, fz, vale la regola che maggiore è l'angolo di punta (CH), inferiore è lo spessore del truciolo (h) (per un CH pari a 45° lo spessore è all'incirca il 75% di quello per un CH pari a 0°). Aumentando il CH si riduce quindi la resistenza al taglio con conseguente aumento della durata dell'utensile.



Conseguenze della variazione dell'angolo dello smusso sullo spessore del truciolo

Angolo di smusso e craterizzazione

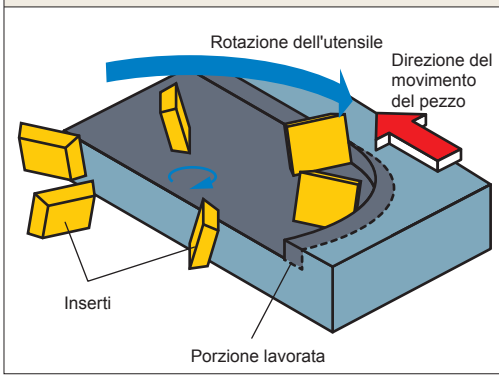
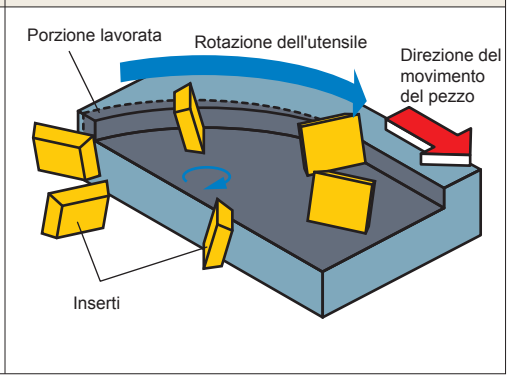
La seguente tabella contiene campioni di usura relativi ai diversi angoli di smusso. Confrontando la craterizzazione per l'angolo di 0° e 45°, si deduce chiaramente che la craterizzazione è maggiore per un angolo pari a 0°. Questo fenomeno è dovuto al fatto che con uno spessore del truciolo relativamente elevato la resistenza al taglio aumenta, favorendo di conseguenza la craterizzazione. Sviluppandosi la craterizzazione, diminuisce la resistenza del tagliente che finisce per essere soggetto a rottura.

	Angolo dello smusso tagliente **0°**	Angolo dello smusso tagliente **15°**	Angolo dello smusso tagliente **45°**
vc=100m/min Tc=69min			
vc=125m/min Tc=55min			
vc=160m/min Tc=31min			

Pezzo da lavorare : **Acciaio legato (287HB)**
Utensile : **D1=125**
Inserto : **M20** Carburo cementato
Parametri di taglio : **ap=3.0mm**
ae=110m
fz=0.2m/dente
Taglio a secco

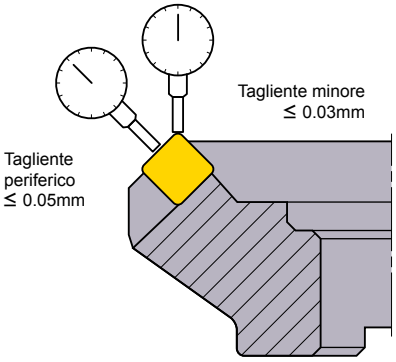
FRESATURA NEL SENSO DI AVANZAMENTO E CONTRO IL SENSO DI AVANZAMENTO

Nella scelta di un metodo di lavorazione la decisione a favore di una fresatura concorde o discorde dipende dalla macchina utensile, dal tipo di fresa e dall'applicazione. In linea generale si parte dal presupposto che la fresatura concorde produca maggiori vantaggi in termini di durata dell'utensile.

Taglio dal basso verso l'alto	Taglio dall'alto verso il basso
	

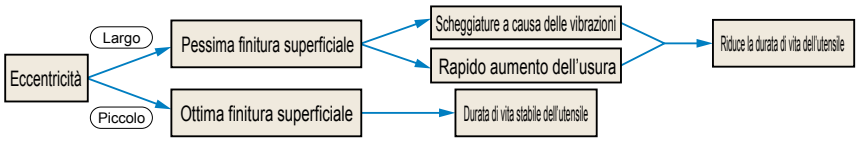
FINITURA SUPERFICIALE

Precisione di eccentricità del tagliente



Eccentricità del tagliente e precisione nella fresatura in spianatura

La precisione di eccentricità del tagliente di inserti intercambiabili sul corpo fresa influenza notevolmente la finitura superficiale e la durata di vita dell'utensile.

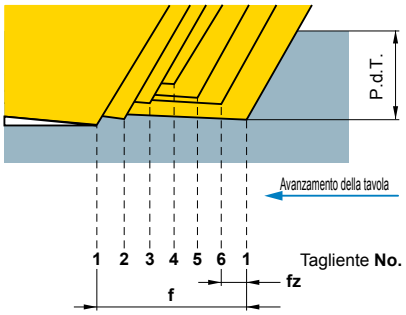


Precisione di eccentricità per fresatura in spianatura

Tagliente minore ≤ 0.03mm

Tagliente periferico ≤ 0.05mm

Migliore rugosità della finitura superficiale



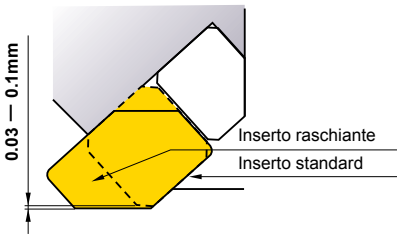
fz: Avanzamento per dente
f: Avanzamento per numero di giri

Eccentricità del tagliente secondario e finitura superficiale

Dato che la larghezza normale del tagliente secondario dei materiali Mitsubishi è di 1.4 mm e i taglienti secondari sono impostati parallelamente al petto della fresa, in teoria la precisione della superficie finita dovrebbe essere mantenuta anche con scarsa precisione di eccentricità.

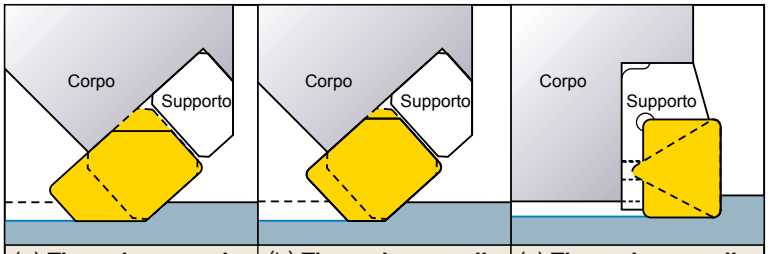
Problemi effettivi	Contromisura
· Eccentricità del tagliente. · Inclinazione del tagliente secondario. · Precisione del corpo fresa. · Precisione dei ricambi. · Saldatura, vibrazione, crepitio.	Inserto raschiante

* Lavorare una superficie che è già stata lavorata con inserti normali per produrre una finitura superficiale liscia.



· Sostituire uno o due inserti normali con inserti raschianti.
· Gli inserti raschianti sono registrati in modo da sporgere di 0.03—0.1mm rispetto agli inserti standard.

Come registrare un inserto raschiante



(a) **Tipo ad un angolo**	(b) **Tipo a due angoli**	(c) **Tipo a due angoli**
Sostituire l'inserto normale.	Sostituire l'inserto normale.	Utilizzare il supporto per inserto raschiante.

· La lunghezza del tagliente secondario deve essere maggiore dell'avanzamento per numero di giri.
* Un'eccessiva lunghezza del piano di spianatura causa rumore.
· Quando il diametro della fresa è ampio e l'avanzamento per numero di giri è più lungo del tagliente secondario dell'inserto raschiante, utilizzare due o tre inserti eccentrici.
· Quando si utilizza più di 1 inserto raschiante, si deve eliminare l'eccentricità degli inserti.
· Utilizzare un grado di durezza elevata (elevata resistenza all'usura) per gli inserti raschianti.

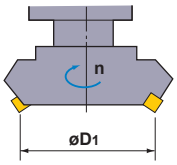
FORMULE PER FRESATURA IN SPIANATURA

VELOCITÀ DI TAGLIO (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocità di taglio
π (3.14) : Pi
D1 (mm) : Diametro di taglio
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino dell'asse principale

*Dividere per 1000 per passare da mm a m.



(Problema) Trovare la velocità di taglio sapendo che la velocità del mandrino dell'asse principale è 350 min^{-1} e il diametro della fresa è ϕ125 ?

(Risposta) Inserire π=3.14, D_1 = 125, n = 350 nella formula.

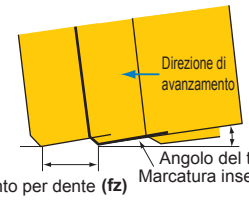
$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 350}{1000} = 137.4 \text{m/min}$$

La velocità di taglio è 137.4 m/min.

AVANZAMENTO PER DENTE (fz)

$$fz = \frac{vf}{z \cdot n} \text{ (mm/dente)}$$

fz (mm/dente) : Avanzamento per dente
z : Codice inserto
vf (mm/min) : Avanzamento della tavola al minuto
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino dell'asse principale (Avanzamento per numero di giri **f = z x fz**)



Avanzamento per dente **(fz)**

(Problema) Trovare l'avanzamento per dente sapendo che la velocità del mandrino dell'asse principale è 500 min^{-1}, il numero di inserti è 10 e l'avanzamento della tavola è 500 mm/min ?

(Risposta) Inserire le suddette cifre nella formula.

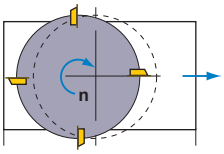
$$fz = \frac{vf}{z \times n} = \frac{500}{10 \times 500} = 0.1 \text{mm/dente}$$

La risposta è 0.1 mm/dente.

AVANZAMENTO DELLA TAVOLA (vf)

$$vf = fz \cdot z \cdot n \text{ (mm/min)}$$

vf (mm/min) : Avanzamento della tavola al minuto.
z : Codice inserto
fz (mm/dente) : Avanzamento per dente
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino dell'asse principale



(Problema) Trovare l'avanzamento della tavola sapendo che l'avanzamento per dente è 0.1 mm/dente, il numero di inserti è 10 e la velocità del mandrino dell'asse principale è 500 min^{-1}?

(Risposta) Inserire le suddette cifre nella formula.

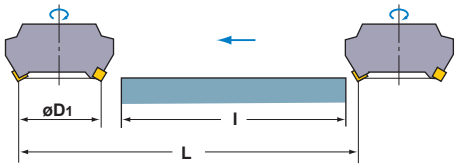
vf = fz×z×n = 0.1×10×500 = 500mm/min

L'avanzamento della tavola è 500 mm/min.

DURATA DI TAGLIO (Tc)

$$Tc = \frac{L}{vf} \text{ (min)}$$

Tc (min) : Durata di taglio
vf (mm/min) : Avanzamento della tavola al minuto.
L (mm) : Lunghezza totale di avanzamento della tavola (Lunghezza del pezzo da lavorare : **l**+Diametro di taglio : **D1**)



(Problema) Trovare il tempo di taglio richiesto per la finitura superficiale di un blocco in ghisa di larghezza 100 mm e lunghezza 300 mm (GG20) sapendo che il diametro della fresa è 200 mm, il numero di inserti è 16, la velocità di taglio è 125 m/min e l'avanzamento per dente è 0.25 mm (la velocità del mandrino è 200 min^{-1}).

(Risposta) Calcolare l'avanzamento della tavola al minuto vf=0.25×16×200=800mm/min
Calcolare la lunghezza totale di avanzamento della tavola. L=300+200=500mm
Inserire la suddetta risposta nella formula.

$$Tc = \frac{500}{800} = 0.625 \text{ (min)}$$

0.625×60=37.5 (sec). La risposta è 37.5 sec.

POTENZA DI TAGLIO (Pc)

$$Pc = \frac{ap \cdot ae \cdot vf \cdot Kc}{60 \times 10^6 \times \eta}$$

Pc (kW)	: Potenza di taglio effettiva	**ap (mm)**	: Profondità di taglio
ae (mm)	: Larghezza di taglio	**vf (mm/min)**	: Avanzamento della tavola al minuto.
Kc (MPa)	: Forza di taglio specifica	**η**	: (Coefficiente macchina)

(Problema) Trovare la potenza di taglio richiesta per acciaio per utensili di fresatura sapendo che la velocità di taglio è di 80 m/min con profondità di taglio di 2 mm, la larghezza di taglio è 80 mm e l'avanzamento della tavola è di 280 mm/min per fresa ϕ250 con 12 inserti. Coefficiente macchina 80%.

(Risposta) Calcolare anzitutto la velocità del mandrino per ottenere l'avanzamento per dente.

$$n = \frac{1000vc}{\pi D_1} = \frac{1000 \times 80}{3.14 \times 250} = 101.91 min^{-1}$$

Avanzamento per dente $fz = \frac{vf}{z \times n} = \frac{280}{12 \times 101.9} = 0.228 mm/dente$

Sostituire i valori delle forze specifiche di taglio nella formula.

$$Pc = \frac{2 \times 80 \times 280 \times 1800}{60 \times 10^6 \times 0.8} = 1.68 kW$$

Kc

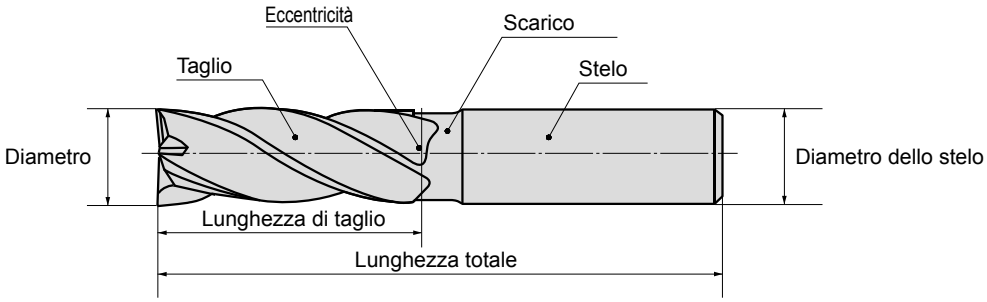
Materiale da lavorate	Resistenza alla trazione (MPa) e durezza	Forza di taglio specifica Kc (MPa)				
		0.1mm/dente	0.2mm/dente	0.3mm/dente	0.4mm/dente	0.6mm/dente
Acciaio dolce	**520**	2200	1950	1820	1700	1580
Acciaio medio	**620**	1980	1800	1730	1600	1570
Acciaio duro	**720**	2520	2200	2040	1850	1740
Acciaio per utensili	**670**	1980	1800	1730	1700	1600
Acciaio per utensili	**770**	2030	1800	1750	1700	1580
Acciaio al cromo/manganese	**770**	2300	2000	1880	1750	1660
Acciaio al cromo/manganese	**630**	2750	2300	2060	1800	1780
Acciaio al cromo/molibdeno	**730**	2540	2250	2140	2000	1800
Acciaio al cromo/molibdeno	**600**	2180	2000	1860	1800	1670
Acciaio al nickel/cromo/molibdeno	**940**	2000	1800	1680	1600	1500
Acciaio al nickel/cromo/molibdeno	**352HB**	2100	1900	1760	1700	1530
Ghisa	**520**	2800	2500	2320	2200	2040
Ghisa dura	**46HRC**	3000	2700	2500	2400	2200
Ghisa meehanite	**360**	2180	2000	1750	1600	1470
Ghisa grigia	**200HB**	1750	1400	1240	1050	970
Ottone	**500**	1150	950	800	700	630
Lega leggera (Al-Mg)	**160**	580	480	400	350	320
Lega leggera (Al-Si)	**200**	700	600	490	450	390

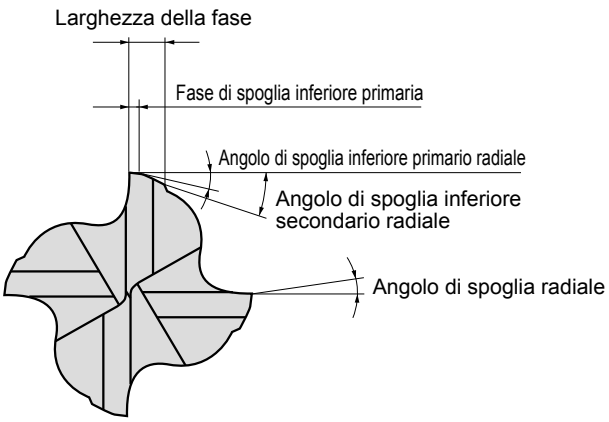
RISOLUZIONE DI PROBLEMI PER FRESATURA FRONTALE

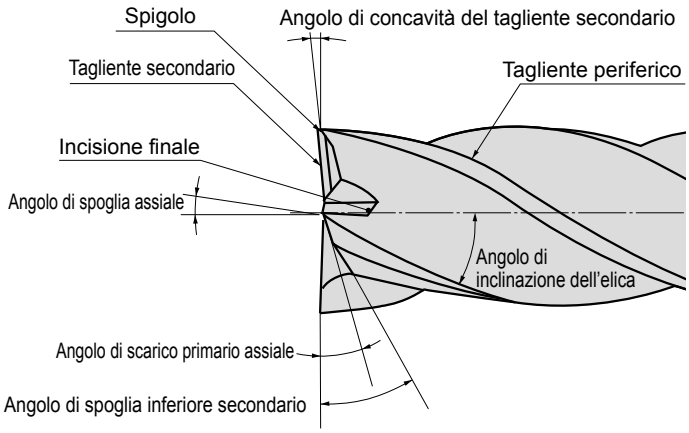
Problema		Soluzione / Fattori	Selezione del grado dell'inserto: Utensile rivestito	Parametri di taglio: Velocità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Avanzamento (Su ↗ / Giù ↘)	Profondità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Avanzamento a colpi (↙ Giù)	Taglio dall'alto verso il basso	Utilizzo di aria compressa	Refrigerante: Aumentare la quantità di lubrificante	Non utilizzare fluido da taglio solubile in acqua	Determinare il taglio a secco o a umido	Tipo e design dell'utensile: Angolo di inclinazione dell'elica (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Codice inserto (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Angolo di concavità del tagliente secondario (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Diametro dell'utensile (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Rigidità della fresa (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Tasca del truciolo più ampia (Su ↗ Maggiore / Giù ↘ Inferiore)	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre lo sbalzo dell'utensile	Aumentare l'accuratezza di concentricità dell'attacco dell'utensile	Aumentare la tolleranza di concentricità dell'attacco dell'utensile	Ispezione e sostituzione della pinza	Aumentare la potenza di bloccaggio del mandrino portafresa	Aumentare la rigidità di bloccaggio dell'utensile
Riduzione della durata della vita utensile	Estesa usura periferica del tagliente	Viene utilizzato un utensile non rivestito	●																					
		Basso numero di taglienti												↗ ●										
		Parametri di taglio scorretti		● ↘							●													
		Viene utilizzata fresatura discorde						Taglio dall'alto verso il basso																
	Grave scheggiatura	Parametri di taglio scorretti																						
		Tagliente fragile															●							
		Forza di bloccaggio insufficiente																				●	●	
		Bassa rigidità di bloccaggio																	●	●	●	●	●	●
	Rottura durante la lavorazione	Parametri di taglio scorretti				● ↘																		
		Bassa rigidità dell'utensile														↗ ●	●							
		Sbalzo più lungo del necessario				● ↘													●					
		Inceppamento dei trucioli								●								●						
Deterioramento della finitura superficiale	Vibrazioni durante la lavorazione	Parametri di taglio scorretti		● ↘	● ↘																			
		Bassa rigidità dell'utensile											↗ ●	↗ ●		↗ ●	●							
		Bassa rigidità di bloccaggio																	●	●	●	●	●	●
	Scarsa finitura superficiale sulle pareti	Intensa usura del tagliente	●																					
		Parametri di taglio scorretti		● ↘		● ↘																		
		Intasamento trucioli.							●	●		● A umido												
	Scarsa finitura superficiale sui tratti piani	Il tagliente anteriore non presenta un angolo concavo.			● ↘	● ↘									↗ ●									
		Grande avanzamento					● ↘																	
	Fuori verticale	Intensa usura del tagliente	●																					
		Parametri di taglio scorretti			● ↘	● ↘																		
		Scarsa rigidità dell'utensile											↗ ●	↗ ●		↗ ●	●							
	Precisione dimensionale insufficiente	Parametri di taglio scorretti		● ↘	● ↘	● ↘																		
		Bassa rigidità di bloccaggio																	●	●	●	●	●	●
Bave, scheggiatura ecc.	Formazione di bave o scheggiatura	Parametri di taglio scorretti			● ↘	● ↘																		
		Ampio angolo d'elica											● ↘											
	Rapida formazione di bave	Craterizzazione	●																					
		Parametri di taglio scorretti		● ↘	↗ ●																			
Scarsa dispersione del truciolo	Intasamento trucioli.	Volume di trucioli troppo elevato			● ↘	● ↘																		
		Gola di scarico trucioli mancante												● ↘				●						

CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLA FRESA FRONTALE

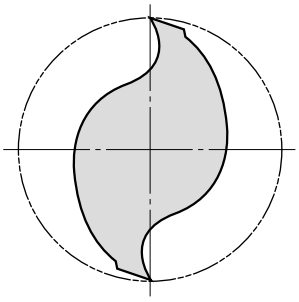
NOMENCLATURA



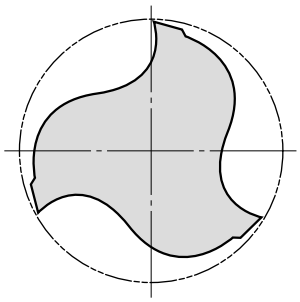




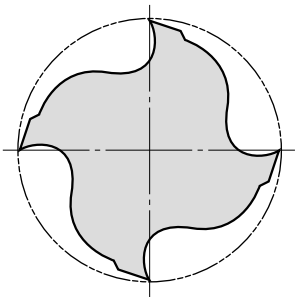
CONFRONTO DELL'AREA A SEZIONI DELLA TASCA DEL TRUCIOLO



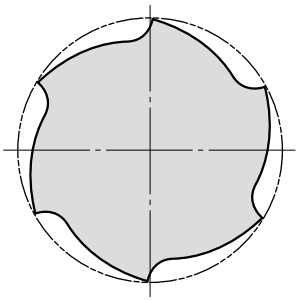
A 2 tagli
50%



A 3 tagli
45%



A 4 tagli
40%



A 6 tagli
20%

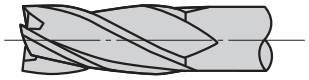
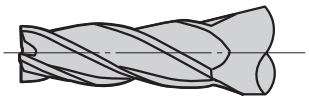
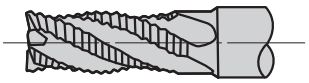
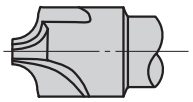
PROPRIETÀ E APPLICAZIONI DI FRESE CON DIVERSO NUMERO DI TAGLIENTI

		A 2 tagli	A 3 tagli	A 4 tagli	A 6 tagli
Caratteristiche	Vantaggio	Eccellente evacuabilità del truciolo. Foratura semplice.	Eccellente evacuabilità del truciolo. Utilizzabile per affondi e fori.	Elevata rigidità	Elevata rigidità Durata superiore del tagliente
	Difetto	Scarsa rigidità	Diametro non facilmente misurabile.	Scarsa evacuabilità del truciolo.	L'evacuazione dei trucioli è insufficiente.
Utilizzo		Fresatura di fessure, fresatura a tre tagli, incisione. Ampia gamma di utilizzi.	Fresatura di fessure, fresatura a tre tagli Asportazione pesante, finitura	Fresatura di fessure poco profonde, fresatura a tre tagli. Finitura	Fresatura di gole piatte, lavorazione di spallamenti in materiali estremamente duri

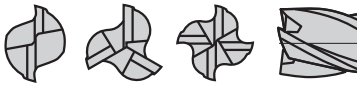
CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLA FRESA FRONTALE

TIPO E GEOMETRIA

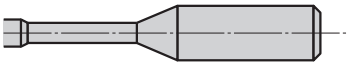
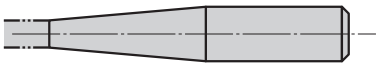
(1) Tagliente periferico

Tipo	Forma	Caratteristiche
Taglio normale		La geometria a taglio regolare illustrata è più comunemente usata per la sgrossatura e la finitura di fresatura a tre tagli, fresatura di fessure e spallamento.
Taglio conico		La geometria a taglio conico viene utilizzata per applicazioni speciali, quali sformi di matrici, e per applicare angoli conici dopo la convenzionale fresatura a tagliente rettilineo.
Taglio di sgrossatura		La geometria di sgrossatura ha un tagliente di forma ondulata e rompe il materiale in piccoli trucioli. Inoltre, la resistenza al taglio è bassa e consente elevate velocità di avanzamento durante la sgrossatura. La superficie interna del taglio è adatta alla riaffilatura.
Taglio formato		La geometria a forma speciale illustrata viene utilizzata per produrre raggi d'angolo sui componenti. Esiste un numero infinito di diverse geometrie che possono essere realizzate utilizzando questo genere di frese.

(2) Tagliente secondario

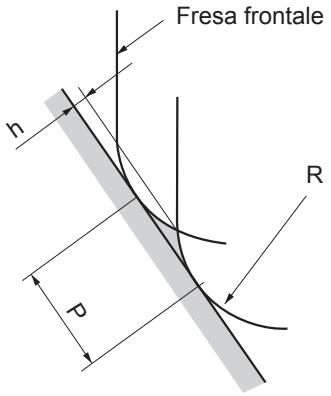
Tipo	Forma	Caratteristiche
Estremità quadrata (con foro centrale)		Generalmente utilizzato per fresatura in contornatura, fresatura di fessure e spallamento. Il taglio a tuffo non è possibile a causa del foro centrale che viene utilizzato per garantire una rettifica e raffilatura precisa dell'utensile.
Estremità quadrata (Tagliente al centro)		Generalmente utilizzato per fresatura in contornatura, fresatura di fessure e spallamento. Il taglio a tuffo è consentito ed è possibile aumentare l'efficienza del taglio a tuffo utilizzando meno tagli. È possibile realizzare la riaffilatura sul fianco.
Estremità sferic		Geometria totalmente adattata alla fresatura a superficie curva. Nel punto finale estremo, la tasca del truciolo è molto piccola, determinando un'evacuazione inefficiente del truciolo.
Estremità a raggio d'angolo		Utilizzato per profili raggiati e fresatura torica. Durante la fresatura per piani paralleli a passo costante si può utilizzare in modo efficiente una fresa torica di ampio diametro e raggio di punta ridotto.

(3) Parti di stelo e collo

Tipo	Forma	Caratteristiche
Standard (Stelo rettilineo)		Tipo più comunemente usato.
Stelo lungo		Tipo a stelo lungo per applicazioni a tasca e spalla profonde.
Scarico lungo		La geometria a scarico lungo può essere utilizzata per la fresatura di fessure profonde ed è idonea anche alla foratura.
Scarico conico		Le caratteristiche a scarico conico lungo sono sfruttate al meglio in applicazioni a fresatura di fessure profonde e sformi di matrici.

SELEZIONE DEL PASSO DI AVANZAMENTO PER PROFONDITA' DI PASSATA (CONTORNITURA)

FRESATURA AD AVANZAMENTO PER LIVELLI (CON TORNATURA) CON FRESE FRONTALI A TESTA SEMISFERICA E FRESE FRONTALI CON RAGGIO D'ANGOLO



$$h = R \cdot \left[1 - \cos \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{P}{2R} \right) \right\} \right]$$

R : Raggio della testa semisferica, raggio d'angolo

P : Avanzamento a colpi

h : Altezza della cuspide

ALTEZZA DELLE CRESTE OTTENUTE IN BASE AL RAGGIO DI PUNTA DELLE FRESE E ALLA PROFONDITA' DI PASSATA

Unità : mm

R \ P	Cresta corrispondente alla profondità di passata (P)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	0.003	0.010	0.023	0.042	0.067	0.100	–	–	–	–
1	0.001	0.005	0.011	0.020	0.032	0.046	0.063	0.083	0.107	–
1.5	0.001	0.003	0.008	0.013	0.021	0.030	0.041	0.054	0.069	0.086
2	0.001	0.003	0.006	0.010	0.016	0.023	0.031	0.040	0.051	0.064
2.5	0.001	0.002	0.005	0.008	0.013	0.018	0.025	0.032	0.041	0.051
3		0.002	0.004	0.007	0.010	0.015	0.020	0.027	0.034	0.042
4		0.001	0.003	0.005	0.008	0.011	0.015	0.020	0.025	0.031
5		0.001	0.002	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.020	0.025
6		0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.017	0.021
8			0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
10			0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.010	0.013
12.5			0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.010

R \ P	Cresta corrispondente alla profondità di passata (P)									
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1.5	0.104	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0.077	0.092	0.109	–	–	–	–	–	–	–
2.5	0.061	0.073	0.086	0.100	–	–	–	–	–	–
3	0.051	0.061	0.071	0.083	0.095	0.109	–	–	–	–
4	0.038	0.045	0.053	0.062	0.071	0.081	0.091	0.103	–	–
5	0.030	0.036	0.042	0.049	0.057	0.064	0.073	0.082	0.091	0.101
6	0.025	0.030	0.035	0.041	0.047	0.054	0.061	0.068	0.076	0.084
8	0.019	0.023	0.026	0.031	0.035	0.040	0.045	0.051	0.057	0.063
10	0.015	0.018	0.021	0.025	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050
12.5	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.032	0.036	0.040

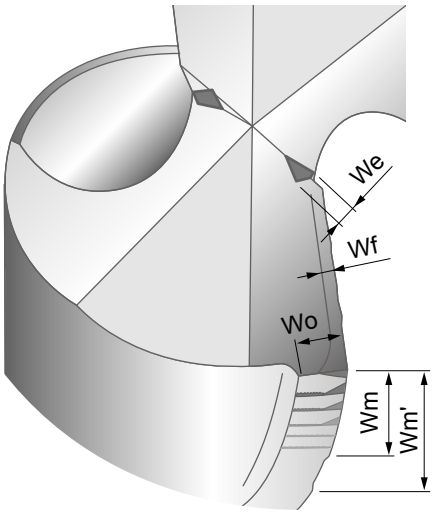
RISOLUZIONE DI PROBLEMI DI FORATURA

Problema		Soluzione / Fattori	Parametri di taglio: Velocità di taglio (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Avanzamento (Su ↗ / Giù ↘)	Parametri di taglio: Avanzamento minore durante il taglio iniziale	Parametri di taglio: Avanzamento minore durante la penetrazione	Parametri di taglio: Avanzamento a fasi	Parametri di taglio: Aumentare la precisione di esecuzione del foro pilota e la profondità	Parametri di taglio: Refrigerante: Aumentare il rapporto dell'olio	Parametri di taglio: Refrigerante: Aumentare il volume	Parametri di taglio: Refrigerante: Aumentare la pressione del refrigerante	Tipo e design dell'utensile: Larghezza del tagliente trasversale (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Larghezza di onatura (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Spessore centrale (Su ↗ / Giù ↘)	Tipo e design dell'utensile: Ridurre la lunghezza dell'elica	Tipo e design dell'utensile: Ridurre l'altezza del labbro	Tipo e design dell'utensile: Utilizzare la punta con refrigerante interno	Tipo e design dell'utensile: Sostituire con una punta con assottigliamento a X	Macchina, installazione dell'utensile: Aumentare la precisione di installazione dell'utensile	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre lo sbalzo dell'utensile	Macchina, installazione dell'utensile: Superficie piana del pezzo da lavorare	Macchina, installazione dell'utensile: Aumentare la rigidità di bloccaggio dell'utensile	Macchina, installazione dell'utensile: Ridurre il gioco meccanico e aumentare la rigidità
Riduzione della durata della vita utensile	Rottura della punta	Rigidità della punta insufficiente												↗ ●	●								
		Parametri di taglio scorretti		● ↘																			
		Intensa deflessione del portautensili																	●				●
		La superficie del pezzo è inclinata																			●		
	Usura elevata in corrispondenza del tagliente periferico	Parametri di taglio scorretti	● ↘																				
		Aumento della temperatura nel punto di taglio							●	●							●						
		Tolleranza di concentricità insufficiente																	●				
	Rottura del tagliente periferico	Parametri di taglio scorretti		● ↘			●																
		Intensa deflessione del portautensili																	●				●
		Rumore, vibrazioni											● ↘							●		●	●
	Rottura del tagliente trasversale	Il tagliente trasversale è troppo largo										● ↘											
		Ingresso insufficiente			●																		
		Crepitii, vibrazioni											● ↘							●		●	●
Riduzione della qualità del foro	Il diametro del foro si ingrandisce	Rigidità della punta insufficiente												↗ ●	●								
		Geometria della punta inadeguata														●							
	Il diametro del foro si riduce	Aumento della temperatura nel punto di taglio							●	●							●						
		Parametri di taglio scorretti	● ↘																				
		Geometria della punta inadeguata														●							
	Rettilineità insufficiente	Rigidità della punta insufficiente												↗ ●	●								
		Intensa deflessione del portautensili																	●				●
		Pre-foro non corretto						●															
	Insufficienti precisione della posizione del foro, della rotondità e della qualità superficiale	Rigidità della punta insufficiente												↗ ●	●								
		Ingresso insufficiente																●					
		Parametri di taglio scorretti			●																		
		Intensa deflessione del portautensili																	●				●
Bave	Formazione di bave in corrispondenza del foro di uscita	Geometria della punta inadeguata											● ↘										
		Parametri di taglio scorretti				●																	
Scarsa dispersione del trucioli	Trucioli lunghi	Parametri di taglio scorretti		↗ ●				●															
		Scarsa evacuazione dei trucioli.								●	●			● ↘			●						
	Inceppamento dei trucioli	Parametri di taglio scorretti	● ↘	● ↘				●															
		Scarsa evacuazione dei trucioli.								●	●			● ↘			●						

USURA DELLA PUNTA E DANNI AL TAGLIENTE

CONDIZIONI DI USURA DELLA PUNTA

La seguente tabella contiene un semplice disegno che rappresenta l'usura del tagliente di una punta. La formazione e l'entità dell'usura variano in funzione del materiale, del pezzo e delle condizioni di taglio. In generale, tuttavia, l'usura maggiore è quella periferica ed è quella che determina la durata di una punta. Durante la riaffilatura occorre asportare completamente la parte usurata sul fianco della punta. Se l'usura è elevata, occorre pertanto rimuovere una maggiore quantità di materiale per ripristinare il tagliente.



We : **Usura dei taglienti trasversali**

Wf : **Usura sul fianco (Centro del tagliente principale)**

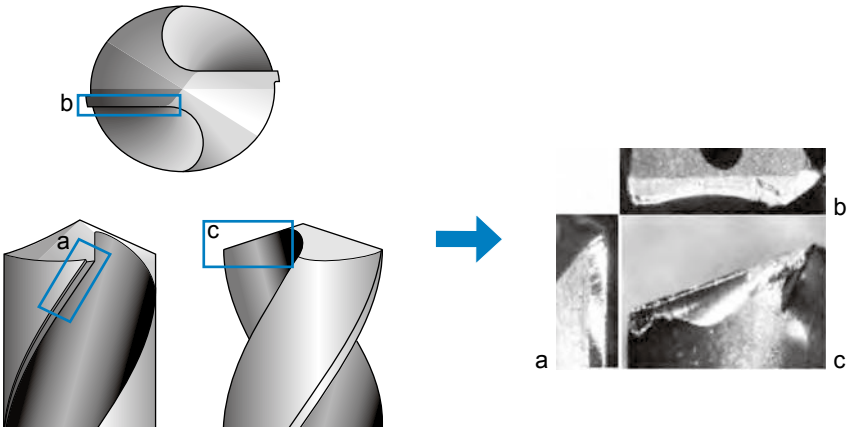
Wo : **Usura del pattino guida**

Wm : **Ampiezza di usura del margine**

Wm' : **Usura delle faccette di guida (Pattino guida)**

DANNI AL TAGLIENTE

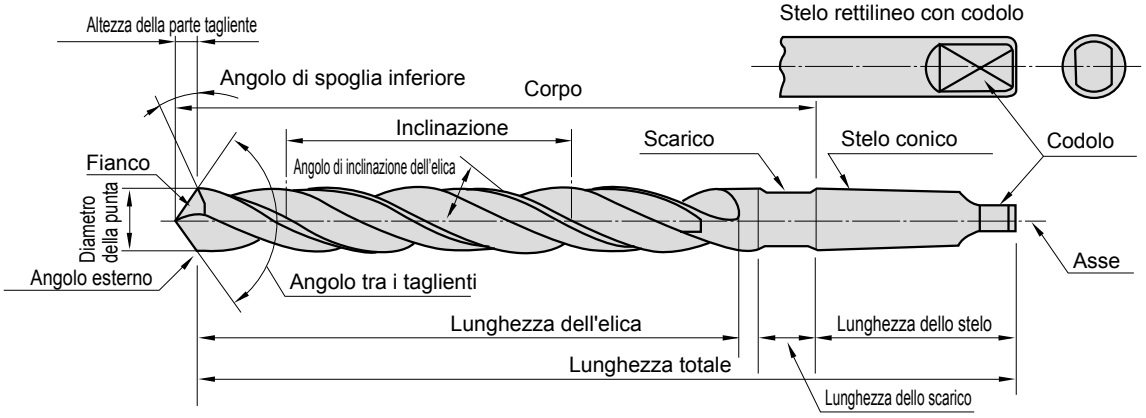
Durante la foratura il tagliente può subire fenomeni di scheggiatura, rottura e danni anomali. In questi casi è importante valutare attentamente il tipo di danno, indagare la causa e adottare opportune contromisure.

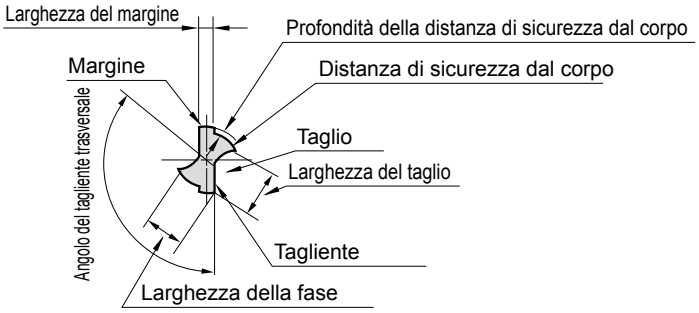


Danni al tagliente

CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLE PUNTE

NOMENCLATURA





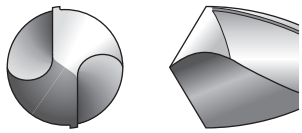
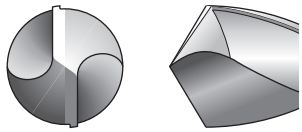
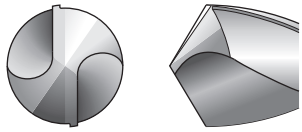
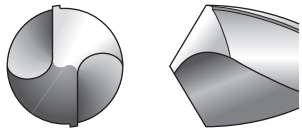
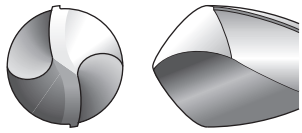
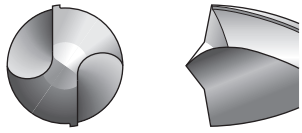
SPECIFICHE DI FORMA E CARATTERISTICHE DI TAGLIO

Angolo di inclinazione dell'elica	t è l'inclinazione del taglio rispetto alla direzione assiale di una punta, che corrisponde all'angolo di spoglia di uno scalpello. L'angolo di spoglia di una punta varia a seconda della posizione del tagliente e diminuisce notevolmente man mano che la circonferenza raggiunge il centro. **Materiale a elevata durezza** **Piccolo** ◀•• **Angolo di spoglia** ••▶ **Largo** **Materiale tenero** (alluminio, ecc.)
Lunghezza dell'elica	È determinata da profondità del foro, lunghezza della boccola e tolleranza di riaffilatura. Dato che la durata di vita dell'utensile viene notevolmente influenzata, è necessario ridurla il più possibile.
Angolo tra i taglienti	Un angolo standard della punta ha il valore di 118° e deve essere modificato in base alle diverse applicazioni. **Materiale tenero di ottima lavorabilità** **Piccolo** ◀•• **Angolo tra i taglienti** ••▶ **Largo** **Per materiali duri e lavorazioni ad alta efficienza**
Spessore del nocciolo	È un elemento importante che determina la rigidità e la capacità di rompere il truciolo di una punta. Lo spessore del nocciolo è fissato a seconda delle applicazioni. Bassa resistenza al taglio Scarsa rigidità Ottime capacità di evacuazione del truciolo Materiale lavorabile } **Sottile** ◀•• **Spessore del nocciolo** ••▶ **Spesso** { Elevata resistenza al taglio Elevata rigidità Scarse capacità di evacuazione del truciolo Materiale di elevata durezza Foratura a foro trasversale ecc.
Margine	L'estremità della punta determina il diametro della punta e funge da guida della punta durante la foratura. La larghezza del margine viene determinata in considerazione dell'attrito con un foro trapanato. **Scarsa prestazione di guida** **Piccolo** ◀•• **Larghezza del margine** ••▶ **Largo** **Ottima prestazione di guida**
Conicità posteriore del diametro	Per ridurre l'attrito con la parte interna del foro, la porzione del taglio dall'estremità della punta allo stelo è leggermente conica. Il grado di conicità è in genere rappresentato dall'entità della riduzione del diametro rispetto alla lunghezza del taglio, che è di circa 0.04−0.1 mm. È impostato su un valore superiore per punte ad alta efficienza e materiali di lavoro che consentono la chiusura di fori.

GEOMETRIA DEL TAGLIENTE E RELATIVA INFLUENZA

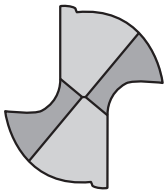
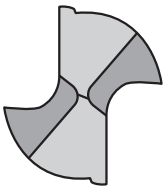
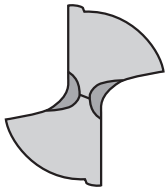
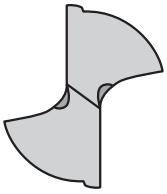
Come mostra la tabella di seguito riportata, è possibile selezionare la geometria ottimale del tagliente per diversi tipi di applicazione. Se si utilizza la geometria ottimale del tagliente, si può ottenere una maggiore efficienza di lavorazione e una migliore precisione del foro.

Forme del Tagliente

Affilatura	Forma	Proprietà e caratteristiche	Applicazione
Conico		• Il fianco è conico e l'angolo di spoglia inferiore diminuisce verso il centro della punta.	• Impiego generico
Piatto		• Il fianco è piatto. • Riaffilatura semplice	• Soprattutto per punte di piccolo diametro
Angoli a tre livelli		• Data la mancanza del tagliente trasversale, si forma un'elevata forza centripeta e un sovradimensionamento dei fori piccoli. • Richiede un'affilatrice speciale. • Affilatura dei tre taglienti	• Per operazioni di foratura che richiedono un'elevata precisione del foro e un esatto posizionamento
Punto spirale		• Per aumentare l'angolo di spoglia in prossimità del centro di foratura si combina l'affilatura conica con l'elica irregolare. • Tagliente trasversale a S con elevata forza centripeta e precisione di lavorazione	• Per operazioni di foratura che richiedono un'elevata precisione
Labbro radiale		• Il tagliente viene rettificato in senso radiale per distribuire il carico. • Elevata precisione di foratura e qualità superficiale. • Per fori passanti piccole bave sulla base • Richiede un'affilatrice speciale.	• Ghisa, Lega di alluminio • Per piastre in ghisa • Acciaio
Punta da centro		• Questa geometria presenta un angolo di taglio a due livelli che assicura un miglior centraggio e una riduzione delle forze di taglio all'uscita dal pezzo.	• Per operazioni di foratura in lamiere sottili

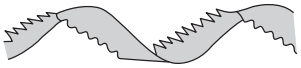
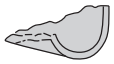
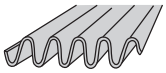
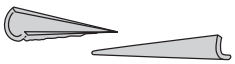
ASSOTTIGLIAMENTO DEL NOCCIOLO

L'angolo di spoglia del tagliente di una punta si riduce verso il centro e diventa un angolo negativo in corrispondenza del tagliente trasversale. Durante la foratura, il centro della punta frantuma il pezzo da lavorare, generando il 50−70% della resistenza al taglio. L'assottigliamento del nocciolo è molto efficace nel ridurre la resistenza al taglio di una punta, rimuovere immediatamente i trucioli tagliati sul tagliente trasversale e migliorare la presa iniziale.

Forma	 **X Tipo**	 **XR Tipo**	 **S Tipo**	 **N Tipo**
Caratteristiche	Il carico di spinta si riduce sostanzialmente e migliorano le prestazioni di presa. È efficace quando il nocciolo è spesso.	Le prestazioni di presa sono leggermente inferiori a quelle del tipo X, ma il tagliente è rigido e il campo di applicazione è ampio.	Taglio semplice. Forma generalmente utilizzata.	Efficace quando il nocciolo è relativamente spesso.
Applicazioni principali	Foratura generica e foratura a foro profondo.	Lunga durata di vita. Foratura generica e foratura dell'acciaio inossidabile.	Foratura generica per acciaio, ghisa e metalli non ferrosi.	Foratura a foro profondo.

CARATTERISTICHE E SPECIFICHE DELLE PUNTE

TRUCIOLI DI FORATURA

Tipi di trucioli	Forma	Caratteristiche e facilità di inclinazione
A spirale conica		I trucioli a forma di ventaglio tagliati dal tagliente vengono curvati dalla scanalatura. Trucioli di questo tipo si formano quando si lavora materiale duttile a bassi avanzamenti. Se il truciolo si rompe dopo parecchi giri, le prestazioni di inclinazione del truciolo sono soddisfacenti.
A passo lungo		I trucioli a passo lungo fuoriescono senza avvolgimento e si avvolgono facilmente attorno alla punta.
A ventaglio		Si tratta di un truciolo rotto dal taglio della punta e dalla parete di un foro trapanato. Viene generato quando la velocità di avanzamento è elevata.
A segmento		Un truciolo a spirale conica che viene rotto subito prima che il truciolo cresca in una forma a passo lungo dalla parete del foro trapanato a causa di duttilità insufficiente. Eccellente evacuazione e scarico del truciolo.
A zig-zag		Un truciolo che viene deformato e piegato a causa della forma del taglio e delle caratteristiche del materiale. Causa facilmente la compattazione del truciolo nel taglio.
Ad ago		Trucioli rotti per vibrazione o rotti quando materiale fragile viene arricciato con raggio ridotto. Le prestazioni di rottura sono relativamente soddisfacenti, ma questi trucioli possono diventare estremamente compatti.

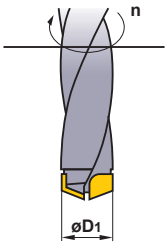
FORMULE PER FORATURA

VELOCITÀ DI TAGLIO (vc)

$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

vc (m/min) : Velocità di taglio
π (3.14) : Pi
D_1 (mm) : Diametro della punta
n (min^{-1}) : Numero di giri del mandrino

*Trasformare le unità (da "mm" a "m")



(Problema) Trovare la velocità di taglio sapendo che la velocità del mandrino dell'asse principale è 1350 min^{-1} e il diametro di foratura è 12 mm.

(Risposta) Inserire π = 3.14, D_1 = 12, n = 1350 nella formula

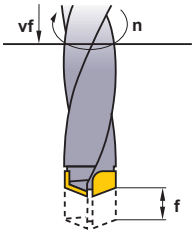
$$vc = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \times 12 \times 1350}{1000} = 50.9 \text{m/min}$$

La velocità di taglio è 50.9m/min.

AVANZAMENTO DEL MANDRINO PRINCIPALE (vf)

$$vf = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

vf (mm/min) : Avanzamento del mandrino (asse Z)
f (mm/giro) : Avanzamento per numero di giri
n (min^{-1}) : Numero di giri del mandrino



(Problema) Trovare la velocità del mandrino (vf) sapendo che l'avanzamento per numero di giri è 0.2 mm/giro e la velocità del mandrino dell'asse principale è 1350 min^{-1}.

(Risposta) Inserire f = 0.2, n=1350 nella formula

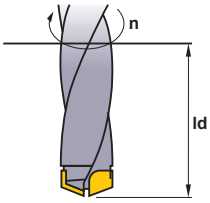
vf = f×n = 0.2×1350 = 270mm/min

L'avanzamento del mandrino è di 270 mm/min.

DURATA DELLA FORATURA (Tc)

$$Tc = \frac{ld \cdot i}{n \cdot f}$$

Tc (min) : Durata della foratura
n (min^{-1}) : Velocità del mandrino
ld (mm) : Profondità foro
f (mm/giro) : Avanzamento per numero di giri
i : Numero di fori



(Problema) Trovare il tempo di foratura necessario per praticare un foro lungo 30 mm in acciaio legato sapendo che la velocità di taglio è 50 m/min e l'avanzamento è 0.15 mm/giro.

(Risposta) Velocità del mandrino $n = \frac{50 \times 1000}{15 \times 3.14} = 1061.57 min^{-1}$

$$Tc = \frac{30 \times 1}{1061.57 \times 0.15} = 0.188$$

$$= 0.188 \times 60 \fallingdotseq 11.3 \text{ sec}$$

TABELLA DI CONFRONTO FRA I MATERIALI

ACCIAIO AL CARBONIO

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.0038	RSt.37-2	4360 40 C	–	E 24-2 Ne	–	–	1311	STKM 12A STKM 12C	A570.36	15
1.0401	C15	080M15	–	CC12	C15, C16	F.111	1350	–	1015	15
1.0402	C22	050A20	2C	CC20	C20, C21	F.112	1450	–	1020	20
1.0715	9SMn28	230M07	1A	S250	CF9SMn28	F.2111 11SMn28	1912	SUM22	1213	Y15
1.0718	9SMnPb28	–	–	S250Pb	CF9SMnPb28	11SMnPb28	1914	SUM22L	12L13	–
1.0722	10SPb20	–	–	10PbF2	CF10Pb20	10SPb20	–	–	–	–
1.0736	9SMn36	240M07	1B	S300	CF9SMn36	12SMn35	–	–	1215	Y13
1.0737	9SMnPb36	–	–	S300Pb	CF9SMnPb36	12SMnP35	1926	–	12L14	–
1.1141	Ck15	080M15	32C	XC12	C16	C15K	1370	S15C	1015	15
1.1158	Ck25	–	–	–	–	–	–	S25C	1025	25
1.8900	StE380	4360 55 E	–	–	FeE390KG	–	2145	–	A572-60	–
1.0501	C35	060A35	–	CC35	C35	F.113	1550	–	1035	35
1.0503	C45	080M46	–	CC45	C45	F.114	1650	–	1045	45
1.0726	35S20	212M36	8M	35MF4	–	F210G	1957	–	1140	–
1.1157	40Mn4	150M36	15	35M5	–	–	–	–	1039	40Mn
1.1167	36Mn5	–	–	40M5	–	36Mn5	2120	SMn438(H)	1335	35Mn2
1.1170	28Mn6	150M28	14A	20M5	C28Mn	–	–	SCMn1	1330	30Mn
1.1183	Cf35	060A35	–	XC38TS	C36	–	1572	S35C	1035	35Mn
1.1191	Ck45	080M46	–	XC42	C45	C45K	1672	S45C	1045	Ck45
1.1213	Cf53	060A52	–	XC48TS	C53	–	1674	S50C	1050	50
1.0535	C55	070M55	9	–	C55	–	1655	–	1055	55
1.0601	C60	080A62	43D	CC55	C60	–	–	–	1060	60
1.1203	Ck55	070M55	–	XC55	C50	C55K	–	S55C	1055	55
1.1221	Ck60	080A62	43D	XC60	C60	–	1678	S58C	1060	60Mn
1.1274	Ck101	060A96	–	XC100	–	F.5117	1870	–	1095	–
1.1545	C105W1	BW1A	–	Y105	C36KU	F.5118	1880	SK3	W1	–
1.1545	C105W1	BW2	–	Y120	C120KU	F.515	2900	SUP4	W210	–

ACCIAIO LEGATO

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.0144	St.44.2	4360 43 C	–	E28-3	–	–	1412	SM400A, SM400B SM400C	A573-81	–
1.0570	St52-3	4360 50 B	–	E36-3	Fe52BFN Fe52CFN	–	2132	SM490A, SM490B SM490C	–	–
1.0841	St52-3	150M19	–	20MC5	Fe52	F.431	2172	–	5120	–
1.0904	55Si7	250A53	45	55S7	55Si8	56Si7	2085	–	9255	55Si2Mn
1.0961	60SiCr7	–	–	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	–	–	9262	–
1.3505	100Cr6	534A99	31	100C6	100Cr6	F.131	2258	SUJ2	ASTM 52100	Gr15, 45G
1.5415	15Mo3	1501-240	–	15D3	16Mo3KW	16Mo3	2912	–	ASTM A204Gr.A	–
1.5423	16Mo5	1503-245-420	–	–	16Mo5	16Mo5	–	–	4520	–
1.5622	14Ni6	–	–	16N6	14Ni6	15Ni6	–	–	ASTM A350LF5	–
1.5662	X8Ni9	1501-509-510	–	–	X10Ni9	XBNi09	–	–	ASTM A353	–
1.5710	36NiCr6	640A35	111A	35NC6	–	–	–	SNC236	3135	–
1.5732	14NiCr10	–	–	14NC11	16NiCr11	15NiCr11	–	SNC415(H)	3415	–
1.5752	14NiCr14	655M13	36A	12NC15	–	–	–	SNC815(H)	3415, 3310	–
1.6523	21NiCrMo2	805M20	362	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	2506	SNCM220(H)	8620	–
1.6546	40NiCrMo22	311-Type 7	–	–	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	–	SNCM240	8740	–
1.6587	17CrNiMo6	820A16	–	18NCD6	–	14NiCrMo13	–	–	–	–
1.7015	15Cr3	523M15	–	12C3	–	–	–	SCr415(H)	5015	15Cr

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.7045	42Cr4	–	–	–	–	42Cr4	2245	SCr440	5140	40Cr
1.7176	55Cr3	527A60	48	55C3	–	–	–	SUP9(A)	5155	20CrMn
1.7262	15CrMo5	–	–	12CD4	–	12CrMo4	2216	SCM415(H)	–	–
1.7335	13CrMo4 4	1501-620Gr27	–	15CD3.5 15CD4.5	14CrMo45	14CrMo45	–	–	ASTM A182 F11, F12	–
1.7380	10CrMo910	1501-622 Gr31, 45	–	12CD9 12CD10	12CrMo9 12CrMo10	TU.H	2218	–	ASTM A182 F.22	–
1.7715	14MoV63	1503-660-440	–	–	–	13MoCrV6	–	–	–	–
1.8523	39CrMoV13 9	897M39	40C	–	36CrMoV12	–	–	–	–	–
1.6511	36CrNiMo4	816M40	110	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	–	–	9840	–
1.6582	34CrNiMo6	817M40	24	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	–	2541	–	4340	40CrNiMoA
1.7033	34Cr4	530A32	18B	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	–	SCr430(H)	5132	35Cr
1.7035	41Cr4	530M40	18	42C4	41Cr4	42Cr4	–	SCr440(H)	5140	40Cr
1.7131	16MnCr5	(527M20)	–	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	2511	–	5115	18CrMn
1.7218	25CrMo4	1717CDS110 708M20	–	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	2225	SCM420 SCM430	4130	30CrMn
1.7220	34CrMo4	708A37	19B	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	2234	SCM432 SCCRM3	4137 4135	35CrMo
1.7223	41CrMo4	708M40	19A	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	2244	SCM 440	4140 4142	40CrMoA
1.7225	42CrMo4	708M40	19A	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	2244	SCM440(H)	4140	42CrMo 42CrMnMo
1.7361	32CrMo12	722M24	40B	30CD12	32CrMo12	F.124.A	2240	–	–	–
1.8159	50CrV4	735A50	47	50CV4	50CrV4	51CrV4	2230	SUP10	6150	50CrVA
1.8509	41CrAlMo7	905M39	41B	40CAD6 40CAD2	41CrAlMo7	41CrAlMo7	2940	–	–	–
1.2067	100Cr6	BL3	–	Y100C6	–	100Cr6	–	–	L3	CrV, 9SiCr
1.2419	105WCr6	–	–	105WC13	100WCr6 107WCr5KU	105WCr5	2140	SKS31 SKS2, SKS3	–	CrWMo
1.2713	55NiCrMoV6	BH224/5	–	55NCDV7	–	F.520.S	–	SKT4	L6	5CrNiMo
1.5662	X8Ni9	1501-509	–	–	X10Ni9	XBNi09	–	–	ASTM A353	–
1.5680	12Ni19	–	–	Z18N5	–	–	–	–	2515	–
1.6657	14NiCrMo134	832M13	36C	–	15NiCrMo13	14NiCrMo131	–	–	–	–
1.2080	X210Cr12	BD3	–	Z200C12	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	–	SKD1	D3 ASTM D3	Cr12
1.2344	X40CrMoV51 X40CrMoV51	BH13	–	Z40CDV5	X35CrMoV05KU X40CrMoV51KU	X40CrMoV5	2242	SKD61	H13 ASTM H13	40CrMoV5
1.2363	X100CrMoV51	BA2	–	Z100CDV5	X100CrMoV51KU	X100CrMoV5	2260	SKD12	A2	100CrMoV5
1.2436	X210CrW12	–	–	–	X215CrW121KU	X210CrW12	2312	SKD2	–	–
1.2542	45WCrV7	BS1	–	–	45WCrV8KU	45WCrSi8	2710	–	S1	–
1.2581	X30WCrV93	BH21	–	Z30WCV9	X28W09KU	X30WCrV9	–	SKD5	H21	30WCrV9
1.2601	X165CrMoV12	–	–	–	X165CrMoW12KU	X160CrMoV12	2310	–	–	–
1.2833	100V1	BW2	–	Y1105V	–	–	–	SKS43	W210	V
1.3255	S 18-1-2-5	BT4	–	Z80WKCV	X78WCo1805KU	HS18-1-1-5	–	SKH3	T4	W18Cr4VCo5
1.3355	S 18-0-1	BT1	–	Z80WCV	X75W18KU	HS18-0-1	–	SKH2	T1	–
1.3401	G-X120Mn12	Z120M12	–	Z120M12	XG120Mn12	X120MN12	–	SCMnH/1	–	–
1.4718	X45CrSi93	401S45	52	Z45CS9	X45CrSi8	F.322	–	SUH1	HW3	X45CrSi93
1.3343	S6-5-2	4959BA2	–	Z40CSD10	15NiCrMo13	–	2715	SUH3	D3	–
1.3343	S6/5/2	BM2	–	Z85WDCV	HS6-5-2-2	F.5603	2722	SKH9, SKH51	M2	–
1.3348	S 2-9-2	–	–	–	HS2-9-2	HS2-9-2	2782	–	M7	–
1.3243	S6/5/2/5	BM35	–	6-5-2-5	HS6-5-2-5	F.5613	2723	SKH55	M35	–

TABELLA DI CONFRONTO FRA I MATERIALI

ACCIAIO INOSSIDABILE (FERRITICO,MARTENSITICO)

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4000	X7Cr13	403S17	–	Z6C13	X6Cr13	F.3110	2301	SUS403	403	OCr13 1Cr12
1.4001	X7Cr14	–	–	–	–	F.8401	–	–	–	–
1.4005	X12CrS13	416S21	–	Z11CF13	X12CrS13	F.3411	2380	SUS416	416	–
1.4006	X10Cr13	410S21	56A	Z10C14	X12Cr13	F.3401	2302	SUS410	410	1Cr13
1.4016	X8Cr17	430S15	60	Z8C17	X8Cr17	F.3113	2320	SUS430	430	1Cr17
1.4027	G-X20Cr14	420C29	56B	Z20C13M	–	–	–	SCS2	–	–
1.4034	X46Cr13	420S45	56D	Z40CM Z38C13M	X40Cr14	F.3405	2304	SUS420J2	–	4Cr13
1.4003	–	405S17	–	Z8CA12	X6CrAl13	–	–	–	405	–
1.4021	–	420S37	–	Z8CA12	X20Cr13	–	2303	–	420	–
1.4057	X22CrNi17	431S29	57	Z15CNi6.02	X16CrNi16	F.3427	2321	SUS431	431	1Cr17Ni2
1.4104	X12CrMoS17	–	–	Z10CF17	X10CrS17	F.3117	2383	SUS430F	430F	Y1Cr17
1.4113	X6CrMo17	434S17	–	Z8CD17.01	X8CrMo17	–	2325	SUS434	434	1Cr17Mo
1.4313	X5CrNi134	425C11	–	Z4CND13.4M	(G)X6CrNi304	–	2385	SCS5	CA6-NM	–
1.4724	X10CrA113	403S17	–	Z10C13	X10CrA112	F.311	–	SUS405	405	OCr13Al
1.4742	X10CrA118	430S15	60	Z10CAS18	X8Cr17	F.3113	–	SUS430	430	Cr17
1.4747	X80CrNiSi20	443S65	59	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F.320B	–	SUH4	HNV6	–
1.4762	X10CrA124	–	–	Z10CAS24	X16Cr26	–	2322	SUH446	446	2Cr25N
1.4871	X53CrMnNiN219	349S54	–	Z52CMN21.09	X53CrMnNiN219	–	–	SUH35	EV8	5Cr2Mn9Ni4N
1.4521	X1CrMoTi182	–	–	–	–	–	2326	–	S44400	–
1.4922	X20CrMoV12-1	–	–	–	X20CrMoNi1201	–	2317	–	–	–
1.4542	–	–	–	Z7CNU17-04	–	–	–	–	630	–

ACCIAIO INOSSIDABILE (AUSTENITICO)

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4306	X2CrNi1911	304S11	–	Z2CN18.10	X2CrNi18.11	–	2352	SUS304L	304L	OCr19Ni10
1.4350	X5CrNi189	304S11	58E	Z6CN18.09	X5CrNi1810	F.3551 F.3541 F.3504	2332	SUS304	304	OCr18Ni9
1.4305	X12CrNiS188	303S21	58M	Z10CNF18.09	X10CrNiS18.09	F.3508	2346	SUS303	303	1Cr18Ni9MoZr
–	–	304C12	–	Z3CN19.10	–	–	2333	SUS304L	–	–
1.4306	X2CrNi189	304S12	–	Z2CrNi1810	X2CrNi18.11	F.3503	2352	SCS19	304L	–
1.4310	X12CrNi177	–	–	Z12CN17.07	X12CrNi1707	F.3517	2331	SUS301	301	Cr17Ni7
1.4311	X2CrNiN1810	304S62	–	Z2CN18.10	–	–	2371	SUS304LN	304LN	–
1.4401	X5CrNiMo1810	316S16	58J	Z6CND17.11	X5CrNiMo1712	F.3543	2347	SUS316	316	0Cr17Ni11Mo2
1.4308	G-X6CrNi189	304C15	–	Z6CN18.10M	–	–	–	SCS13	–	–
1.4408	G-X6CrNiMo1810	316C16	–	–	–	F.8414	–	SCS14	–	–
1.4581	G-X5CrNiMoNb1810	318C17	–	Z4CNDNb1812M	XG8CrNiMo1811	–	–	SCS22	–	–
1.4429	X2CrNiMoN1813	–	–	Z2CND17.13	–	–	2375	SUS316LN	316LN	OCr17Ni13Mo
1.4404	–	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2348	–	316L	–
1.4435	X2CrNiMo1812	316S13	–	Z2CND17.12	X2CrNiMo1712	–	2353	SCS16 SUS316L	316L	OCr27Ni12Mo3
1.4436	–	316S13	–	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	–	2343, 2347	–	316	–
1.4438	X2CrNiMo1816	317S12	–	Z2CND19.15	X2CrNiMo1816	–	2367	SUS317L	317L	OOCr19Ni13Mo
1.4539	X1NiCrMo	–	–	Z6CNT18.10	–	–	2562	–	UNS V 0890A	–
1.4541	X10CrNiTi189	321S12	58B	Z6CNT18.10	X6CrNiTi1811	F.3553 F.3523	2337	SUS321	321	1Cr18NI9Ti
1.4550	X10CrNiNb189	347S17	58F	Z6CNNb18.10	X6CrNiNb1811	F.3552 F.3524	2338	SUS347	347	1Cr18Ni11Nb
1.4571	X10CrNiMoTi1810	320S17	58J	Z6CNDT17.12	X6CrNiMoTi1712	F.3535	2350	–	316Ti	Cr18Ni12Mo2T
1.4583	X10CrNiMoNb1812	–	–	Z6CNDNb1713B	X6CrNiMoNb1713	–	–	–	318	Cr17Ni12Mo3Mb

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4828	X15CrNiSi2012	309S24	–	Z15CNS20.12	X6CrNi2520	–	–	SUH309	309	1Cr23Ni13
1.4845	X12CrNi2521	310S24	–	Z12CN2520	X6CrNi2520	F.331	2361	SUH310	310S	OCr25Ni20
1.4406	X10CrNi18.08	–	58C	Z1NCDU25.20	–	F.8414	2370	SCS17	308	–
1.4418	X4CrNiMo165	–	–	Z6CND16-04-01	–	–	–	–	–	–
1.4568 1.4504	–	316S111	–	Z8CNA17-07	X2CrNiMo1712	–	–	–	17-7PH	–
1.4563	–	–	–	Z1NCDU31-27-03 Z1CNDU20-18-06AZ	–	–	2584 2378	–	NO8028 S31254	–
1.4878	X12CrNiTi189	321S32	58B, 58C	Z6CNT18.12B	X6CrNiTi18 11	F.3523	–	SUS321	321	1Cr18Ni9Ti

ACCIAI RESISTENTI AL CALORE

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
1.4864	X12NiCrSi3616	–	–	Z12NCS35.16	–	–	–	SUH330	330	–
1.4865	G-X40NiCrSi3818	330C11	–	–	XG50NiCr3919	–	–	SCH15	HT, HT 50	–

GHISA GRIGIA

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
–	–	–	–	–	–	–	0100	–	–	–
–	GG 10	–	–	Ft 10 D	–	–	0110	FC100	No 20 B	–
0.6015	GG 15	Grade 150	–	Ft 15 D	G15	FG15	0115	FC150	No 25 B	HT150
0.6020	GG 20	Grade 220	–	Ft 20 D	G20	–	0120	FC200	No 30 B	HT200
0.6025	GG 25	Grade 260	–	Ft 25 D	G25	FG25	0125	FC250	No 35 B	HT250
–	–	–	–	–	–	–	–	–	No 40 B	–
0.6030	GG 30	Grade 300	–	Ft 30 D	G30	FG30	0130	FC300	No 45 B	HT300
0.6035	GG 35	Grade 350	–	Ft 35 D	G35	FG35	0135	FC350	No 50 B	HT350
0.6040	GG 40	Grade 400	–	Ft 40 D	–	–	0140	–	No 55 B	HT400
0.6660	GGL NiCr202	L-NiCuCr202	–	L-NC 202	–	–	0523	–	A436 Type 2	–

GHISA SFEROIDALE

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
0.7040	GGG 40	SNG 420/12	–	FCS 400-12	GS 370-17	FGE 38-17	07 17-02	FCD400	60-40-18	QT400-18
–	GGG 40.3	SNG 370/17	–	FGS 370-17	–	–	07 17-12	–	–	–
0.7033	GGG 35.3	–	–	–	–	–	07 17-15	–	–	–
0.7050	GGG 50	SNG 500/7	–	FGS 500-7	GS 500	FGE 50-7	07 27-02	FCD500	80-55-06	QT500-7
0.7660	GGG NiCr202	Grade S6	–	S-NC202	–	–	07 76	–	A43D2	–
–	GGG NiMn137	L-NiMn 137	–	L-MN 137	–	–	07 72	–	–	–
–	GGG 60	SNG 600/3	–	FGS 600-3	–	–	07 32-03	FCD600	–	QT600-3
0.7070	GGG 70	SNG 700/2	–	FGS 700-2	GS 700-2	FGS 70-2	07 37-01	FCD700	100-70-03	QT700-18

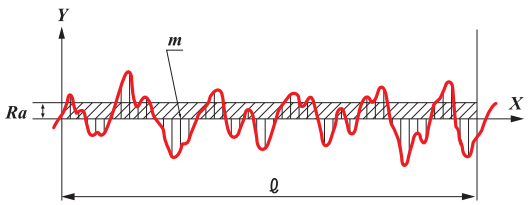
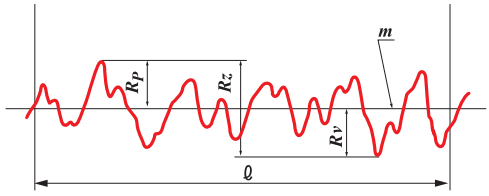
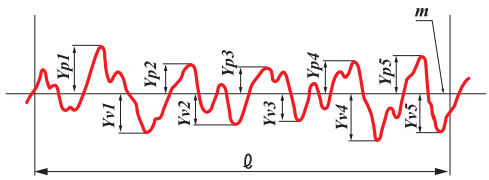
GHISA MALLEABILE

Germania		Regno Unito		Francia	Italia	Spagna	Svezia	Giappone	USA	Cina
W.-nr.	DIN	BS	EN	AFNOR	UNI	UNE	SS	JIS	AISI/SAE	GB
–	–	8 290/6	–	MN 32-8	–	–	08 14	FCMB310	–	–
–	GTS-35	B 340/12	–	MN 35-10	–	–	08 15	FCMW330	32510	–
0.8145	GTS-45	P 440/7	–	Mn 450	GMN45	–	08 52	FCMW370	40010	–
0.8155	GTS-55	P 510/4	–	MP 50-5	GMN55	–	08 54	FCMP490	50005	–
–	GTS-65	P 570/3	–	MP 60-3	–	–	08 58	FCMP540	70003	–
0.8165	GTS-65-02	P 570/3	–	Mn 650-3	GMN 65	–	08 56	FCMP590	A220-70003	–
–	GTS-70-02	P 690/2	–	Mn 700-2	GMN 70	–	08 62	FCMP690	A220-80002	–

RUGOSITÀ SUPERFICIALE

RUGOSITÀ SUPERFICIALE

(Da JIS B 0601-1994)

Tipo	Simbolo	Determinazione	Esempio di determinazione (figura)
Rugosità media aritmetica	Ra	Ra è il valore ottenuto mediante la seguente formula ed espresso in micrometri (μm) quando si campiona la sola lunghezza di riferimento a partire dalla curva di rugosità nella direzione della linea mediana, considerando l'asse X nella direzione della linea mediana e l'asse Y nella direzione dell'ingrandimento longitudinale di questa area campionata, e la curva di rugosità è espressa da y=f(x): $Ra=\frac{1}{\ell}\int_0^{\ell}\{f(x)\}dx$	
Altezza massima	Rz	Rz è tale solo quando la lunghezza di riferimento viene campionata a partire dalla curva di rugosità nella direzione della linea mediana, la distanza tra la linea di picco del profilo superiore e la linea di valle del profilo inferiore sull'area campionata viene misurata nella direzione di ingrandimento longitudinale della curva di rugosità e il valore ottenuto è espresso in micrometri (μm). (Nota) Nel calcolo di Rz, viene selezionata come lunghezza di campionatura un'area priva di picchi eccessivamente elevati o di valli eccessivamente basse, che potrebbero essere considerati difetti. $Rz=R_P+Rv$	
Rugosità media su dieci punti	RZJIS	RZJIS è tale solo se la lunghezza di riferimento viene campionata dalla curva di rugosità nella direzione della linea mediana, la somma del valore medio dei valori assoluti delle altezze di cinque picchi di profilo più alti (Yp) e delle profondità delle cinque valli di profilo più profonde (Yv) misurate nella direzione di ingrandimento verticale dalla linea mediana di tale area campionata, e tale somma è espressa in micrometri (μm). $Rz_{JIS}=\frac{(Yp1+Yp2+Yp3+Yp4+Yp5)+(Yv1+Yv2+Yv3+Yv4+Yv5)}{5}$	 $Yp1, Yp2, Yp3, Yp4, Yp5$:Altezze dei cinque picchi del profilo più alti dell'area campionata corrispondenti alla lunghezza di riferimento l. $Yv1, Yv2, Yv3, Yv4, Yv5$:Altezze delle cinque valli del profilo più profonde dell'area campionata corrispondente alla lunghezza di riferimento l.

RAPPORTO TRA MEDIA ARITMETICA (Ra) E DESIGNAZIONE CONVENZIONALE (DATI DI RIFERIMENTO)

Rugosità media aritmetica Ra		Rugosità Max. Rz	Rugosità media su dieci punti RZJIS	Lunghezza di campionatura per Rz • RZJIS l (mm)	Segno convenzionale di finitura Mark
Serie standard	Valore di asportazione λc (mm)	Serie standard			
0.012 a	0.08	0.05s	0.05z	0.08	▽▽▽▽
0.025 a	0.25	0.1 s	0.1 z		
0.05 a		0.2 s	0.2 z	0.25	
0.1 a	0.8	0.4 s	0.4 z		
0.2 a		0.8 s	0.8 z	0.8	
0.4 a		1.6 s	1.6 z		▽▽▽
0.8 a		3.2 s	3.2 z		
1.6 a		6.3 s	6.3 z		
3.2 a	2.5	12.5 s	12.5 z	2.5	▽▽
6.3 a		25 s	25 z		
12.5 a	8	50 s	50 z		▽
25 a		100 s	100 z	8	
50 a		200 s	200 z		–
100 a	–	400 s	400 z	–	

*La correlazione tra i tre valori è puramente indicativa e non è esatta.
*Ra: La lunghezza di valutazione di Rz e RZJIS è data dl valore di asportazione e dalla lunghezza di campionatura moltiplicati rispettivamente per 5.

TABELLA DI CONFRONTO DELLE DUREZZE

NUMERI DI CONVERSIONE DELLA DUREZZA DELL'ACCIAIO

Durezza Brinell (**HB**), 10 mm sfera, carico: 3000kgf		Durezza Vickers (**HV**)	Durezza Rockwell (3)				Durezza Shore (**HS**)	Resistenza alla trazione (circa) MPa (2)
Sfera standard	Sfera carburo tungsteno		Scala graduata A, carico: 60kgf, punta di diamante (**HRA**)	Scala graduata B, carico: 100kgf, 1/16" SFERICA (**HRB**)	Scala graduata C, carico: 150kgf, punta di diamante (**HRC**)	Scala graduata D, carico: 100kgf, punta di diamante (**HRD**)		
—	—	940	85.6	—	68.0	76.9	97	—
—	—	920	85.3	—	67.5	76.5	96	—
—	—	900	85.0	—	67.0	76.1	95	—
—	(767)	880	84.7	—	66.4	75.7	93	—
—	(757)	860	84.4	—	65.9	75.3	92	—
—	(745)	840	84.1	—	65.3	74.8	91	—
—	(733)	820	83.8	—	64.7	74.3	90	—
—	(722)	800	83.4	—	64.0	73.8	88	—
—	(712)	—	—	—	—	—	—	—
—	(710)	780	83.0	—	63.3	73.3	87	—
—	(698)	760	82.6	—	62.5	72.6	86	—
—	(684)	740	82.2	—	61.8	72.1	—	—
—	(682)	737	82.2	—	61.7	72.0	84	—
—	(670)	720	81.8	—	61.0	71.5	83	—
—	(656)	700	81.3	—	60.1	70.8	—	—
—	(653)	697	81.2	—	60.0	70.7	81	—
—	(647)	690	81.1	—	59.7	70.5	—	—
—	(638)	680	80.8	—	59.2	70.1	80	—
—	630	670	80.6	—	58.8	69.8	—	—
—	627	667	80.5	—	58.7	69.7	79	—
—	—	677	80.7	—	59.1	70.0	—	—
—	601	640	79.8	—	57.3	68.7	77	—
—	—	640	79.8	—	57.3	68.7	—	—
—	578	615	79.1	—	56.0	67.7	75	—
—	—	607	78.8	—	55.6	67.4	—	—
—	555	591	78.4	—	54.7	66.7	73	2055
—	—	579	78.0	—	54.0	66.1	—	2015
—	534	569	77.8	—	53.5	65.8	71	1985
—	—	533	77.1	—	52.5	65.0	—	1915
—	514	547	76.9	—	52.1	64.7	70	1890
(495)	—	539	76.7	—	51.6	64.3	—	1855
—	—	530	76.4	—	51.1	63.9	—	1825
	495	528	76.3	—	51.0	63.8	68	1820
(477)	—	516	75.9	—	50.3	63.2	—	1780
—	—	508	75.6	—	49.6	62.7	—	1740
	477	508	75.6	—	49.6	62.7	66	1740
(461)	—	495	75.1	—	48.8	61.9	—	1680
—	—	491	74.9	—	48.5	61.7	—	1670
	461	491	74.9	—	48.5	61.7	65	1670
444	—	474	74.3	—	47.2	61.0	—	1595
—	—	472	74.2	—	47.1	60.8	—	1585
—	444	472	74.2	—	47.1	60.8	63	1585
429	429	455	73.4	—	45.7	59.7	61	1510
415	415	440	72.8	—	44.5	58.8	59	1460
401	401	425	72.0	—	43.1	57.8	58	1390
388	388	410	71.4	—	41.8	56.8	56	1330
375	375	396	70.6	—	40.4	55.7	54	1270
363	363	383	70.0	—	39.1	54.6	52	1220
352	352	372	69.3	(110.0)	37.9	53.8	51	1180
341	341	360	68.7	(109.0)	36.6	52.8	50	1130
331	331	350	68.1	(108.5)	35.5	51.9	48	1095
321	321	339	67.5	(108.0)	34.3	51.0	47	1060
311	311	328	66.9	(107.5)	33.1	50.0	46	1025
302	302	319	66.3	(107.0)	32.1	49.3	45	1005
293	293	309	65.7	(106.0)	30.9	48.3	43	970
285	285	301	65.3	(105.5)	29.9	47.6	—	950
277	277	292	64.6	(104.5)	28.8	46.7	41	925
269	269	284	64.1	(104.0)	27.6	45.9	40	895
262	262	276	63.6	(103.0)	26.6	45.0	39	875
255	255	269	63.0	(102.0)	25.4	44.2	38	850
248	248	261	62.5	(101.0)	24.2	43.2	37	825
241	241	253	61.8	100	22.8	42.0	36	800
235	235	247	61.4	99.0	21.7	41.4	35	785
229	229	241	60.8	98.2	20.5	40.5	34	765
223	223	234	—	97.3	(18.8)	—	—	—
217	217	228	—	96.4	(17.5)	—	33	725
212	212	222	—	95.5	(16.0)	—	—	705
207	207	218	—	94.6	(15.2)	—	32	690
201	201	212	—	93.8	(13.8)	—	31	675
197	197	207	—	92.8	(12.7)	—	30	655
192	192	202	—	91.9	(11.5)	—	29	640
187	187	196	—	90.7	(10.0)	—	—	620
183	183	192	—	90.0	(9.0)	—	28	615
179	179	188	—	89.0	(8.0)	—	27	600
174	174	182	—	87.8	(6.4)	—	—	585
170	170	178	—	86.8	(5.4)	—	26	570
167	167	175	—	86.0	(4.4)	—	—	560
163	163	171	—	85.0	(3.3)	—	25	545
156	156	163	—	82.9	(0.9)	—	—	525
149	149	156	—	80.8	—	—	23	505
143	143	150	—	78.7	—	—	22	490
137	137	143	—	76.4	—	—	21	460
131	131	137	—	74.0	—	—	—	450
126	126	132	—	72.0	—	—	20	435
121	121	127	—	69.8	—	—	19	415
116	116	122	—	67.6	—	—	18	400
111	111	117	—	65.7	—	—	15	385

(Nota 1) Il suddetto elenco è identico a quello presente nel manuale dei metalli dell'AMS con resistenza alla trazione in valore metrico approssimativo e durezza Brinell superiore al campo raccomandato.
(Nota 2) 1MPa=1N/mm^2
(Nota 3) Le cifre tra parentesi ( ) sono raramente utilizzate e sono incluse per puro riferimento. L'elenco è tratto dal 'Manuale JIS - Acciaio I'.

TABELLA DELLE TOLLERANZE IDONEE(FORO)

Classificazione delle dimensioni standard (mm)		Classe della zona di tolleranza geometrica dei fori															
>	≤	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7
–	3	+180 +140	+85 +60	+100 +60	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0
3	6	+188 +140	+100 +70	+118 +70	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0
6	10	+208 +150	+116 +80	+138 +80	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0
10	14	+220 +150	+138 +95	+165 +95	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0
14	18																
18	24	+244 +160	+162 +110	+194 +110	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0
24	30																
30	40	+270 +170	+182 +120	+220 +120	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0
40	50	+280 +180	+192 +130	+230 +130													
50	65	+310 +190	+214 +140	+260 +140	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0
65	80	+320 +200	+224 +150	+270 +150													
80	100	+360 +220	+257 +170	+310 +170	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0
100	120	+380 +240	+267 +180	+320 +180													
120	140	+420 +260	+300 +200	+360 +200	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0
140	160	+440 +280	+310 +210	+370 +210													
160	180	+470 +310	+330 +230	+390 +230													
180	200	+525 +340	+355 +240	+425 +240	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0
200	225	+565 +380	+375 +260	+445 +260													
225	250	+605 +420	+395 +280	+465 +280													
250	280	+690 +480	+430 +300	+510 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0
280	315	+750 +540	+460 +330	+540 +330													
315	355	+830 +600	+500 +360	+590 +360	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+54 +18	+75 +18	+36 0	+57 0
355	400	+910 +680	+540 +400	+630 +400													
400	450	+1010 +760	+595 +440	+690 +440	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+60 +20	+83 +20	+40 0	+63 0
450	500	+1090 +840	+635 +480	+730 +480													

(Nota) I valori riportati nell'area superiore delle rispettive righe indicano la tolleranza dimensionale massima, mentre i valori riportati nell'area inferiore delle rispettive righe indicano la tolleranza dimensionale minima.

Unità : μm

Classe della zona di tolleranza geometrica dei fori																	
H8	**H9**	**H10**	**JS6**	**JS7**	**K6**	**K7**	**M6**	**M7**	**N6**	**N7**	**P6**	**P7**	**R7**	**S7**	**T7**	**U7**	**X7**
+14 0	+25 0	+40 0	±3	±5	0 −6	0 −10	−2 −8	−2 −12	−4 −10	−4 −14	−6 −12	−6 −16	−10 −20	−14 −24	—	−18 −28	−20 −30
+18 0	+30 0	+48 0	±4	±6	+2 −6	+3 −9	−1 −9	0 −12	−5 −13	−4 −16	−9 −17	−8 −20	−11 −23	−15 −27	—	−19 −31	−24 −36
+22 0	+36 0	+58 0	±4.5	±7	+2 −7	+5 −10	−3 −12	0 −15	−7 −16	−4 −19	−12 −21	−9 −24	−13 −28	−17 −32	—	−22 −37	−28 −43
+27 0	+43 0	+70 0	±5.5	±9	+2 −9	+6 −12	−4 −15	0 −18	−9 −20	−5 −23	−15 −26	−11 −29	−16 −34	−21 −39	— —	−26 −44	−33 −51 −38 −56
+33 0	+52 0	+84 0	±6.5	±10	+2 −11	+6 −15	−4 −17	0 −21	−11 −24	−7 −28	−18 −31	−14 −35	−20 −41	−27 −48	— −33 −54	−33 −54 −40 −61	−46 −67 −56 −77
+39 0	+62 0	+100 0	±8	±12	+3 −13	+7 −18	−4 −20	0 −25	−12 −28	−8 −33	−21 −37	−17 −42	−25 −50	−34 −59	−39 −64 −45 −70	−51 −76 −61 −86	—
+46 0	+74 0	+120 0	±9.5	±15	+4 −15	+9 −21	−5 −24	0 −30	−14 −33	−9 −39	−26 −45	−21 −51	−30 −60 −32 −62	−42 −72 −48 −78	−55 −85 −64 −94	−76 −106 −91 −121	—
+54 0	+87 0	+140 0	±11	±17	+4 −18	+10 −25	−6 −28	0 −35	−16 −38	−10 −45	−30 −52	−24 −59	−38 −73 −41 −76	−58 −93 −66 −101	−78 −113 −91 −126	−111 −146 −131 −166	—
+63 0	+100 0	+160 0	±12.5	±20	+4 −21	+12 −28	−8 −33	0 −40	−20 −45	−12 −52	−36 −61	−28 −68	−48 −88 −50 −90 −53 −93	−77 −117 −85 −125 −93 −133	−107 −147 −119 −159 −131 −171	—	—
+72 0	+115 0	+185 0	±14.5	±23	+5 −24	+13 −33	−8 −37	0 −46	−22 −51	−14 −60	−41 −70	−33 −79	−60 −106 −63 −109 −67 −113	−105 −151 −113 −159 −123 −169	—	—	—
+81 0	+130 0	+210 0	±16	±26	+5 −27	+16 −36	−9 −41	0 −52	−25 −57	−14 −66	−47 −79	−36 −88	−74 −126 −78 −130	—	—	—	—
+89 0	+140 0	+230 0	±18	±28	+7 −29	+17 −40	−10 −46	0 −57	−26 −62	−16 −73	−51 −87	−41 −98	−87 −144 −93 −150	—	—	—	—
+97 0	+155 0	+250 0	±20	±31	+8 −32	+18 −45	−10 −50	0 −63	−27 −67	−17 −80	−55 −95	−45 −108	−103 −166 −109 −172	—	—	—	—

TABELLA DELLE TOLLERANZE IDONEE(ALBERO)

Classificazione delle dimensioni standard (mm)		Classe della zona di tolleranza geometrica degli alberi														
>	≤	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7
—	3	−140 −165	−60 −85	−20 −34	−20 −45	−14 −24	−14 −28	−14 −39	−6 −12	−6 −16	−6 −20	−2 −6	−2 −8	0 −4	0 −6	0 −10
3	6	−140 −170	−70 −100	−30 −48	−30 −60	−20 −32	−20 −38	−20 −50	−10 −18	−10 −22	−10 −28	−4 −9	−4 −12	0 −5	0 −8	0 −12
6	10	−150 −186	−80 −116	−40 −62	−40 −76	−25 −40	−25 −47	−25 −61	−13 −22	−13 −28	−13 −35	−5 −11	−5 −14	0 −6	0 −9	0 −15
10	14	−150 −193	−95 −138	−50 −77	−50 −93	−32 −50	−32 −59	−32 −75	−16 −27	−16 −34	−16 −43	−6 −14	−6 −17	0 −8	0 −11	0 −18
14	18															
18	24	−160 −212	−110 −162	−65 −98	−65 −117	−40 −61	−40 −73	−40 −92	−20 −33	−20 −41	−20 −53	−7 −16	−7 −20	0 −9	0 −13	0 −21
24	30															
30	40	−170 −232	−120 −182	−80 −119	−80 −142	−50 −75	−50 −89	−50 −112	−25 −41	−25 −50	−25 −64	−9 −20	−9 −25	0 −11	0 −16	0 −25
40	50	−180 −242	−130 −192													
50	65	−190 −264	−140 −214	−100 −146	−100 −174	−60 −90	−60 −106	−60 −134	−30 −49	−30 −60	−30 −76	−10 −23	−10 −29	0 −13	0 −19	0 −30
65	80	−200 −274	−150 −224													
80	100	−220 −307	−170 −257	−120 −174	−120 −207	−72 −107	−72 −126	−72 −159	−36 −58	−36 −71	−36 −90	−12 −27	−12 −34	0 −15	0 −22	0 −35
100	120	−240 −327	−180 −267													
120	140	−260 −360	−200 −300	−145 −208	−145 −245	−85 −125	−85 −148	−85 −185	−43 −68	−43 −83	−43 −106	−14 −32	−14 −39	0 −18	0 −25	0 −40
140	160	−280 −380	−210 −310													
160	180	−310 −410	−230 −330													
180	200	−340 −455	−240 −355	−170 −242	−170 −285	−100 −146	−100 −172	−100 −215	−50 −79	−50 −96	−50 −122	−15 −35	−15 −44	0 −20	0 −29	0 −46
200	225	−380 −495	−260 −375													
225	250	−420 −535	−280 −395													
250	280	−480 −610	−300 −430	−190 −271	−190 −320	−110 −162	−110 −191	−110 −240	−56 −88	−56 −108	−56 −137	−17 −40	−17 −49	0 −23	0 −32	0 −52
280	315	−540 −670	−330 −460													
315	355	−600 −740	−360 −500	−210 −299	−210 −350	−125 −182	−125 −214	−125 −265	−62 −98	−62 −119	−62 −151	−18 −43	−18 −54	0 −25	0 −36	0 −57
355	400	−680 −820	−400 −540													
400	450	−760 −915	−440 −595	−230 −327	−230 −385	−135 −198	−135 −232	−135 −290	−68 −108	−68 −131	−68 −165	−20 −47	−20 −60	0 −27	0 −40	0 −63
450	500	−840 −995	−480 −635													

(Nota) I valori riportati nell'area superiore delle rispettive righe indicano la tolleranza dimensionale massima, mentre i valori riportati nell'area inferiore delle rispettive righe indicano la tolleranza dimensionale minima.

Unità : μm

Classe della zona di tolleranza geometrica degli alberi															
h8	**h9**	**js5**	**js6**	**js7**	**k5**	**k6**	**m5**	**m6**	**n6**	**p6**	**r6**	**s6**	**t6**	**u6**	**x6**
0 −14	0 −25	±2	±3	±5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20
0 −18	0 −30	±2.5	±4	±6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28
0 −22	0 −36	±3	±4.5	±7	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34
0 −27	0 −43	±4	±5.5	±9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+51 +40 +56 +45
0 −33	0 −52	±4.5	±6.5	±10	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	— +54 +41	+54 +41 +61 +48	+67 +54 +77 +64
0 −39	0 −62	±5.5	±8	±12	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48 +70 +54	+76 +60 +86 +70	—
0 −46	0 −74	±6.5	±9.5	±15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41 +62 +43	+72 +53 +78 +59	+85 +66 +94 +75	+106 +87 +121 +102	—
0 −54	0 −87	±7.5	±11	±17	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51 +76 +54	+93 +71 +101 +79	+113 +91 +126 +104	+146 +124 +166 +144	—
0 −63	0 −100	±9	±12.5	±20	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+88 +63 +90 +65 +93 +68	+117 +92 +125 +100 +133 +108	+147 +122 +159 +134 +171 +146	—	—
0 −72	0 −115	±10	±14.5	±23	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+106 +77 +109 +80 +113 +84	+151 +122 +159 +130 +169 +140	—	—	—
0 −81	0 −130	±11.5	±16	±26	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94 +130 +98	—	—	—	—
0 −89	0 −140	±12.5	±18	±28	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108 +150 +114	—	—	—	—
0 −97	0 −155	±13.5	±20	±31	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126 +172 +132	—	—	—	—

DIAMETRI DELLE PUNTE PER MASCHIATURA

●Filetto a vite metrica grossa

Nominale	Diametro della punta	
	HSS	Metallo duro
M1 ×0.25	0.75	0.75
M1.1×0.25	0.85	0.85
M1.2×0.25	0.95	0.95
M1.4×0.3	1.10	1.10
M1.6×0.35	1.25	1.30
M1.7×0.35	1.35	1.40
M1.8×0.35	1.45	1.50
M2 ×0.4	1.60	1.65
M2.2×0.45	1.75	1.80
M2.3×0.4	1.90	1.95
M2.5×0.45	2.10	2.15
M2.6×0.45	2.15	2.20
M3 ×0.5	2.50	2.55
M3.5×0.6	2.90	2.95
M4 ×0.7	3.3	3.4
M4.5×0.75	3.8	3.9
M5 ×0.8	4.2	4.3
M6 ×1.0	5.0	5.1
M7 ×1.0	6.0	6.1
M8 ×1.25	6.8	6.9
M9 ×1.25	7.8	7.9
M10 ×1.5	8.5	8.7
M11 ×1.5	9.5	9.7
M12 ×1.75	10.3	10.5
M14 ×2.0	12.0	12.2
M16 ×2.0	14.0	14.2
M18 ×2.5	15.5	15.7
M20 ×2.5	17.5	17.7
M22 ×2.5	19.5	19.7
M24 ×3.0	21.0	—
M27 ×3.0	24.0	—
M30 ×3.5	26.5	—
M33 ×3.5	29.5	—
M36 ×4.0	32.0	—
M39 ×4.0	35.0	—
M42 ×4.5	37.5	—
M45 ×4.5	40.5	—
M48 ×5.0	43.0	—

●Filetto per vite metrica fine

Nominale	Diametro della punta	
	HSS	Metallo duro
M1 ×0.2	0.80	0.80
M1.1×0.2	0.90	0.90
M1.2×0.2	1.00	1.00
M1.4×0.2	1.20	1.20
M1.6×0.2	1.40	1.40
M1.8×0.2	1.60	1.60
M2 ×0.25	1.75	1.75
M2.2×0.25	1.95	2.00
M2.5×0.35	2.20	2.20
M3 ×0.35	2.70	2.70
M3.5×0.35	3.20	3.20
M4 ×0.5	3.50	3.55
M4.5×0.5	4.00	4.05
M5 ×0.5	4.50	4.55
M5.5×0.5	5.00	5.05
M6 ×0.75	5.30	5.35
M7 ×0.75	6.30	6.35
M8 ×1.0	7.00	7.10
M8 ×0.75	7.30	7.35
M9 ×1.0	8.00	8.10
M9 ×0.75	8.30	8.35
M10 ×1.25	8.80	8.90
M10 ×1.0	9.00	9.10
M10 ×0.75	9.30	9.35
M11 ×1.0	10.0	10.1
M11 ×0.75	10.3	10.3
M12 ×1.5	10.5	10.7
M12 ×1.25	10.8	10.9
M12 ×1.0	11.0	11.1
M14 ×1.5	12.5	12.7
M14 ×1.0	13.0	13.1
M15 ×1.5	13.5	13.7
M15 ×1.0	14.0	14.1
M16 ×1.5	14.5	14.7
M16 ×1.0	15.0	15.1
M17 ×1.5	15.5	15.7
M17 ×1.0	16.0	16.1
M18 ×2.0	16.0	16.3
M18 ×1.5	16.5	16.7
M18 ×1.0	17.0	17.1

Nominale	Diametro della punta	
	HSS	Metallo duro
M20 ×2.0	18.0	18.3
M20 ×1.5	18.5	18.7
M20 ×1.0	19.0	19.1
M22 ×2.0	20.0	—
M22 ×1.5	20.5	—
M22 ×1.0	21.0	—
M24 ×2.0	22.0	—
M24 ×1.5	22.5	—
M24 ×1.0	23.0	—
M25 ×2.0	23.0	—
M25 ×1.5	23.5	—
M25 ×1.0	24.0	—
M26 ×1.5	24.5	—
M27 ×2.0	25.0	—
M27 ×1.5	25.5	—
M27 ×1.0	26.0	—
M28 ×2.0	26.0	—
M28 ×1.5	26.5	—
M28 ×1.0	27.0	—
M30 ×3.0	27.0	—
M30 ×2.0	28.0	—
M30 ×1.5	28.5	—
M30 ×1.0	29.0	—
M32 ×2.0	30.0	—
M32 ×1.5	30.5	—
M33 ×3.0	30.0	—
M33 ×2.0	31.0	—
M33 ×1.5	31.5	—
M35 ×1.5	33.5	—
M36 ×3.0	33.0	—
M36 ×2.0	34.0	—
M36 ×1.5	34.5	—
M38 ×1.5	36.5	—
M39 ×3.0	36.0	—
M39 ×2.0	37.0	—
M39 ×1.5	37.5	—
M40 ×3.0	37.0	—
M40 ×2.0	38.0	—
M40 ×1.5	38.5	—
M42 ×4.0	38.0	—

Nominale	Diametro della punta	
	HSS	Metallo duro
M42 ×3.0	39.0	—
M42 ×2.0	40.0	—
M42 ×1.5	40.5	—
M45 ×4.0	41.0	—
M45 ×3.0	42.0	—
M45 ×2.0	43.0	—
M45 ×1.5	43.5	—
M48 ×4.0	44.0	—
M48 ×3.0	45.0	—
M48 ×2.0	46.0	—
M48 ×1.5	46.5	—
M50 ×3.0	47.0	—
M50 ×2.0	48.0	—
M50 ×1.5	48.5	—

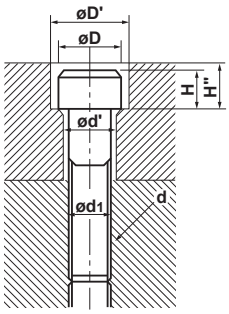
(Nota) È opportuno misurare le dimensioni del foro, dato che la precisione di un foro trapanato può variare a seconda dei parametri di foratura. Qualora ritenuto non idoneo per un foro di spillatura, è necessario correggere opportunamente il diametro della punta.

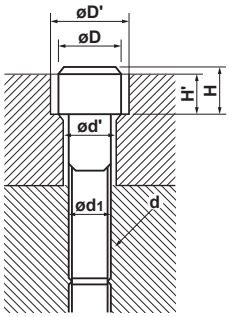
DIMENSIONE DEL FORO PER BULLONE A TESTA ESAGONALE INCASSATA•SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA INTERNAZIONALI

DIMENSIONI DI CONTROFORATURA PER FORO PER VITE O BULLONE A TESTA ESAGONALE INCASSATA

Unità : mm

Dimensioni nominali del filetto d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
d1	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d'	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	18	20	22	24	26	30	33
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40	45
D'	6.5	8	9.5	11	14	17.5	20	23	26	29	32	35	39	43	48
H	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
H'	2.7	3.6	4.6	5.5	7.4	9.2	11	12.8	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	25	28
H"	3.3	4.4	5.4	6.5	8.6	10.8	13	15.2	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32





SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA INTERNAZIONALI

TABELLA DI CONVERSIONE UNITARIA per SEMPLICE MODIFICA in UNITÀ SI (In Grassetto sono indicate le unità di misura nel sitema internazionale (SI))

Pressione

Pa	**kPa**	**MPa**	bar	kgf/cm^2	atm	mmH$_2$O	mmHg o Torr
1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1.01972×10^{-5}	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
1×10^{3}	1	1×10^{-3}	1×10^{-2}	1.01972×10^{-2}	9.86923×10^{-3}	1.01972×10^{2}	7.50062
1×10^{6}	1×10^{3}	1	1×10	1.01972×10	9.86923	1.01972×10^{5}	7.50062×10^{3}
1×10^{5}	1×10^{2}	1×10^{-1}	1	1.01972	9.86923×10^{-1}	1.01972×10^{4}	7.50062×10^{2}
9.80665×10^{4}	9.80665×10	9.80665×10^{-2}	9.80665×10^{-1}	1	9.67841×10^{-1}	1×10^{4}	7.35559×10^{2}
1.01325×10^{5}	1.01325×10^{2}	1.01325×10^{-1}	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^{4}	7.60000×10^{2}
9.80665	9.80665×10^{-3}	9.80665×10^{-6}	9.80665×10^{-5}	1×10^{-4}	9.67841×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
1.33322×10^{2}	1.33322×10^{-1}	1.33322×10^{-4}	1.33322×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1.35951×10	1

(Nota) 1Pa=1N/m^2

Forza

N	dyn	kgf
1	1×10^{5}	1.01972×10^{-1}
1×10^{-5}	1	1.01972×10^{-6}
9.80665	9.80665×10^{5}	1

Sollecitazione

Pa	**MPa** o **N/mm^2**	kgf/mm^2	kgf/cm^2
1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}	1.01972×10^{-5}
1×10^{6}	1	1.01972×10^{-1}	1.01972×10
9.80665×10^{6}	9.80665	1	1×10^{2}
9.80665×10^{4}	9.80665×10^{-2}	1×10^{-2}	1

(Nota) 1Pa=1N/m^2

Lavoro / Energia / Quantità di calore

J	kW•h	kgf•m	kcal
1	2.77778×10^{-7}	1.01972×10^{-1}	2.38889×10^{-4}
3.600×10^{6}	1	3.67098×10^{5}	8.6000×10^{2}
9.80665	2.72407×10^{-6}	1	2.34270×10^{-3}
4.18605×10^{3}	1.16279×10^{-3}	4.26858×10^{2}	1

(Nota) 1J=1W•s, 1J=1N•m
1cal=4.18605J
(Per la legge dei pesi e delle misure)

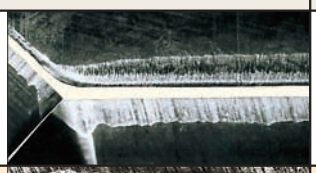
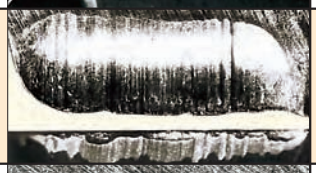
Potenza (velocità di produzione / forza motrice) / velocità del flusso di calore

W	kgf•m/s	PS	kcal/h
1	1.01972×10^{-1}	1.35962×10^{-3}	8.6000×10^{-1}
9.80665	1	1.33333×10^{-2}	8.43371
7.355×10^{2}	7.5×10	1	6.32529×10^{2}
1.16279	1.18572×10^{-1}	1.58095×10^{-3}	1

(Nota) 1W=1J/s, PS:Cavalli vapore francesi
1PS=0.7355kW
1cal=4.18605J
(Per la legge dei pesi e delle misure)

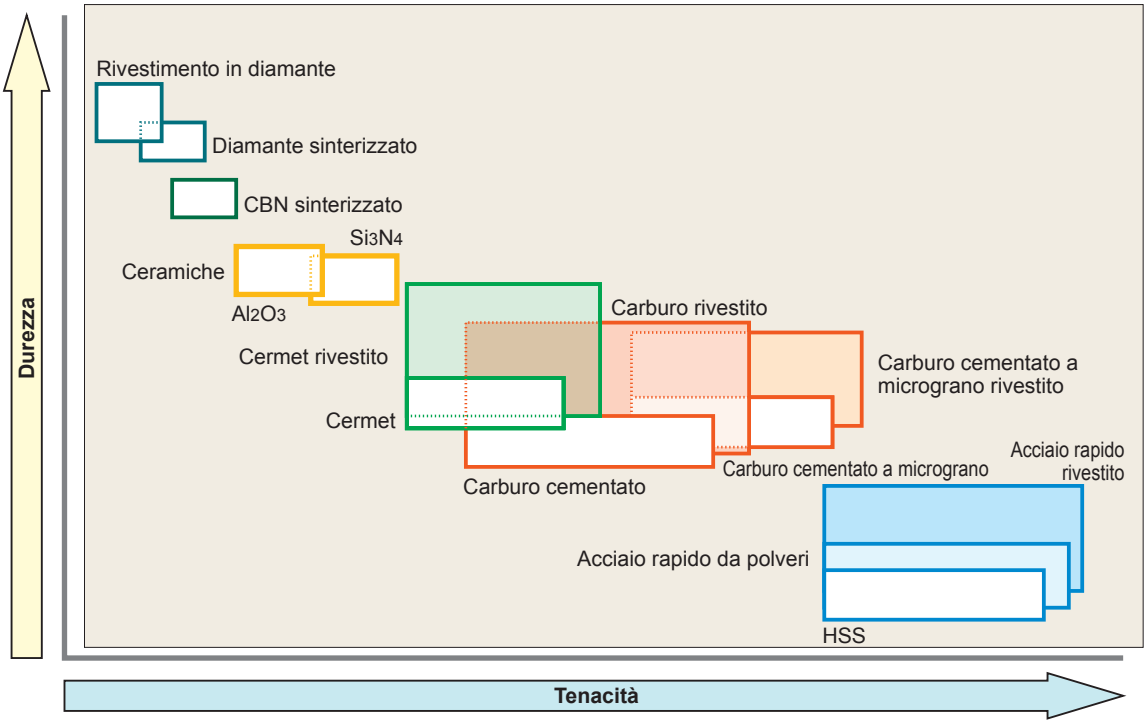
USURA E DANNEGGIAMENTO DELL'UTENSILE

CAUSE E CONTROMISURE

Forma danneggiata dell'utensile		Causa	Contromisura
Usura sul fianco		• Grado dell'utensile troppo tenero. • Velocità di taglio troppo elevata. • Angolo del fianco troppo piccolo. • Velocità di avanzamento estremamente bassa.	• Grado dell'utensile con elevata resistenza all'usura. • Velocità di taglio più bassa. • Aumentare l'angolo di fianco. • Aumentare la velocità di avanzamento.
Craterizzazione		• Grado dell'utensile troppo tenero. • Velocità di taglio troppo elevata. • Velocità di avanzamento troppo elevata.	• Grado dell'utensile con elevata resistenza all'usura. • Velocità di taglio più bassa. • Velocità di avanzamento più bassa.
Scheggiatura		• Grado dell'utensile troppo duro. • Velocità di avanzamento troppo elevata. • Mancanza di robustezza del tagliente. • Mancanza di rigidità dello stelo o del portautensili.	• Grado dell'utensile con elevata tenacità. • Velocità di avanzamento più bassa. • Aumentare l'onatura (l'onatura arrotondata deve essere modificata in onatura smussata). • Utilizzare ampie dimensioni di stelo.
Rottura		• Grado dell'utensile troppo duro. • Velocità di avanzamento troppo elevata. • Mancanza di robustezza del tagliente. • Mancanza di rigidità dello stelo o del portautensili.	• Grado dell'utensile con elevata tenacità. • Velocità di avanzamento più bassa. • Aumentare l'onatura (l'onatura arrotondata deve essere modificata in onatura smussata). • Utilizzare ampie dimensioni di stelo.
Deformazione plastica		• Grado dell'utensile troppo tenero. • Velocità di taglio troppo elevata. • Profondità di taglio e velocità di avanzamento troppo elevate. • Temperatura di taglio elevata.	• Grado dell'utensile con elevata resistenza all'usura. • Velocità di taglio più bassa. • Ridurre la profondità di taglio e la velocità di avanzamento. • Grado dell'utensile con elevata conduttività termica.
Saldatura		• Velocità di taglio bassa. • Scarsa taglienza. • Grado non idoneo.	• Aumentare la velocità di taglio (per DIN ck45, velocità di taglio 80m/min.) • Aumentare l'angolo di spoglia. • Grado dell'utensile con bassa affinità (grado rivestito, grado cermet).
Incrinature da sollecitazione termica		• Espansione o restringimento dovuti al calore di taglio. • Grado dell'utensile troppo duro. *Soprattutto nella fresatura.	• Taglio a secco (per il taglio a umido, bagnare il pezzo da lavorare con fluido da taglio). • Grado dell'utensile con elevata tenacità.
Intagliatura		• Superfici dure come superfici non tagliate, parti conchigliate e lavorazione di strato temprato. • Attrito causato da trucioli di forma seghettata (causati da piccole vibrazioni).	• Grado dell'utensile con elevata resistenza all'usura. • Aumentare l'angolo di spoglia per migliorare la taglienza.
Scheggiatura		• Saldatura e adesione del tagliente. • Scarsa evacuazione dei trucioli.	• Aumentare l'angolo di spoglia per migliorare la taglienza. • Allargare la tasca del truciolo.
Usura sul Fianco e Rottura *Danneggiamento per policristallini		• Danneggiamento dovuto alla mancanza di robustezza di un tagliente curvo.	• Aumentare l'onatura. • Grado dell'utensile con elevata tenacità.
Craterizzazione e Rottura *Danneggiamento per policristallini		• Grado dell'utensile troppo tenero. • La resistenza al taglio è troppo elevata e causa notevole calore di taglio.	• Ridurre l'onatura. • Grado dell'utensile con elevata resistenza all'usura.

MATERIALI PER UTENSILI DA TAGLIO

Il carburo cementato (WC-Co) è stato sviluppato nel 1923 ed è stato successivamente migliorato aggiungendo TiC e TaC. Nel 1969 è stata messa a punto la tecnologia di rivestimento CVD e il carburo rivestito è da allora ampiamente usato. Il cermet basato su TiC-TiN è stato messo a punto nel 1974. Oggi i "gradi di carburo rivestito per sgrossatura e cermet per finitura" costituiscono una tendenza diffusa.



CARATTERISTICHE DEL GRADO

Materiali duri	Durezza (HV)	Formazione di energia (kcal/g·atom)	Solubilità in ferro (%.1250℃)	Conducibilità termica (W/m·k)	Espansione* termica (x 10^{-6}/k)	Materiale dell'utensile
Diamante	>9000	–	Altamente solubile	2100	3.1	Diamante sinterizzato
CBN	>4500	–	–	1300	4.7	CBN sinterizzato
Si_3N_4	1600	–	–	100	3.4	Ceramiche
Al_2O_3	2100	-100	≒0	29	7.8	Ceramiche Carburo cementato
TiC	3200	-35	< 0.5	21	7.4	Cermet Carburi rivestiti
TiN	2500	-50	–	29	9.4	Cermet Carburi rivestiti
TaC	1800	-40	0.5	21	6.3	Carburo cementato
WC	2100	-10	7	121	5.2	Carburo cementato

*1W/m•K=2.39×10^{-3}cal/cm•sec•℃

CATENA DI GRADI

Per utensili di taglio

Carburo cementato

- **P** Acciaio: UTi20T
- **M** Acciaio inossidabile Generale: UTi20T
- **K** Ghisa: HTi05T, HTi10, UTi20T
- **N** Metallo non ferroso: HTi10
- **S** Lega resistente al calore Lega di titanio: RT9005, RT9010, TF15

Carburo rivestito

- **P** Acciaio: NEW UE6105, UE6005, UE6110, UE6020, UE6035, UH6400, F7030, VP10MF (PVD), VP20MF (PVD), VP15TF (PVD), VP30RT (PVD)
- **M** Acciaio inossidabile Generale: US7020, US735, F7030, VP10MF (PVD), VP20MF (PVD), VP15TF (PVD), VP30RT (PVD), UP20M (PVD)
- **K** Ghisa: UC5105, UC5115, NEW MC5020, F5010, F5020, VP15TF (PVD)
- **N** Metallo non ferroso: LC15TF
- **S** Lega resistente al calore Lega di titanio: US905, VP05RT (PVD), VP10RT (PVD), VP15TF (PVD)

Cermet

- **P** Acciaio: NX2525, NX55, NX3035, NX4545
- **M** Acciaio inossidabile Generale: NX2525, NX4545
- **K** Ghisa: NX2525

Cermet rivestito

- **P** Acciaio: AP25N (PVD), VP25N (PVD), VP45N (PVD)
- **M** Acciaio inossidabile Generale: AP25N (PVD)
- **K** Ghisa: AP25N (PVD), VP25N

Policristallini

- **N** Metallo non ferroso Materiale non ferroso (Diamante sinterizzato): MD220
- Lega Sinterizzata: NEW MB4020
- **K** Ghisa (CBN sinterizzato): MB710, MB730, MB5140, NEW BC5030
- **H** Materiale temprato (CBN sinterizzato): MBC010, MBC020, MB8025, MB825, MB835

Carburo cementato a micrograno

- Acciaio Ghisa: SF10, MF07, MF10, TF15, MF20, MF30

Per resistenza all'usura

Carburo cementato

- Resistenza all'usura generica: GTi05, GTi10, GTi15, GTi20, GTi30, GTi35, GTi40
- Resistenza alla corrosione: GC15, GC20, GC30

Carburo cementato a micrograno

- Resistenza all'usura speciale: TF15, MF10, MF205, GM30

Per utensili per l'edilizia

Carburo cementato

- Impiego generico: MG10, MG15, MG20, MG25, MG30, MG40, MG50, MG60

* Grado da sostituire con nuovi prodotti.

TABELLA DI CONFRONTO TRA GRADI

CARBURO CEMENTATO

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
Tornitura	P	P01										
		P10		S1P	P10		IC70	ST10P	TX10S		SRT	WS10
		P20	UTi20T	SMA	K125M TTM		IC70 IC50M	ST20E	TX20 TX25		SRT DX30	EX35
		P30	UTi20T	SM30	GK K600 TTR		IC50M IC54	A30 A30N	TX30 UX30	PW30	SR30 DX30	EX35 EX40
		P40		S6	G13		IC54	ST40E	TX40		SR30 DX35	EX45
	M	M10		H10A	K313	890		EH510 U10E	TU10		UMN	WA10B
		M20	UTi20T	H13A	K68 KMF K125M TTM	HX 883	IC08	EH520 U2	TU20 UX30		DX25 UMS	EX35
		M30	UTi20T	H10F SM30	K600 TTR		IC08 IC28	A30 A30N	UX30		DX25 UMS	EX40 EX45
		M40		S6	G13		IC128		TU40		UM40	EX45
	K	K01	HTi05T	H1P	K605			H1 H2	TH03 KS05F		KG03	WH05
		K10	HTi10	H1P H10 HM	K313 K110M THM THM-U	890	IC20	EH10 EH510	G1F TH10	KW10	KG10 KT9	WH10
		K20	UTi20T	H13A	K715 KMF K600	890 HX 883	IC20 IC10	G10E EH20 EH520	G2F, KS15F G2, KS20	GW10	CR1 KG20	WH20
		K30	UTi20T		THR	883	IC10 IC28	G10E	G3		KG30	
	N	N01		H10 H13A	K605			H1 H2	KS05F		KG03	
		N10	HTi10		K313 K110M THM THM-U	890 H15		EH10 EH510	TH10 H10T		KG10 KT9	
		N20			K715 KMF K600	HX KX 883 H15 H25		G10E EH20 EH520	KS15F		CR1 KG20	
		N30			G13 THR	H25					KG30	
	S	S01	RT9005								KG03	
		S10	RT9005 RT9010	H10 H10A H10F H13A	K10 K313 THM	890		EH10 EH510	KS05F TH10		FZ05 KG10	
		S20	RT9010 TF15		K715 KMF	890 883 HX H25		EH20 EH520	KS15F KS20		FZ15 KG20	
		S30	TF15		G13 K600 THR						KG30	
Fresatura	P	P10		S1P							SRT	
		P20	UTi20T		K125		IC50M IC28	A30N	TX25		SRT DX30	EX35
		P30	UTi20T		GX K600		IC50M IC28	A30N	UX30	PW30	SR30 DX30	EX35 EX40
		P40					IC28			PW30	SR30	EX45
	M	M10			K110M						UMN	
		M20	UTi20T		K313			A30N			DX25 UMS	EX35
		M30	UTi20T		KFM K600		IC28	A30N	UX30		DX25 UMS	EX40 EX45
		M40					IC28		TU40			EX45
	K	K01	HTi05T								KG03	
		K10	HTi10	H1P	K110M K313		IC20	G10E	TH10	KW10	KG10	WH10
		K20	UTi20T		KFM	HX	IC20 IC10	G10E			KT9 CR1 KG20	WH20
		K30	UTi20T				IC10 IC28				KG30	

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

TABELLA DI CONFRONTO TRA GRADI

MICROGRANO

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
Utensili da taglio	Z	Z01	SF10 MF07 MF10	6UF 8UF PN90			F0	F MD08F		FZ05 FB10	NM08
		Z10	HTi10 MF20	H6FF 12UF		890	XF1 F1 AFU	M MD10 MD05F MD07F	FW30	FZ10 FZ15 FB15	NM15
		Z20	TF15 MF30	N6F H10F		890 883	AF0 SF2 AF1	MD15 EM10 MD20		FZ15 FB15 FB20	BRM20 EF20N
		Z30				883	A1 CC	UM		FZ20 FB20	NM25

CERMET

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
Tornitura	P	P01	AP25N				IC20N IC520N	T110A T2000Z	NS520 AT520 GT520 GT720	TN30 PV30	LN10 CX50	
		P10	AP25N NX2525	CT5015 GC1525	KT315 TTI25	CM CMP	IC20N IC520N IC530N	T1200A T2000Z	NS520 AT530 GT720 GT730	TN60 TN6010 PV60 PV7010	CX50 CX75 PX75	CZ25
		P20	AP25N NX2525 NX3035	GC1525	KT5020 KT325		IC20N IC75T IC30N IC520N IC530N	T1200A T2000Z T3000Z	NS530 GT530 GT730 NS730	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX75 PX75 PX90	CH550
		P30	VP45N		KT1120		IC75T IC30N	T3000Z	NS530 NS730		PX90	
	M	M10	NX2525 AP25N	GC1525	TTI25	CM CMP		T110A T2000Z	NS520 AT530 GT530 GT720	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10 CX50	
		M20	NX2525 AP25N NX3035					T1200A T2000Z	NS530 GT730 NS730	TN90 TN6020 PV90 PV7020	CX50 CX75	CH550
		M30						T3000Z				
	K	K01	AP25N NX2525					T110A T2000Z	NS710 NS520 AT520 GT520 GT720	TN30 PV30 PV7005	LN10	
		K10	AP25N NX2525	CT5015	KT325 TTI25			T1200A T2000Z	NS520 GT530 GT730 NS730	TN60 TN6020 PV60 PV7020	LN10	
		K20	AP25N NX2525					T3000Z			CX75	
Fresatura	P	P10	NX2525			C15M	IC30N			TN60	CX75	
		P20	NX2525	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M	IC30N		NS530	TN100M	CX75 CX90	CH550 CH7030 MZ1000 MZ2000
		P30	NX4545				IC30N	T250A	NS530 NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000 CH7035
	M	M10	NX2525				IC30N			TN60		
		M20	NX2525	CT530	KT530M HT7 KT605M	C15M	IC30N		NS530	TN100M	CX75	CH550 CH7030 MZ1000 MZ2000
		M30	NX4545					T250A	NS540 NS740		CX90 CX99	MZ3000 CH7035
	K	K01										
		K10	NX2525						NS530	TN60		
		K20	NX2525		KT530M HT7						CX75	

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

GRADO RIVESTITO CVD

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
Tornitura	P	P01	UE6105 UE6005	GC4205 GC3005 GC4005	KCP05 KC9105	TP1500 TP1000	IC9150 IC8150	AC700G	T9005	CA5505	JC110V	HG8010 GM8015
		P10	UE6105 UE6005 UE6110	GC4215 GC3005 GC4015	KCP10 KCP25 KC9110	TP1500 TP2500 TP1000 TP2000	IC9150 IC9015 IC8150 IC8250	AC700G AC2000 AC820P	T9005 T9015	CA5505 CA5515	JC110V JC215V	HG8010 HG8025 GM8015
		P20	UE6110 UE6020	GC4215 GC4225 GC4015 GC4025	KCP25 KC9125	TP2500 TP2000 TP200	IC8250 IC9025 IC9250 IC8350 IC9054	AC2000 AC3000 AC820P AC830P	T9015 T9025	CA5515 CA5525 CA5025 CR9025	JC110V JC215V	HG8025 GM8020 GM25
		P30	UE6020 UE6035 UH6400 US735	GC4225 GC4235 GC4025 GC4035	KCP30 KCP40 KC8050	TP3000 TP300	IC8350 IC9350 IC656	AC3000 AC630M AC830P	T9025 T9035	CA5525 CA5535 CR9025	JC215V JC325V	GM25 GM8035
		P40	UE6035 UH6400 US735	GC4235 GC4035 GC235	KCP30 KCP40 KC9140 KC9040 KC9240 KC9245	TP3000 TP40	IC635	AC630M	T9035	CA5535	JC325V JC450V	GM8035 GX30
	M	M10	US7020	GC2015	KCM15 KC9210	TM2000 TP200	IC9250	AC610M	T9015	CA6515 CA6015	JC110V	
		M20	US7020	GC2025	KCM15 KC9225	TM2000 TP200	IC9250 IC9025 IC9054	AC610M AC630M	T6020 T9025	CA6515 CA6525 CA6015	JC110V	HG8025 GM25
		M30	US735	GC235	KCM25 KC9230	TM4000 TP400 TP40	IC9025 IC9350	AC630M	T6030	CA6525		GM8035 GX30
		M40	US735		KCM35 KC9240 KC9245	TM4000 TP400 TP40	IC635 IC656					GX30
	K	K01	UC5105	GC3205 GC3210	KCK05	TK1000	IC5005 IC5010 IC9150 IC9007 IC428 IC4028	AC410K	T5105 T5010	CA4010	JC105V	HG3305
		K10	UC5115	GC3205 GC3210 GC3115	KCK15 KCK20 KC9315	TK1000 TK2000	IC5005 IC5010 IC9150 IC418 IC9015 IC4010	AC410K AC700G	T5115 T5010	CA4010 CA4115	JC105V JC110V	HG3315 HG8010
		K20	UC5115 UE6110	GC3215	KCK20 KC9325	TK2000	IC4010 IC9015	AC700G AC820P	T5115 T5125 T5020	CA4120	JC110V JC215V	HG8025 GM8020
		K30	UE6110		KC9325			AC820P	T5125		JC215	HG8025 GM8020
	S	S01	US905	S05F								
Fresatura	P	P10					IC9080 IC4100 IC9015	ACP100			JC730U	
		P20	FH7020 F7030	GC4220 GC4020		T200M T250M	IC5100 IC520M	ACP100			JC730U	GX2030
		P30	F7030	GC4230 GC4030	KC930M	T250M T350M T25M	IC4050	ACP100 AC230	T3130 T3030			GX2030
		P40		GC4240 GC4040	KC935M	T350M		AC230				GX2030 GX30 GF30
	M	M10					IC9250					
		M20	F7030		KC925M	T250M T25M	IC520M IC9350	ACP100			JC730U	
		M30	F7030	GC2040	KC930M	T350M T25M	IC4050	ACP100	T3130 T3030			GF30 GX30
		M40			KC930M KC935M							GF30 GX30
	K	K01					IC9080				JC600	
		K10	MC5020 F5010				IC4100 IC5100 IC9150	AC211 ACK200	T1015		JC600	
		K20	MC5020 F5020	GC3220 GC3020 K20W	KC915M	T250M T200M	IC520M DT7150	ACK200	T1015		JC610	
		K30		GC3040	KC930M KC935M	T200M	IC4050				JC610	GX2030 GX30

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

TABELLA DI CONFRONTO TRA GRADI

GRADO RIVESTITO PVD

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Iscar	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
Tornitura	P	P01								PR915	JC5003	
		P10	VP10MF		KC5010 KC5510	CP200	IC507		AH710	PR915 PR930	JC5003	
		P20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1020 GC1025	KC5025	CP250	IC908 IC928 IC1008 IC1028		AH710 AH330	PR630 PR915 PR930 PR660	JC5015	IP2000
		P30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1025 GC4125	K7010 K7020 K7235	CP500	IC928 IC1008 IC1028		GH330 GH730 AH120 AH330 AH740	PR630 PR660	JC5015	IP3000
		P40		GC1020 GC2145	K7030	CP500	IC928 IC1008 IC1028		AH120	PR660		
	M	M01						AC510U EH510Z EH10Z		PR915		
		M10	VP10MF	GC1115 GC1005 GC1025	KC5010 KC5510	CP200	IC507 IC907	AC520U EH510Z EH10Z		PR915 PR930	JC5003	IP050S
		M20	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1125 GC1020 GC1025 GC4125	KC5025 KC730 KC5525	CP200 CP500	IC354 IC3028	AC520U EH520Z EH20Z	GH330 GH730	PR630 PR915 PR930	JC5015	IP100S
		M30	VP10RT VP20RT VP15TF VP20MF	GC1020 GC2035	KC5025 KC5525	CP500	IC908 IC928 IC1008 IC1028		AH120	PR630 PR660	JC5015	
		M40		GC2145			IC228 IC328	AC530U		PR660		
	K	K01						EH10Z	AH110		JC5003	
		K10			KC5010 KC5510	CP200		EH10Z	GH110 AH110		JC5003 JC5015	
		K20	VP10RT VP20RT VP15TF	GC1020	KC7015	CP200 CP250	IC928 IC1008 IC908 IC22	EH20Z	AH120		JC5015	
		K30	VP10RT VP20RT VP15TF	GC4125	KC7225	CP500	IC928 IC1008 IC908 IC22					
	S	S01	VP05RT	GC1105					AH110	PR915	JC5003	
		S10	VP05RT VP10RT VP20RT	GC1115 GC1005 GC1025	KC5410 KC5010 KC5510	CP200 CP250 CP500		AC510U EH510Z EH10Z	AH120	PR915	JC5015	
		S20	VP10RT VP20RT VP15TF	GC4125	KC5025 KC5525	CP250 CP500		AC520U EH20Z EH520Z		PR915		
		S30	VP15TF	GC2145								
Fresatura	P	P01	VP05HT					ACP100			JC5003	PTH08M PCA08M PCS08M TB6005 JX1005
		P10	VP10H		KC715M		IC903 IC950	ACZ310 ACP100		PR730 PR830	JC5003 JC5030	CY9020 PCA12M TB6005 JX1020 PC20M JP4020
		P20	VP15TF	GC1025	KC522M KC525M	F25M	IC950 IC900 IC908 IC910	ACZ310 ACZ330 ACP200		PR630 PR730 PR830 PR660	JC5015 JC5030 JC5040	TB6020 CY150 CY15 JX1015
		P30	VP15TF VP30RT	GC1030	KC725M	F25M F30M	IC900 IC928 IC300 IC328	ACZ330 ACZ350 ACZ200	GH330 AH330 AH120 AH740	PR630 PR660 PR730 PR830	JC5015 JC5040	TB6045 CY250 CY25 HC844 JX1045 PTH30E
		P40	VP30RT		KC735M	F40M T60M	IC900 IC928 IC300 IC328	ACZ350 ACP300	AH120	PR660	JC5040	PTH30E TB6060 PTH40H JX1060 GF30 GX30
	M	M01										PCS08M
		M10		GC1025	KC715M					PR630 PR730 PR830	JC5003	CY9020 JX1020
		M20	VP15TF VP20RT	GC2030	KC522M KC525M	F25M	IC900 IC903 IC908 IC928	ACZ310 EH20Z	GH330	PR630 PR730 PR830 PR660	JC5015 JC5030 JC5040 JC4015	TB6020 CY150 CY15 JX1015
		M30	VP15TF VP20RT VP30RT	GC2030	KC725M KC735M	F30M F40M	IC928 IC328	ACZ330 EH20Z ACZ350	AH120	PR630 PR660 PR730 PR830	JC5015 JC5030 JC5040 JC4015	TB6045 CY250 CY25 HC844 JX1045
		M40	VP30RT			F40M	IC928 IC328	ACZ350	AH140	PR660	JC5015	TB6060 PTH40H JX1060 GF30 GX30
	K	K01							AH110	PR510 PR905	JC5003	PTH08M PCA08M PCS08M
		K10			KC510M		IC900 IC910	ACZ310 ACK200	AH110 GH110	PR510 PR905	JC5003	CY9020 TB6005 CY100H CY10H
		K20	VP15TF VP20RT		KC520M KC525M		IC910 IC950	ACZ310 ACK200	AH120	PR510 PR905	JC5015	TB6020 CY150 CY15 PTH13S JX1015
		K30	VP15TF VP20RT		KC725M KC735M		IC908 IC950 IC928	ACZ330 ACK300			JC5015	TB6045 CY250 CY25 PTH40H PTH30E JX1045
	S	S01	VP05HT								JC5003	
		S10	VP10H VP15TF		KC510M		IC908		AH120	PR660	JC5015	PCS08M
		S20	VP15TF	GC1025	KC522M KC525M		IC908			PR660		CY100H CY10H
		S30		GC2030	KC725M	F40M	IC328 IC928			PR660		
	H	H01									JC5003	
		H10	VP15TF		KC635M	F15M					JC5015	PTH08M PCA08M JX1005 TB6005
		H20	VP15TF		KC635M	F15M						
		H30			KC530M	F30M						

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

CBN

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Seco Tools	Element Six	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet
Tornitura	H	H01	MBC010		CBN100 CBN100P CBN050C		BNC100 BNX10	BX310 BXC30	KBN10B KBN10N	
		H10	MBC020 MB8025	CB7015 CB7020	CBN150	DCC500	BNC160 BNX20	BX330 BXA30	KBN510 KBN10C KBN25C	JBN300
		H20	MBC020 MB8025 MB825	CB7050	CBN200	DCN450	BN250 BNC200 BNX25	BX360 BXA40	KBN525 KBN10M KBN25M	JBN245
		H30	MBC020 MB835		CBN350	DCX650	BNC300 BN350	BX380 BXC50	KBN900	
	S	S01	MB730				BN700	BX950 BX450 BX480	KBN65M	
		S10								
		S20								
		S30								
	K	K01	MB710				BN500	BX930	KBN65B	
		K10	MB710 MB730	CB7050	CBN200	DBC80	BN700	BX470 BX480 BX950	KBN900	JBN795
		K20	MB730 MBS140 BC5030		CBN300	DBS900	BN700 BNS800	BX90S BXC90		JBN330
		K30	MBS140 BC5030				BNS800	BXC90		
	Lega Sinterizzata		MB4020				BN700	BX480		

PCD

	ISO Classificazione	ISO Simbolo	Mitsubishi Carbide	Sandvik	GE	Element Six	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet
Tornitura	N	N01			1700	CTH025	DA90	DX180	KPD025	JDA735
		N10	MD220	CD10	1500	CTB010	DA150	DX160	KPD010	JDA745
		N20	MD220		1300	CTB002	DA200 DA2200	DX140 DX120	KPD002	JDA715 JDA10
		N30			1600		DA1000		KPD001	

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

TABELLA DI CONFRONTO TRA ROMPITRUCIOLO E INSERTO

TIPO INSERTO NEGATIVO

Classificazione ISO	Modalità di taglio	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Finitura	PK* FH FY	QF	UF, FF	FF1	FA FL	01 * TF ZF	DP* GP, VF XP, XP-T		FE
	Leggero	C SA SH	PF MF	LF, FN	MF2	SU LU SX	NS, 27 TSF, TS	HQ, CQ	PF UR UA, UT	BE BH, CE
	Leggero (Acciaio dolce)	SY					17	XQ, XS		
	Leggero (Con Raschiante)	SW	WP, WF	FW	W-MF2	LUW	AFW, ASW	WP, WQ		
	Media	MP, MV MA MH	PM QM SM	MG, MN	MF3 MF5, M3 M5	GU UG GE, UX	NM, ZM, AS TM DM, 37	CJ, GS PS, HS PT, CS	PG UB	CT, AB AH AY, AE
	Media (Con Raschiante)	MW	WMX, WM	MW	W-M3	GUW				
	Semi pesante	GH	PR	RN	MR7	MU, MX	TH	PH GT, HT	UD, GG	AR, RE
	Pesante	HZ HX HV	QR, PR HR	MR RM, RH	R4, R6 R7 RR9	MP HG, HP	57 65, TU	PX HX	UC	TE, UE HX HE, H
M	Finitura Leggero	SH	MF	K, FP		SU	SS	MQ, GU		MP, SE
	Media	MS ES	MM	P, MP	MF4	EX, UP	SA, SM S	MS, MU SU, HU ST	SF SG	PV, DE
	Pesante	GH HZ	MR MR	RP	M5, MR7 56, R6	MP				
K	Finitura Leggero	MA	KF	FN	M4	UZ	CF	Std.		VA
	Media	Std.	KM	Std., UN		GZ, UX	CM, 33, Std.	C, ZS, GC		V
	Pesante	Parte superiore piana	KR			Parte superiore piana	CH, Parte superiore piana	Parte superiore piana		
S	Finitura	FJ*		FS, K	MF1					
	Leggero	MJ, MJ*				SU*		TK		
	Media	MS	◌NGP*, 23	◌NGP*	M1		SA			
	Pesante	GJ	SR	MS						

*Inserto periferico di tipo rettificato.

(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

TIPO INSERTO POSITIVO DA 7°

Classificazione ISO	Modalità di taglio	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Finitura	SMG*	UM*	LF*		FC*, SC*	JS*, 01*	CF*, CK* GQ*		
	Finitura Leggero	FV SV	UF, PF	11, UF LF	FF1 F1	FP, LU SU, SK	PF, PS	GP XP, VF		JQ
	Leggero (Con Raschiante)	SW	WK* WF, WP	FW	W-F1	LUW				
	Media	MV Std.	UM, PM	MF	F2	MU	23 PM, 24	HQ XQ, GK	FT	JE
	Media (Con Raschiante)	MW	WM	MW						
M	Finitura | Leggero	SV	MF				SS*			MP
	Media	Std.	MM							
K	Media	Parte superiore piana	KF, KM, KR			* Parte superiore piana	Parte superiore piana	* Parte superiore piana	FT	
N	Media	AZ*	AL*	HP*	AL*	AG*, AW*	AL*	AH*	ASF* ALU* ACB*	
S	Finitura Leggero	FJ*		LF* HP*		SC*				

*Inserto periferico di tipo rettificato.
(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

TIPO INSERTO POSITIVO DA 11°

Classificazione ISO	Modalità di taglio	Mitsubishi Carbide	Sandvik	Kennametal	Seco Tools	Sumitomo Electric	Tungaloy	Kyocera	Dijet	Hitachi Tool
P	Finitura Leggero	SV	PF	UF LF		FK LU SU	01* PF PS	GP XP		JQ
	Media	MV	PM	MF		MU	PM 23 24	HQ XQ		JE
M	Finitura | Leggero	SV	MF				SS*			MP
	Media	MV	MM							

*Inserto periferico di tipo rettificato.
(Nota) La suddetta tabella è tratta da una pubblicazione. Non abbiamo ottenuto l'approvazione di ogni singola azienda.

Promemoria